

Universidad Autónoma de Baja California
Escuela Superior de Ciencias Marinas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



ESCUELA SUPERIOR
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA

Evaluación de la Operación de la Flota
Atunera en el Puerto de Ensenada, Baja California
por medio de la Teoría de Líneas de Espera.

Tesis Profesional para recibir el Grado
de Oceanólogo

Alejandro Hinojosa Corona

Julio 81

PROLOGO

Se describe un modelo analítico de líneas de espera y se aplica al puerto de Ensenada, Baja California, México. Se considera al puerto y a su flota atunera como a un sistema de líneas de espera, donde el amarradero en puerto es la unidad de servicio y el barco atunero es el cliente.

Se preguntará porque el puerto de Ensenada y porque la flota atunera. La respuesta sencilla es que, éste sistema es un excelente ejemplo para aplicar el modelo propuesto, ya que históricamente Ensenada ha sido el puerto Mexicano más importante en la descarga de atún, aunado a una tendencia, que se puede calificar de fiebre, tanto de la iniciativa privada como de instituciones gubernamentales hacia la adquisición de barcos atuneros.

Para aplicar el modelo, sólomente se necesita estimar:

- Número de unidades de servicio,
- Tiempo promedio del servicio,
- Tasa promedio de arribos de barcos,

el primer punto depende de las características físicas del puerto y de los planes de expansión del mismo. Los dos siguientes puntos se estimaron de las estadísticas de operación de la flota atunera en el puerto de Ensenada en los ultimos 3 años, y se extrapola la tasa de arribos acorde con las expectativas en el incremento de la flota atunera.

En nuestro sistema de líneas de espera, el patrón de arribos de barcos se considera como un proceso aleatorio discreto, con una distribución de probabilidad de Poisson. El tiempo de servicio también es aleatorio pero continuo con una distribución exponencial. Además el sistema cuenta con S idénticas unidades de servicio. Este sistema de líneas de espera es ampliamente conocido y definido por la notación de Kendall como un sistema M/M/S (M de Markov y S unidades de servicio) (Allen A.,1980).

Los tres primeros capítulos de este trabajo son los antecedentes. Si el lector conoce la situación del atún en México, en el Oceano Pacífico Oriental y las expectativas en el incremento de la flota atunera puede saltarse los capítulos 1 y 2. Si además conoce sobre teoría de líneas de espera, especialmente el modelo propuesto M/M/S, puede saltarse el capítulo 3.

Bajo posibles situaciones en el puerto de Ensenada de tiempo promedio de servicio, tasa promedio de arribos y 'N' unidades de servicio, del modelo se pueden calcular características de operación que nos permiten evaluar como se comportará el sistema. Las características que se calculan en éste trabajo son:

- La probabilidad de que al llegar un barco atunero al puerto de Ensenada encuentre todas las unidades de servicio ocupadas. Implica que el barco tiene que esperar hasta que se habilite alguna unidad. Esta característica es conocida también como la probabilidad de retraso.
- El tiempo promedio que un barco atunero tiene que esperar en la cola para recibir su servicio.
- El número promedio de barcos atuneros en el puerto.

Existen más características de operación, pero no se evalúan en este trabajo. Si el lector tiene interés en conocerlas, puede consultar cualquier libro serio sobre investigación de operaciones.

Los resultados de esta investigación consisten en computar las mencionadas características de operación y graficarlas dentro de un marco representativo de la situación actual y futura del sistema estudiado: el puerto de Ensenada y su flota atunera.

Para cualquier otro sistema que pueda ser descrito por un modelo M/M/S, bajo las mismas situaciones de tiempo promedio de servicio, tasa promedio de arribos y número de unidades de servicio, los resultados obtenidos también se cumplirán para este otro sistema.

Dentro de la trayectoria del recurso (atún) hacia el consumidor, a través de su cadena de producción y transformación existen diversos problemas. En este trabajo se hace un enfoque sobre uno de los eslabones de esta cadena: la relación del puerto y los barcos atuneros. Otros problemas actuales asociados al atún por resolver son:

- Buscar la forma de incrementar el consumo nacional per cápita de atún, pues este consumo es ridículo si se considera a nivel nacional.

- Diversificar nuestro mercado internacional para que la política de embargo que nos aplica nuestro mayor comprador (Estados Unidos) no desequilibre la producción nacional atunera.
- Promover por medio de estímulos fiscales a los involucrados en la producción, transformación y comercialización del atún.
- Cuidar el recurso con medidas de conservación.
- Calcular el aumento de nuestra capacidad de retención (frigoríficos) y el rendimiento de las plantas enlatadoras acorde con el creciente número de barcos atuneros.

Considero que los resultados de este trabajo son de utilidad para aquellas personas que están involucradas en algún eslabón de la producción pesquera del atún en el puerto de Ensenada.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a:

- Productos Pesqueros Mexicanos en especial a los Ingenieros Luis De Basabe y Hans Backoff por el apoyo para la impresión de esta tesis.
- Productos Alimenticios del Mar S.A. (PALMAR), Grupo VISA en especial al Dr. Gerald Cooklin y al Cap. Gilberto Novelo por el apoyo para la impresión de esta tesis.
- Centro de investigación CICESE por facilitar su Centro de Cálculo Electrónico.
- Capitanía del puerto de Ensenada, Cap. B. Noval por facilitar información necesaria para este trabajo.
- Maniobras portuarias, Siqueiros M. y equipo por valiosa información facilitada.
- Servicios Portuarios, Barron S. y equipo por información facilitada.

A mi madre Rosalba, a mi padre José Antonio, a mis
hermanos Claudia, Paulina, Ximena y José Antonio.

INDICE

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	xii
1 EL ATUN: RECURSO RENOVABLE.....	1
2 ESPECTATIVAS EN EL INCREMENTO DE LA FLOTA ATUNERA.....	5
3 SISTEMA DE LINEAS DE ESPERA.....	12
3.1 DESCRIPCION DEL MODELO Y SUS VARIABLES.....	15
3.2 CARACTERISTICAS DE OPERACION.....	22
4 ESTADISTICAS DE OPERACION DE LA FLOTA ATUNERA EN EL PUERTO DE ENSENADA.....	23
5 APLICACION DEL MODELO Y RESULTADOS.....	35
6 DISCUSION Y RECOMENDACIONES.....	52
7 CONCLUSIONES.....	55
8 BIBLIOGRAFIA.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Distribución de la captura de Atún Aleta Amarilla en el Océano Pacífico Oriental.....	2
Figura 1.2	Distribución de la captura de Barrilete en el Océano Pacífico Oriental.....	2
Figura 2.1	Fotografía aérea del puerto pesquero en construcción en el Sauzal de Rodríguez, Baja California, México.....	10
Figura 3.1	Algunas variables aleatorias usadas en modelos de líneas de espera.....	12
Figura 3.2	Sistema de barcos pesqueros y su puerto de base....	14
Figura 3.1.1	Intensidad del tráfico ρ , equivalente al número mínimo de unidades de servicio 'S' necesarias para controlar a los barcos que arriban con una tasa promedio λ , cuando el tiempo promedio de servicio en el puerto es 'Ts'.....	16
Figura 3.1.2	Función de densidad para una variable aleatoria exponencial con parametro μ igual a 2.....	18
Figura 3.1.3	Función de distribución para una variable aleatoria exponencial con parametro μ igual a 2....	19
Figura 3.1.4	Ejemplos de distribuciones de Poisson.....	20
Figura 4.1	Histograma del número de barcos atuneros que llegaron al puerto de Ensenada, Baja California a descargar del 1 de Enero de 1978 al 31 de Julio de 1980.....	24
Figura 4.2	Histograma del número de barcos anchoveteros que llegaron al puerto de Ensenada, Baja California a descargar del 1 de Enero de 1978 al 31 de Julio de 1980.....	26

Figura 4.3	Mapa del puerto de Ensenada, Baja California.....	28
Figura 4.4	Distribución en frecuencia del tiempo entre arribos sucesivos de los barcos atuneros que llegaron al puerto de Ensenada, Baja California a descargar del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto de 1979.....	32
Figura 4.5	Estadía y número de barcos atuneros en el puerto de Ensenada, Baja California, del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto del mismo año.....	33
Figura 5.1.1.1	Probabilidad de que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el número de unidades de servicio S son 4, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....	38
Figura 5.1.1.2	Tiempo promedio en la cola T_c de los barcos atuneros cuando el número de unidades de servicio S son 4, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....	39
Figura 5.1.1.3	Número promedio de barcos atuneros en el puerto cuando el número de unidades de servicio S son 4, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....	39
Figura 5.1.2.1	Probabilidad de que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el número de unidades de servicio S son 5, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....	40
Figura 5.1.2.2	Tiempo promedio en la cola T_c de los barcos atuneros cuando el número de unidades de servicio S son 5, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....	41

- Figura 5.1.2.3 Número promedio de barcos atuneros en el puerto cuando el número de unidades de servicio S son 5, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....41
- Figura 5.1.3.1 Probabilidad de que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el número de unidades de servicio S son 6, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....42
- Figura 5.1.3.2 Tiempo promedio en la cola T_c de los barcos atuneros cuando el número de unidades de servicio S son 6, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....43
- Figura 5.1.3.3 Número promedio de barcos atuneros en el puerto cuando el número de unidades de servicio S son 6, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....43
- Figura 5.1.4.1 Probabilidad de que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el número de unidades de servicio S son 7, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....44
- Figura 5.1.4.2 Tiempo promedio en la cola T_c de los barcos atuneros cuando el número de unidades de servicio S son 7, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....45
- Figura 5.1.4.3 Número promedio de barcos atuneros en el puerto cuando el número de unidades de servicio S son 7, el tiempo promedio de servicio T_s oscila entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....45
- Figura 5.2.1.1 Probabilidad que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el tiempo promedio de servicio T_s es 11 días, el número de unidades de servicio S es $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .65$ barcos/día.....48

- Figura 5.2.1.2 Tiempo promedio en la cola T_c cuando el tiempo promedio de servicio T_s es 11 días, el número de unidades de servicio S se incrementa $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía de $.25 < \lambda < .5$ barcos/día.....48
- Figura 5.2.2.1 Probabilidad que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el tiempo promedio de servicio T_s es 8 días, el número de unidades de servicio S es $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < .85$ barcos/día.....49
- Figura 5.2.2.2 Tiempo promedio en la cola T_c cuando el tiempo promedio de servicio T_s es 8 días, el número de unidades de servicio S se incrementa $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía de $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.....49
- Figura 5.2.3.1 Probabilidad que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el tiempo promedio de servicio T_s es 6 días, el número de unidades de servicio S es $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < 1.15$ barcos/día.....50
- Figura 5.2.3.2 Tiempo promedio en la cola T_c cuando el tiempo promedio de servicio T_s es 6 días, el número de unidades de servicio S se incrementa $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía de $.25 < \lambda < .95$ barcos/día.....50
- Figura 5.2.4.1 Probabilidad que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el tiempo promedio de servicio T_s es 4 días, el número de unidades de servicio S es $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía entre $.25 < \lambda < 1.75$ barcos/día.....51
- Figura 5.2.4.2 Tiempo promedio en la cola T_c cuando el tiempo promedio de servicio T_s es 4 días, el número de unidades de servicio S se incrementa $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía de $.25 < \lambda < 1.5$ barcos/día.....51
- Figura 5.3 Cadena de actividades en un puerto pesquero.....54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Captura de Atún Aleta Amarilla y Barrilete en 1978 en el ARCAA por bandera de embarcación y país de desembarque.....	3
Tabla 1.2	Explotación Nacional de túnidos por especie de 1973 a 1977.....	4
Tabla 2.1	Desembarco de túnidos por entidades Federativas de 1973 a 1977.....	5
Tabla 2.2	Condensado sobre los puertos pesqueros nacionales.....	8
Tabla 4.1	Valores promedio de la tasa de arribos λ y del tiempo entre arribos sucesivos T_a de los barcos atuneros que llegaron al puerto de Ensenada, Baja California del 1 de Enero de 1978 al 31 de Julio de 1980.....	25
Tabla 4.2	Relación de barcos atuneros que llegaron al puerto de Ensenada, Baja California a descargar del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto del mismo año.....	29
Tabla 4.3	Relación de la estadía de los barcos atuneros en el puerto de Ensenada, Baja California del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto del mismo año.....	31
Tabla 4.4	Valores promedio calculados en la estadía de los barcos atuneros en el puerto de Ensenada, Baja California del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto del mismo año.....	34
Tabla 5.1	Guía para la interpretación del grupo de nomogramas de la serie 5.1.....	37
Tabla 5.2	Guía para la interpretación del grupo de nomogramas de la serie 5.2.....	47

1 EL ATUN: RECURSO RENOVABLE

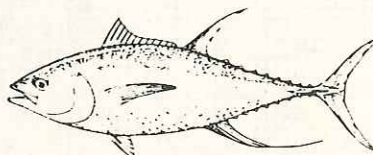
El mar es y continuará siendo un importante abastecedor de proteína animal para una población en continuo crecimiento. La demanda mundial de pescado para consumo humano se espera que crezca a una razón del 3.5% anual en las próximas dos décadas (Petersen, 1980).

La FAO estima que el mar puede alcanzar una producción final o límite, superior a las 120 millones de toneladas por año (*) de las cuales 110 millones pueden ser para consumo humano. Para 1980 se ha calculado una captura promedio mundial de 75 millones de toneladas y para al año 2000 la captura mundial será de 92 millones de toneladas (Petersen, 1980).

Existe la necesidad de auto-abastecimiento de alimento suficiente en los países en vías de desarrollo. Estos países han incrementado sustancialmente sus importaciones de alimento en los últimos años. En la década de los sesentas éstas importaciones crecían anualmente a una razón de 2.7% y en la de los setentas ésta razón se incrementó al 6.9% (Peterkin, 1980). Por lo tanto es inminente buscar una solución en éstos países, para acelerar la producción "doméstica" de alimento con un alto contenido proteico para soportar el rápido crecimiento de sus poblaciones. México para el año 2000 tendrá una población de 100 millones (Moctezuma Cid J., 1980).

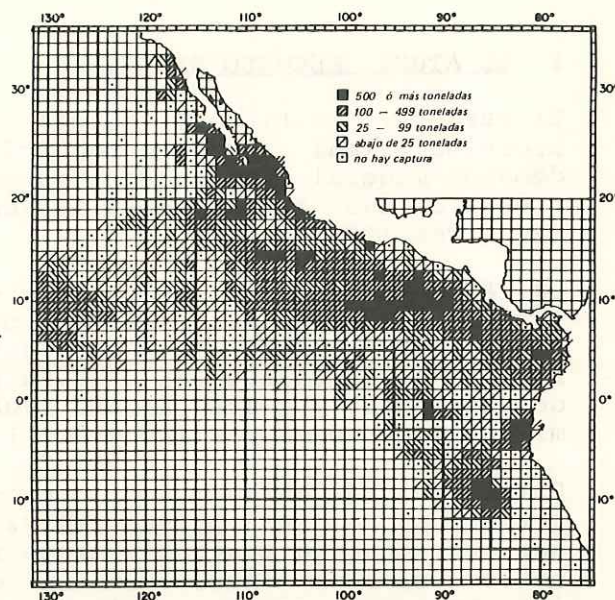
México ha iniciado el rescate de sus litorales y los recursos que en ellos se encuentran, debido a que sólo a nuestro país le corresponde el disfrutar de ellos. Surgen las necesidades de proteger y vigilar nuestras aguas patrimoniales y el establecer nuestra posición ante el derecho internacional.

En los últimos meses uno de los temas de discusión en el renglón pesquero ha sido la pesquería del atún. Al atún se le considera cosmopolita y de carácter altamente migratorio pues prácticamente se encuentra en todos los mares del mundo. En México, especialmente en las costas del Pacífico, abundan cinco especies de valor comercial que son explotados a gran escala. Ellas son: Atún Aleta Amarilla, Atún Aleta Azul, Barrilete, Bonito, y en menor proporción la Albacora (Gonzalez M.L., 1980).



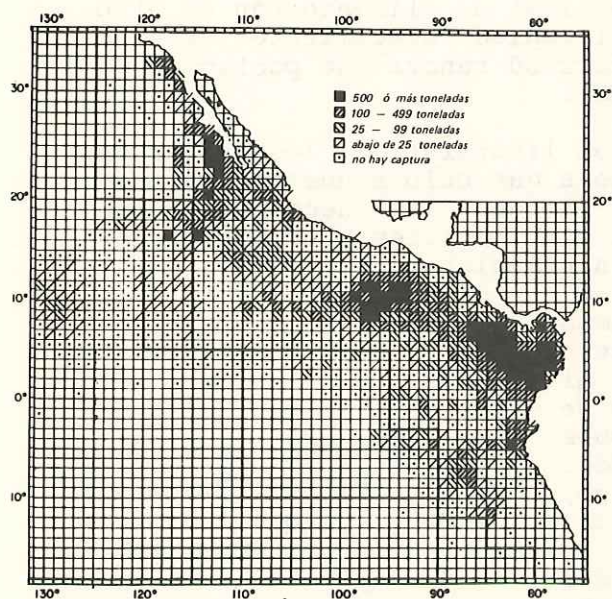
(*) De aquí en adelante, cuando se mencionen toneladas se referirán a toneladas cortas equivalente a 920 kilogramos o 2000 libras, a menos que se mencionen toneladas métricas.

En el caso del atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del Océano Pacífico Oriental, las mayores concentraciones (ver figura 1.1) se encuentran en las cercanías de México en las áreas vecinas a Ensenada, en el extremo Sur de la Península de Baja California, así como, en las vecindades de Costa Rica y Ecuador. En éstas áreas, los buques logran capturas de 500 toneladas o más por viaje, y se estima que más de la mitad de las capturas de tal especie se hace dentro del límite de 200 millas (Morales J.J., 1980).



△ Los cuadros oscuros indican las zonas de mayor concentración de atún de aleta amarilla. En ellas, los buques logran capturas de 500 toneladas o más por viaje. Como se ve, esa valiosa especie abunda especialmente en la zona económica exclusiva de México.

Figura 1.1



△ Las grandes concentraciones de barrilete se indican en este mapa con cuadros oscuros. En las proximidades de Baja California hay un área muy rica que rinde cuantiosas capturas, aunque la mayor abundancia se registra en las cercanías de Centro y Sudamérica.

Figura 1.2

El barrilete (*Katsuwonus pelamis*) es de menor valor económico que el atún aleta amarilla pero es el más importante desde el punto de vista del volumen ya que representa casi la mitad de las capturas mundiales de atunes (Morales J.J., 1980). También hay zonas definidas en las que de modo permanente se encuentran grandes cardúmenes (ver figura 1.2). Las capturas durante 1978 de atún aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico Oriental y los porcentajes por países se enumeran en la parte superior de la Tabla 1.1.

México sólo alcanza 11.0% y 2.8% para el atún aleta amarilla y barrilete respectivamente (CIAT, 1979). Los desembarques por país se presentan en la parte inferior de la Tabla 1.1. El país de desembarque es aquel en el que se descargaron los peces del barco pesquero o, en el caso de transbordos, el país que recibió los peces transbordados. México desembarca menos de lo que pesca.

País	Aleta Amarilla		Barrilete	
	Toneladas	Porcentaje	Toneladas	Porcentaje
Captura				
Bermuda	2,683	1.5	5,723	3.1
Canada	2,816	1.5	4,765	2.6
Colombia	*		*	
Congo	*		*	
Costa Rica	4,945	2.7	6,550	3.5
Ecuador	7,623	4.2	13,029	7.1
Japan	1,010	0.5	0	0
Korea	*		*	
Mexico	19,960	11.0	5,153	2.8
Netherlands	6,249	3.5	6,374	3.5
New Zealand	*		*	
Nicaragua	*		*	
Panama	11,270	6.2	9,044	4.9
Peru	2,586	1.4	3,365	1.8
Senegal	*		*	
Spain	*		*	
U.S.A.	104,371	57.3	107,681	58.3
Venezuela	*		*	
Total *	18,519	10.2	22,917	12.4
Total	182,032		184,601	
Desembarques				
Canada	*		*	
Colombia	*		*	
Costa Rica	*		*	
Ecuador	8,557	4.7	15,215	8.6
France	343	0.2	0	0
Italy	2,711	1.5	302	0.2
Japan	1,010	0.6	0	0
Mexico	15,598	8.6	5,614	3.2
Panama	0	0	61	0
Peru	2,789	1.5	3,411	1.9
Senegal	881	0.5	332	0.2
Spain	2,117	1.2	1,519	0.9
U.S.A.	134,758	74.6	135,862	76.7
Venezuela	3,554	2.0	2,905	1.6
Total *	8,356	4.6	11,806	6.7
Total	180,674		177,027	

Tabla 1.1 Captura de Atún Aleta Amarilla y Barrilete durante 1978 en el Area Reglamentaria para la Captura de atún Aleta Amarilla (ARCAA) por bandera de embarcación y país de desembarque (CIAT, 1979) (* datos preliminares).

La captura de los túnidos por embarcaciones mexicanas varía según la especie. La especie mayoritaria es el Atún Aleta Amarilla siguiéndole el Barrilete como se puede apreciar en la tabla 1.2 .

Actualmente operan en México 11 plantas enlatadoras de atún ubicadas en Baja California Norte y Sur, Sinaloa, Veracruz y Campeche (las de éstos dos últimos estados son abastecidas con atún del Pacífico) cuya capacidad instalada es a la fecha de 260 toneladas cada 8 horas (González M.L., 1980).

EXPLOTACION NACIONAL DE TUNIDOS POR ESPECIES

1973 - 1977

-Toneladas-

	1973	1974	1975	1976	1977	Sumas horizontales	
Total	19 962	22 468	30 120	27 082	27 868	127 500	(100.0%)
Albacora	29	Ø	Ø	36	Ø	65	(0.1%)
Atún aleta amarilla	13 002	14 398	15 340	12 662	15 662	71 064	(55.1%)
Atún aleta azul	1 124	261	2 266	2 318	3 020	8 989	(7.0%)
Barrilete	2 430	3 852	6 394	8 273	3 884	24 833	(19.5%)
Bonito	889	1 105	3 762	2 079	2 491	10 326	(0.8%)
Jurel	2 353	2 852	2 358	1 714	2 811	12 088	(9.5%)
Patudo	135	0	0	0	0	135	(0.2%)

Fuente: Dirección General de Informática y Estadística
Departamento de Pesca.

Tabla 1.2 Explotación Nacional de túnidos por especies.

El plan nacional de desarrollo industrial atunero, elaborado por el Departamento de Pesca, ha previsto una importante expansión de esa área con capturas de alrededor 102 mil toneladas para 1982. De éstas, 36,500 podrían destinarse a la industria establecida actualmente y las 65 mil restantes para abastecer las seis nuevas plantas que se proyecta establecer (González M.L.,1980).

En el ramo atunero Baja California es el Estado más importante en la República. En 1979 se capturaron 25 mil toneladas de las cuales 20 mil fueron desembarcadas en Ensenada. Para 1980 se estima que como mínimo se capturaran 30 mil toneladas de túnidos (Mateus H.,1980).

Ademas de la pesquería del atún, en general Baja California es el estado más importante en materia de producción pesquera del país. Actualmente ocupa el primer lugar nacional en lo que respecta a captura pero en el aspecto económico es el séptimo estado en importancia (Mateus H.,1980).

De 1976 a la fecha el estado de Baja California ha aumentado sus capturas de productos marinos de 140 mil a 363 mil toneladas. Se considera que el estado de Baja California deberá aportar para 1982, 530 mil toneladas de productos marinos para el consumo Nacional (Mateus H.,1980).

2 ESPECTATIVAS EN EL INCREMENTO DE LA FLOTA ATUNERA

La definición clásica de un puerto establece que es el área abrigada en el mar, en la cual los barcos pueden estar protegidos y en el que pueden recibir el servicio.

Desde el punto de vista económico el puerto es: el complejo de instalaciones en tierra organizado para servir a la flota pesquera y a su carga, es el eslabón principal en la cadena de producción de todos los componentes de la industria pesquera, el cual debería lograr eficientemente sus tareas con el propósito de llevar a cabo los blancos planeados a un costo mínimo. Esta definición formula el problema de la planeación del puerto, de tal manera que los resultados planeados sean los óptimos.

En orden de importancia, los principales puertos nacionales de descarga de atún en el Pacífico son: Ensenada, Cabo San Lucas, Salina Cruz y Mazatlán (González M.L., 1980). En la tabla 2.1 se presenta el desembarco de túnidos por estado donde el desembarco en Baja California oscila entre el 62.4% y 76% del total nacional.

DESEMBARQUE DE TUNIDOS POR ENTIDADES

1973 - 1977

-Toneladas-

	1973		1974		1975		1976		1977	
	Volumen	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen	%	Volumen	%
Total Nacional	19 962	(100.0)	22 468	(100.0)	30 120	(100.0)	27 082	(100.0)	27 868	(100.0)
Subtotal	18 758	(93.8)	20 980	(93.4)	28 417	(94.3)	25 738	(94.5)	26 555	(94.9)
Baja California	12 902	(64.6)	14 028	(62.4)	20 788	(69.0)	19 644	(72.5)	21 192	(76.0)
Baja California Sur	5 477	(27.4)	5 256	(23.4)	6 198	(20.6)	4 691	(17.0)	3 743	(13.0)
Sinaloa	293	(1.4)	821	(3.7)	459	(1.5)	641	(2.0)	544	(2.0)
Oaxaca	86	(0.4)	875	(3.9)	972	(3.2)	762	(3.0)	1 076	(3.9)

Fuente: Dirección General de Informática y Estadística
Departamento de Pesca.

Tabla 2.1 Desembarque de túnidos por entidades de 1973 a 1977.

El puerto de Ensenada Baja California, fue considerado originalmente para la exportación de productos agrícolas del Valle de Mexicali, pero en estos momentos es el que maneja mayores volúmenes de productos pesqueros en el país (Salto J.L.,1980).

En la tabla 2.2 se presenta un condensado sobre los puertos pesqueros nacionales y la infraestructura básica con que cuentan. Esta tabla tiene resumida mucha información. Si nos fijamos en la columna de producción pesquera y comparamos la magnitud de la producción de Ensenada (de 1977 a 1979) con los demás puertos pesqueros nacionales, se puede notar la importancia que tiene este puerto Baja Californiano en el ramo pesquero. Este mismo renglón de la tabla 2.2 nos indica que el puerto de Ensenada para 1979 tenía insuficiencias en el abastecimiento de agua, combustible y energía eléctrica.

En el municipio de Ensenada se registró mas del 90% de las 260 mil toneladas de especies capturadas en el Estado durante 1978. En éste municipio se hallan instaladas alrededor de 30 industrias conexas a la actividad pesquera, entre ellas se pueden mencionar enlatadoras, reductoras de pescado, fábricas de hielo, bodegas de refrigeración y conservación, así como industrializadoras de erizo, algas y sargazos de mar (Salto J.L.,1980).

La flota pesquera que opera en Baja California, que ocupa uno de los sitios más importantes de México, se ha reforzado en el último año con la llegada de grandes buques de altura, pertenecientes a empresas mexicanas de coinversión con otros países, que han traído a esta región los últimos adelantos en materia pesquera de altamar, y a su vez han ocasionado que las áreas de descarga para especies del mar sean insuficientes (Salto J.L.,1980).

Aunado al crecimiento de la flota pesquera existe la iniciativa de convertir a Ensenada en un puerto libre, que provocara un incremento en el número de arribos de barcos mercantes y turísticos a los muelles de altura (Madrid R.,1980).

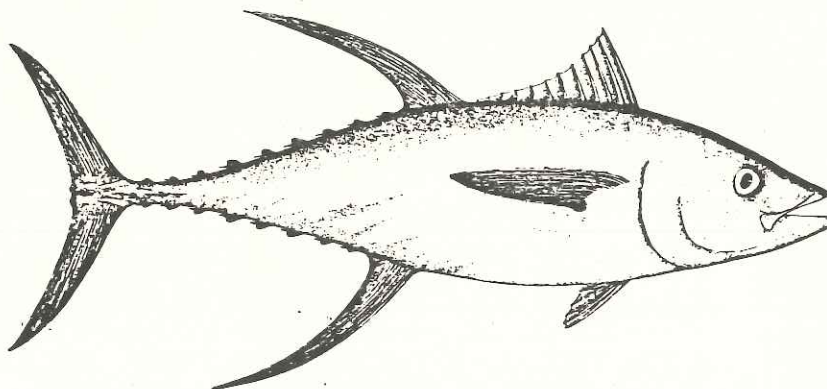
Para solucionar este problema ya se habilita en el puerto de Ensenada una zona exclusiva para los barcos pesqueros; y desde el año pasado se construye en la población de El Sauzal, contigua a Ensenada, un puerto pesquero especializado (ver figura 2.1) para la flota sardinera-anchovetera (Mateus H.,1980).

En la Isla de Cedros, Baja California se inició la construcción de un puerto pesquero que será otra opción para descargar tanto el atún como la sardina y anchoveta. En dicha isla existe a la fecha, un muelle de construcción antigua (1930) de madera y algunas estructuras de fierro que están concesionadas a Productos Pesqueros Isla de Cedros, S. A. de C.V. con una

capacidad de 2 embarcaciones. También se cuenta con una planta enlatadora y fileteadora de abulón, instalaciones para fabricar harina de pescado, y una cocedora de langosta, tienen también 4 frigoríficos con una capacidad de 809 toneladas aproximadamente de congelación y 2 almacenes para producto terminado con una capacidad aproximada de 2,420 toneladas (Dirección General de Flota, Industria e Instalaciones Pesqueras, 1979).

La flota atunera mexicana ha crecido muy lentamente, pasando de 19 embarcaciones en 1971 a 32 en 1979 (Romero N., 1980).

Conforme a los planes de inversión presentados al Departamento de Pesca por las diferentes compañías y cooperativas pesqueras, al finalizar 1982 México tendrá un total de 115 atuneros de diferentes tamaños, con una capacidad de acarreo de 84,666 toneladas (Romero N., 1980).



Entre 1980 y 1982 Productos Pesqueros Mexicanos (PPM) pondrá en operación 10 atuneros de vara de 150 toneladas de capacidad de acarreo, 12 cerqueros de 750 toneladas y 6 de 1,200. Es decir un total de 28 embarcaciones con 17,700 toneladas de capacidad de acarreo en conjunto. Según los cálculos, cada atunero de vara debe obtener un mínimo de 10 mil toneladas por año. De los cerqueros de 750 toneladas se espera una producción de 2 mil toneladas por buque por año, y de los de 1,200 toneladas se espera un mínimo de 3 mil por año y por buque. Esta capacidad resulta mucho mayor que la de los 32 atuneros con que contaba México al finalizar el año pasado, que era poco más de 15 mil toneladas. Así los buques de PPM representarán más del 24 % del total de embarcaciones y más del 20 % de la capacidad de acarreo. (Romero N., 1980).

Según las proyecciones del desarrollo de la pesca mexicana de atún, para 1982 casi las dos terceras partes de la capacidad de captura (62 %) estará en manos de empresas privadas, esencialmente de compañías de participación extranjera (Morales J.J., 1980).

Departamento de Pesca

ESQUEROS NACIONALES

Información Actualizada al 31 de Diciembre de 1979

DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS										ASTILLEROS Y VARADEROS				PRODUCCION PESQUERA *			PLANTAS INDUSTRIALES												
MUELLES										ZONA INDUSTRIAL				CON CAPACIDAD DE			ESPECIES			TONELADAS			CAPACIDAD		INSTALADA				
PROFUNDIDAD ZONA AT-PUENTE (metros)	TRAMO DE AT-PUENTE (metros)	CAP. DE OPERACION AT-PUENTE (T)	CAP. DE OPERACION PUENTE (T)	TOTAL	SUMINISTRO MUELLE COM. E. ELECT.	REPARACION MUELLE COM. E. ELECT.	REPARACION MUELLE COM. E. ELECT.	REPARACION MUELLE COM. E. ELECT.	REPARACION MUELLE COM. E. ELECT.	CANTIDAD	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE	CON CAPACIDAD DE		
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA		
7.00	20	44	17	61	I	C/A	I	30PA	PA	PA	PA	PA	PA	2	X	X	X	X	X	Andres, Araya, Barinas, Valencia	258496	247998	312438	635	250	2580	155	3500	
4.06	3	6		6	S	S	F	P	P	P	P	P	P							Santa, Maricao, Juan y Atila	8063	11678	1652	6.0	125	192		1000	
3.05	5		40	40	F	mc	F	2	2	K	K	K	K	1						Rosario, Caracas, Toluca	2202	3113	5909	9.0			30	70	
4.06	2	4		4	S	S	S													Santa, Maricao, Araya, Barinas	1765	695	1401.3	100	100	264	10	20	
4.5	6	12		12	S	S	S													Santa, Maricao, Araya	9173	16052	10329	30.0	71	160	25	20	
2.7	3	6		6	S	S	S													Santa, Maricao, Araya, Barinas	13664	7666	5858	50	360				
3.06	1	4		4	S	S	S													Alto, Barinas, Barinas, Barinas	3564	5383	5403	40	40				
3.5	5		49	49	I	C/A	S	1	6	K	K	K	K							Mar y Toluca, Maricao, Toluca	5953	6975	7107	75.0			328	405	
4.0	2		12	12	I	C/A	I													Santa, Maricao, Toluca, Toluca	8783	12093	27922	12.0		440	10		
3.5	2	4		4	F	C/A	F																						
0.5	1		8	8	I	C/A	F													Caracas, Santa, Santa, Caracas	484	387	785	7.0				20	
3.5	14		112	112	I	mc	S	12		S	S	S	S	9	X	X	X	X	X	Caracas, Llanos, Toluca	12646	10460	14032	500		120	254	785	
2.6	1	33		33	F	C/A	S	10K	9	K	K	K	K	2						Caracas, Llanos, Toluca		REGISTRADA EN GUAYMAS		160	1392				
2.4	42		12	12	S	S	S													Santa, Maricao, Caracas	73258	124782	112979	1310	63	300	462	1455	
3.5	5	6	16	22	F	C/A	S	17PA	PA	PA	PA	PA	PA	7	X	X	X	X	X	Caracas, Santa, Caracas, Santa	8635	8037	26704			770	20		
3.5	4		20	20	I	C/A	F	10P		P	P	P	P	1						Caracas, Caracas, Guaymas, Llanos	5786	5486	10393	30.0		275	80	150	
3.5	*		4	4	F	C/A	K													Caracas, Santa, Llanos, Llanos	2103	2710	3129	30.0	30	25	50	900	
3.6	50		4	4	I	C/A	I	33	20	K	K	K	K	7						Caracas, Mar y, Guaymas, Santa	38166	29341	47501	217.2	78	275	290	4439	
3.0	4		16	16	I	C/A	F	3K	7	K	K	K	K							Caracas, Santa, Santa, Caracas									
3y4	4		24	24	F	C/A	F	2P		P	P	P	P							Caracas, Santa, Santa, Caracas	1179	2156	6227				12		
3.5	4		16	16	S	mc	S	18P		P	P	P	P	1						Caracas, Llanos, Toluca, Toluca	783	1329	1744				100		
3.5	4		16	16	I	C/A	S													Mar y, Santa, Guaymas, Llanos			1462	100		5	100	15	
4.0	4		24	24	F	C/A	F													Mar y, Santa, Guaymas, Llanos					2	1	13	15	
																				Caracas, Guaymas, Toluca, Toluca	1968	2300	2673						
3.0	20		160	160	S	mc	S	5	3	S	S	S	S	4						Caracas, Santa, Barinas, Caracas	7626	7810	8751	54.0		50	165	84	
4.0	4		32	32	S	C/A	F	30K		K	K	K	K							Caracas, Caracas, Toluca	90	368	500						
5	NO	OPERA			F	F	F																						
3.0	3	NO	OPERA		F	C/A	F	5	34	K	K	K	K							Caracas, Santa, Caracas			598						
3.0B	29		232	232	I	mc	I							9	X	X	X	X	X	Caracas, Caracas, Santa, Caracas	8406	8932	8826	700	4	386	110		
2.5	*																												
2.4	6		48	48	F	C/A	F	4P		P	P	P	P	2						Llanos, Santa, Caracas, Santa	5715	5435	5844						
2.5	*																			Llanos, Santa, Caracas, Santa	2633	1976	2345	4.0			95	22	
3.0	4		24	24	F	C/A	F	7P		P	P	P	P	2						Caracas, Santa, Santa, Santa	755	665	810						
3.5	47		240	240	S	S	S	17		S	S	S	S	3						Santa, Santa, Santa, Santa	2719	2668	2836	25.0	13		370	95	
4.0	4		24	24																Santa, Santa, Santa, Santa	7725	9332	10520	66.0	15	24	120	850	
																				Pala, Santa, Maricao, Santa	1248	1583	2463				50		
2.4	*				F	C/A	F	9P		P	P	P	P																
2.4	16		104	104	F	C/A	F	4		S	S	S	S	3						Caracas, Santa, Llanos, Santa, Llanos	5236	4387	6371				10		
																				Caracas, Barinas, Barinas, Caracas	2280	3133	2836	30.9		10	56	48	
ONSTRUCION																													
2.5	101		808	808	S	mc	S													Caracas, Santa, Santa, Toluca	19243	8236	15589	79.4			344	914	
3.04	54		432	432	S	S	S	3	2	PA	PA	PA	PA	17	X	X	X	X	X	Caracas, Santa, Santa, Toluca	9335	REGISTRADA EN CAMP		72.0	2	8	195	430	
ONSTRUCION																													
1.2	*				F	C/A	F	19P		P	P	P	P							Caracas, Santa, Santa, Toluca	12469	20017	17748	15.2			51	20	
2.1	34		204	204	S	C/A	S	8y2K		K	K	K	K	6						Caracas, Santa, Santa, Toluca	10562	12706	13299	22.0		13	245	423	
1.5	*				F	C/A	F	3P		K	K	K	K							Caracas, Santa, Santa, Toluca	477	465	744	0.6				12	
0.6	*				F	C/A	F	2P		K	K	K	K							Caracas, Santa, Santa, Toluca	939	1154	921						
					F	C/A	F	2P		P	P	P	P							Caracas, Santa, Santa, Toluca	315	791	1103	3.0		3		40	
2.0	*				K	C/A	K	1	8	K	K	K	K							Caracas, Santa, Santa, Toluca	393	706	784						
																				Caracas, Santa, Santa, Toluca	189	136	125						
1.5	*				F	I	F																						
4.2	8		64	64	S	C/A	F													Llanos, Santa, Santa, Toluca	444	359	293						
5.5	*				F	I	F													Caracas, Llanos, Santa, Toluca	969	1209	948	5.0			17		
3.0	*				F	I	F													Caracas, Santa, Santa, Toluca	129	78	12					15	
1.5	*				F	I	F																						
1.5	4		24	24	S	C/A	S													Caracas, Santa, Santa, Toluca	1012	456	1134			2		18	
536	48	108	3075	496	3727															SUMAS	559075	608183	743177	153.1	148	2385	4075	12512	

IMBOLOGIA:

C/A	CON ACARDO EN PIRAS, CAMONETAS ó LANCHONES	EN LA COLUMNA DE MUELLES EL PARENTESIS INDICA
mc	EN MUELLE DE COMBUSTIBLE	LOS QUE ESTAN EN CONSTRUCCION Y FUERA DEL PARENTESIS
F	FALTA	LOS EXISTENTES
K	EN CONSTRUCCION	EN PROYECTO
I	INSUFICIENTE	PROYECTO AUTORIZADO PARA 1980
S	SUFICIENTE	INSUFICIENTE CON PROYECTO AUTORIZADO PARA 1980
*	UNICAMENTE OPERAN EMBARCACIONES MENORES	

OTRAS LOCALIDADES	114795	130328	177878	19340	99	767	2380	5048
PRODUCCION REGISTRADA	80000	47000						
TOTAL GENERAL	573870	814511	1107505	11001	1547	10152	6455	21590

* PESO FRESCO ENTERO

Con sus recientes adquisiciones la empresa privada Pescatún S.A., cuenta con 10 atuneros de cerco, de los cuales los cinco mayores están dotados con helicópteros para la localización de los cardumenes. Cinco de las embarcaciones tienen una capacidad de 1,100 toneladas, cuatro de 1,200 y una de 1,700, para un total de 12 mil toneladas de capacidad de acarreo conjunta (Técnica Pesquera, 1980).

Se calcula que la flota de Pescatún podrá capturar un mínimo de 15 mil toneladas métricas por año, equivalentes al 42 % de la producción total mexicana de túnidos en 1979 (Morales J.J., 1980).

Productos Alimenticios del Mar S.A. (PALMAR S.A.) ha puesto en servicio en 1980 dos cerqueros de 1,200 toneladas de capacidad de acarreo cada uno. Otra empresa, Promotora Oceánica de Atún S.A. (PROA) también abanderó a su primera embarcación Olmeca 1 en 1980.

Se estima que para 1982 México podría tener la segunda flota atunera más grande del mundo, y de ésta flota el 61 % operará desde Ensenada como puerto de base (Mateus H., 1980). Actualmente en el puerto de Ensenada se tienen registrados el 95 % de la flota atunera nacional.

El puerto es el eslabón principal en la cadena de producción de todos los componentes de la industria pesquera, el cual debería lograr eficientemente sus tareas con el propósito de llevar a cabo los blancos planeados a un costo mínimo. Esta definición formula el problema de la planeación del puerto, de tal manera que los resultados planeados sean los óptimos. En esta investigación se abordará el problema de las relaciones de los servicios entre el puerto y el barco pesquero.

Cuando un muelle de un puerto se especializa para sólo un tipo de tráfico (barcos atuneros) debe ser considerado como una entidad independiente, aun si éste forma parte de un gran puerto (Mettan J.D., 1967).

Se prevee un aumento en la demanda del servicio de descarga de la flota atunera en los puertos nacionales debido al rápido incremento de navios que realizarán la pesca del atún. Entre estos puertos nacionales, el de Ensenada Baja California ha sido el más importante en los últimos años en descarga de atún (González M.L., 1980).

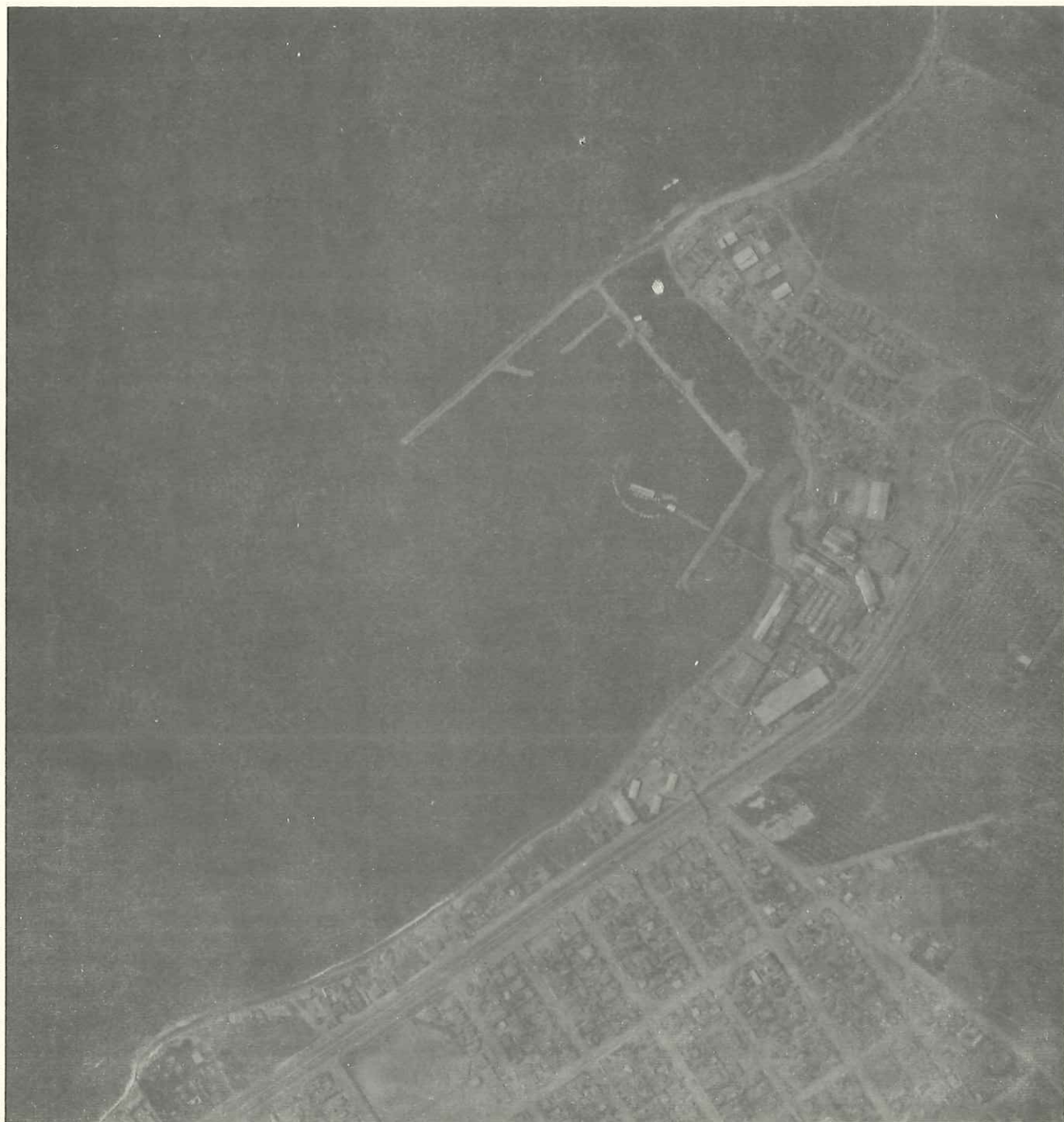
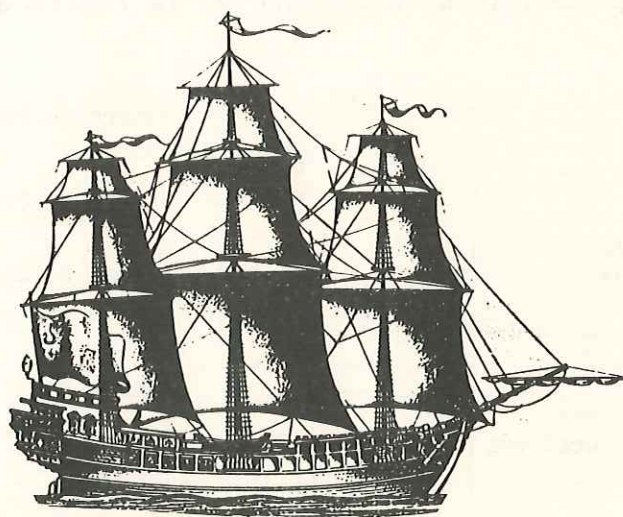


Figura 2.1 Fotografía aérea del puerto pesquero en construcción, en el Sauzal de Rodríguez, Baja California, donde operará la flota anchovetera-sardinera que actualmente opera en Ensenada (Sepulveda R., 1980).

En función de un modelo analítico de líneas de espera (M/M/S), estadísticas del puerto de Ensenada y de las perspectivas en el crecimiento de la flota atunera, se predecirá sobre posibles situaciones en la operación portuaria pesquera y el tráfico de barcos atuneros en los próximos años en este puerto Baja Californiano. El crecimiento de la flota pesquera tiene que ser paralelo al de los servicios que recibirán en su puerto de base, de no ser así se presentarán situaciones conflictivas de congestionamiento en el puerto que se pueden evitar tomando las medidas necesarias a tiempo.

Este trabajo pretende apoyar al Plan Global de Desarrollo participando en el proceso de planeación, programación y evaluación en el área de infraestructura portuaria pesquera (Poder Ejecutivo Federal, 1980). Estas son unas de las razones que motivaron el desarrollo de este estudio. Explorar en los resultados que nos pueden brindar las matemáticas aplicadas a un problema muy concreto.



3 SISTEMA DE LINEAS DE ESPERA

La teoría de líneas de espera tiene infinidad de aplicaciones, es cuestión de ponerse a pensar en todos los procesos en los que se forman colas, por ejemplo: en las cajas registradoras de un supermercado, en las cajas de los bancos, en las pistas de los aeropuertos, en las gasolineras y demás ejemplos que se puede mencionar.

Los resultados que se obtienen por medio de la investigación de operaciones en la teoría de líneas de espera se deben considerar como una herramienta útil en la toma de decisiones para la planeación y diseño de puertos, para evitar en un futuro las costosas esperas de los barcos, así como, la ociosidad del puerto.

El complejo de barcos pesqueros y el puerto puede ser estudiado por la teoría de líneas de espera, donde el barco es el cliente y el atracadero la unidad de servicio (ver figura 3.2).

A saber, existen algunos trabajos publicados sobre la aplicación de la teoría de líneas de espera al sistema de los barcos y su puerto de base. (Mettan J.O., 1967), (Nagorski B., 1972), (Borovits I., Ein-Dor P., 1980) (Madziar J.B., 1970). Algunas de las variables mencionadas comúnmente en los modelos de líneas de espera se representan gráficamente en la figura 3.1.

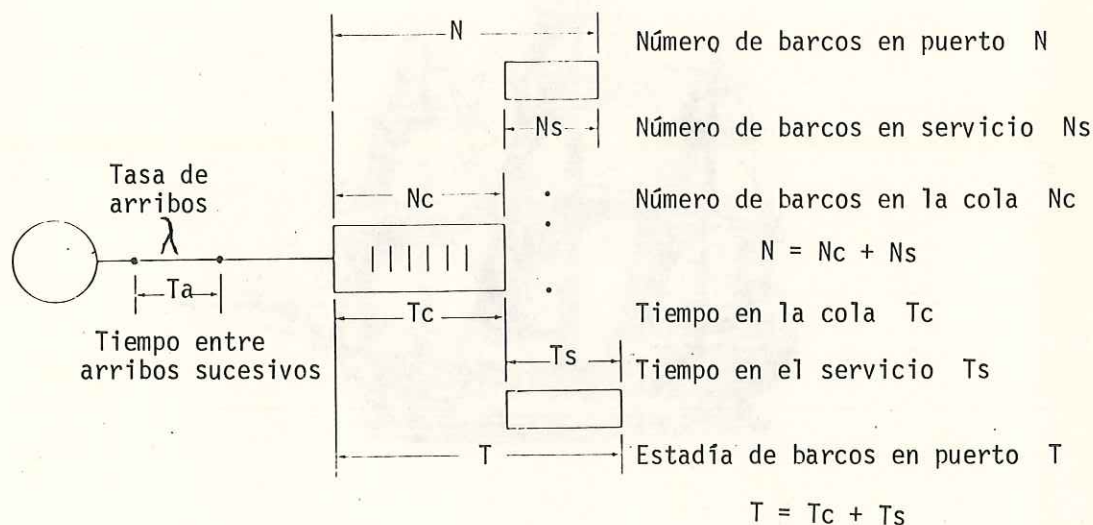


Figura 3.1 Algunas variables aleatorias usadas en el modelo de teoría de líneas de espera.

Cuando los barcos llegan, es probable que se atraquen inmediatamente pero también es probable que tengan que esperar hasta que se habilite alguna unidad de servicio, integrándose a una línea de espera. Puede ocurrir también que el puerto tenga muchas facilidades de servicio pero la proporción de arribo de barcos sea muy baja. Existen varios tipos de disciplinas en las líneas de espera como:

- Colas con prioridades, es decir, que existen elementos en la fila que tienen más alta prioridad que los demás.
- Colas donde un elemento de ella puede optar por retirarse a otro lugar de servicio, ya que la fila es muy larga o el tiempo de espera es grande.
- Colas donde el último que llega es al primero que se le da servicio.
- Colas donde el primero que llega es al primero que se le da servicio.
- Colas con servicio aleatorio, es decir que cada elemento en la fila tiene la misma probabilidad que los demás de recibir primero el servicio.

La disciplina de la línea de espera en este trabajo será sin prioridades donde, que al primero que llega es al primero que se le da servicio.

El sistema es abierto ya que los barcos entran, reciben su servicio y finalmente se retiran del puerto (ver figura 3.2).

Surge el problema de como definir el tiempo de servicio y el patrón de arribos de barcos. Generalmente no son constantes ni únicos, sino que, tienen fluctuaciones alrededor de un valor promedio. Se dice que son procesos aleatorios ya que no hay un control sobre los mismos, existe incertidumbre sobre lo que va a pasar.

Es difícil predecir el tiempo exacto en el que llegará un barco al puerto, así como, el momento exacto en el que terminará su servicio.

El arribo de los barcos al puerto, el número de barcos en el sistema y el tiempo de servicio son procesos aleatorios (ver figura 3.1). Por lo tanto descritos por variables aleatorias, valores esperados y en términos probabilísticos.

Utilizando estadísticas del puerto y su flota, combinadas con la teoría de líneas de espera se puede determinar la probabilidad con que dichos acontecimientos ocurrirán.

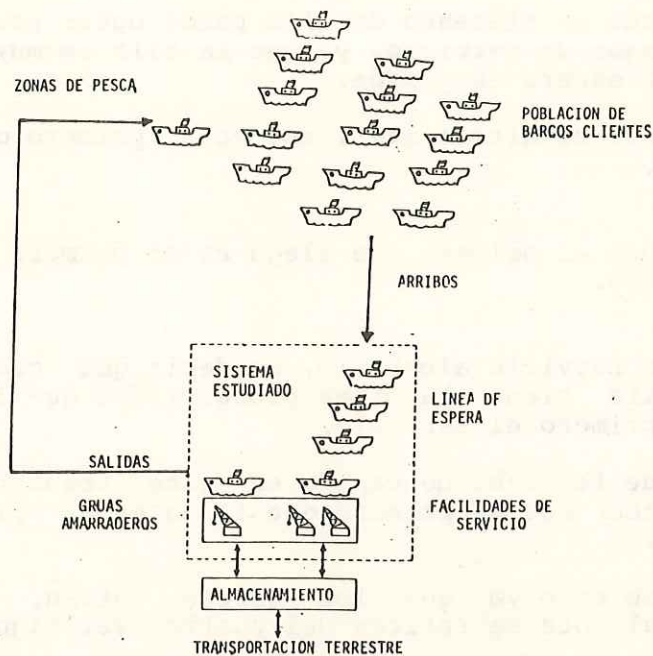


Figura 3.2 Sistema de barcos pesqueros y su puerto de base (Después de Borovits, I., Ein-Dor P., 1980).

3.1 DESCRIPCION DEL MODELO Y SUS VARIABLES

Definamos las variables que se utilizarán, así como, las suposiciones y características de operación del modelo. Sea:

S = unidades de servicio

λ = tasa promedio de arribos (barcos/día)

μ = tasa promedio de servicio (barcos/día/unidad)

$T_a = 1 / \lambda$ = tiempo promedio entre arribos (días)

$T_s = 1 / \mu$ = tiempo promedio de servicio (días)

$\rho = \lambda / \mu$ = intensidad del tráfico (unidades)

ρ / S = utilización del servicio

La intensidad del tráfico ρ determina el número mínimo de unidades de servicio que son necesarias para poder controlar el flujo continuo de llegadas de barcos (Allen A., 1980) (ver figura 3.1.1). Como se mencionó, el tiempo entre arribos sucesivos y el tiempo de servicio son variables aleatorias. Una variable aleatoria asocia un número con el producto de un experimento dentro de un espacio muestral definido. Debido a la incertidumbre que existe en ciertos sucesos antes de que éstos ocurran, se despierta un mayor interés sobre algún número relacionado con el suceso, que con el resultado inmediato del mismo. Existen variables aleatorias continuas y discretas. Un ejemplo de una variable aleatoria continua podría definir el tiempo de servicio. Otra podría definir el tiempo transcurrido entre el arribo de un barco y el siguiente. Una variable aleatoria discreta podría ser aquella que definiera el número de arribos de barcos durante un cierto intervalo de tiempo.

Todos los posibles cálculos de probabilidad que involucren a una variable aleatoria se pueden obtener de:

- Su función de probabilidad de masa, si la variable es discreta.
- Su función de densidad, si la variable es continua.

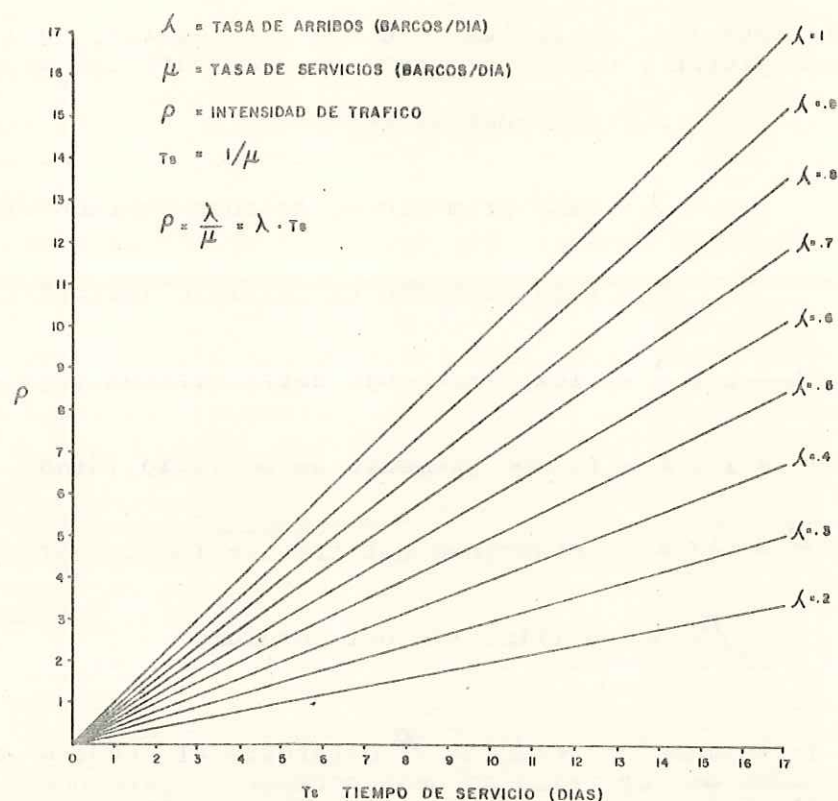


Figura 3.1.1 Intensidad del tráfico ρ , en función del tiempo promedio de servicio y de la tasa promedio de arribos.

La función de distribución de probabilidad es la propiedad más importante de una variable aleatoria. Si se conoce la distribución de probabilidad de una variable aleatoria, el espacio muestral que la soporta ya no es tan importante.

Sea T nuestra variable aleatoria continua. Su función de distribución se puede calcular de su función de densidad $f(T)$, que a su vez esta caracterizada por las siguientes propiedades:

- La función de densidad $f(T)$ es siempre mayor o igual a cero para toda T real

$$f(T) \geq 0$$

- La integral de la función de densidad de menos infinito a más infinito es igual a la unidad, incluye todas las posibilidades,

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(T) dT = 1$$

- La función de distribución $F(t)$ es la probabilidad de que nuestra variable aleatoria T sea menor o igual a un cierto valor t . Es una función acumulativa de la función de densidad, ya que es la integral de menos infinito a nuestro valor t , sea:

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(T) dT.$$

- La probabilidad de que nuestra variable aleatoria T se encuentre entre a y b , es igual a la área bajo la curva entre a y b de nuestra función de densidad, para toda a y b reales donde $a < b$.

$$P(a < T < b) = \int_a^b f(T) dT = F(b) - F(a)$$

La función de densidad de nuestras variables aleatorias continuas de tiempos entre arribos sucesivos y tiempos de servicio serán exponenciales, pues son patrones muy utilizados en la teoría de líneas de espera debido a las convenientes propiedades matemáticas de esta distribución (Allen A., 1978). Tenemos entonces que para los tiempos entre arribos:

$$\text{- función de densidad } f(T) \begin{cases} \lambda e^{-\lambda T} & \text{para } T > 0 \\ 0 & \text{para } T \leq 0 \end{cases}$$

$$\text{- función de distribución } F(T) \begin{cases} 1 - e^{-\lambda T} & \text{para } T > 0 \\ 0 & \text{para } T \leq 0 \end{cases}$$

donde $1/\lambda = T_a$ es el tiempo promedio entre arribos consecutivos.

Para los tiempos de servicio:

$$\text{- función de densidad } f(T) \quad \begin{cases} \mu e^{-\mu T} & \text{para } T > 0 \\ 0 & \text{para } T < 0 \end{cases}$$

$$\text{- función de distribución } F(T) \quad \begin{cases} 1 - e^{-\mu T} & \text{para } T > 0 \\ 0 & \text{para } T < 0 \end{cases}$$

donde $1/\mu = T_s$ es el tiempo promedio de servicio. Para dar un ejemplo, suponga, que tenemos una variable aleatoria exponencial con parámetro 2 (puede aplicarse tanto para el tiempo entre arribos como para el tiempo de servicio). Queremos saber cual es la probabilidad de que nuestra variable aleatoria T tome un valor entre 1 y 3. Esta probabilidad es (la integral) el área bajo la curva $2e^{-2T}$ entre 1 y 3 (figura 3.1.2). Esta probabilidad también puede ser calculada usando su función de distribución $F(T) = 1 - e^{-2T}$ que se muestra en la figura 3.1.3.

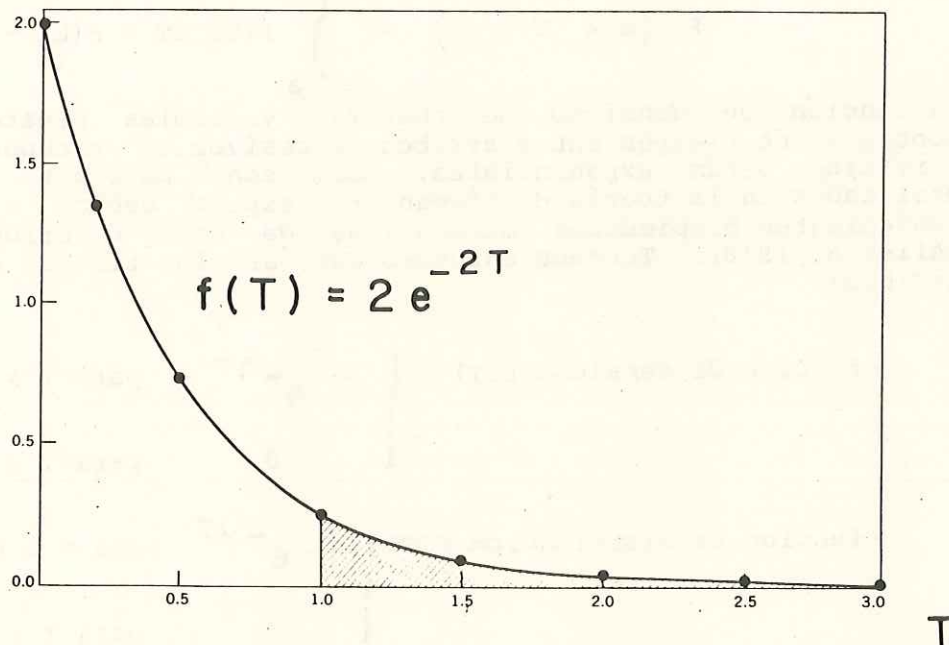


Figura 3.1.2 Función de densidad para una variable aleatoria exponencial con parámetro 2. El área sombreada representa la probabilidad de que nuestra variable aleatoria T se encuentre entre 1 y 3.

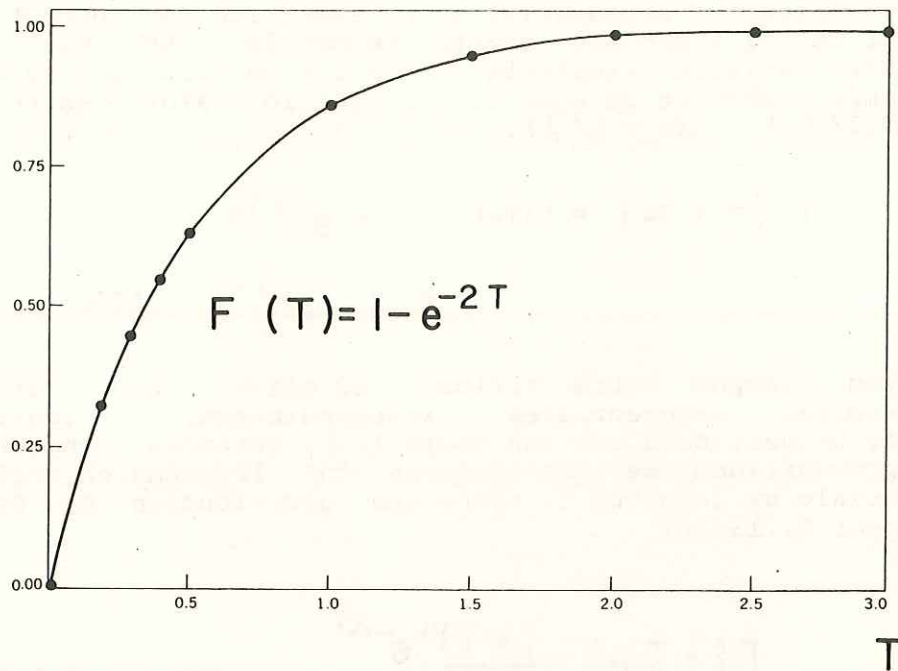


Figura 3.1.3 Función de distribución para una variable aleatoria exponencial con parámetro 2.

Si T es una variable aleatoria exponencial con parámetro $\lambda > 0$, su valor medio y su varianza son iguales a:

$$E(T) = 1 / \lambda \quad \text{media}$$

$$\text{Var}(T) = 1 / \lambda^2 \quad \text{varianza.}$$

Otra propiedad importante de la distribución exponencial es la de Markov u "olvidadiza" que estipula que la probabilidad de que ocurra un arribo (o se termine un servicio) depende solamente del tiempo considerado y no de lo que haya ocurrido antes ni de cuanto tiempo haya transcurrido sin que ocurriera un arribo. Implica que el arribo de un barco no altera el patrón de los siguientes arribos.

La distribución exponencial no es simétrica con respecto a su valor medio, tiene una cierta tendencia. Los valores de nuestra variable aleatoria entre 0 y su valor promedio $1/\lambda$ son más probables de ocurrir que aquellos valores entre $1/\lambda$ y $2*(1/\lambda)$ ($Ta = 1/\lambda$).

$$P(T < Ta) = F(Ta) = 1 - e^{-\lambda Ta}$$

$$= 1 - e^{-1} = .6321$$

Si los tiempos entre arribos sucesivos son variables aleatorias exponenciales independientes, igualmente distribuidas, cada una con media $1/\lambda$, entonces tenemos que la probabilidad de que ocurran "n" llegadas en cualquier intervalo de longitud T, tiene una distribución de Poisson (Wagner H., 1969):

$$P(\lambda T, n) = \frac{(\lambda T)^n}{n!} \cdot e^{-\lambda T} \quad \text{para } n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Como había mencionado anteriormente el número de arribos en un cierto intervalo de tiempo es una variable aleatoria discreta, en este caso con una función de distribución de Poisson. Algunos ejemplos de distribuciones de Poisson se presentan en la figura 3.1.4. En estos ejemplos suponga que la longitud del tiempo T considerado permanece constante, y que lo único que se incrementa es la tasa de arribos de barcos λ . Observe como se comporta la distribución de Poisson para los diferentes valores de "n" arribos de barcos.

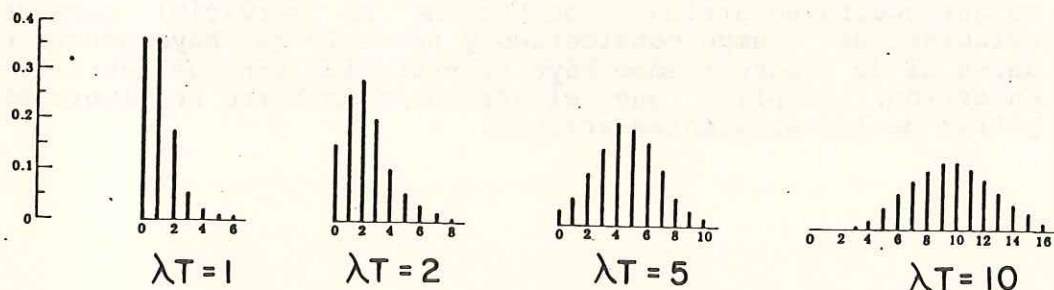


Figura 3.1.4 Ejemplos de distribuciones de Poisson (Lipschutz S., 1968).

Integrando los conceptos sobre variables aleatorias descritos anteriormente en nuestro sistema de líneas de espera resumido en que, el patrón de arribos de barcos es aleatorio discreto con una distribución de Poisson, el tiempo de servicio es aleatorio continuo con una distribución exponencial y el sistema cuenta con S idénticas unidades de servicio. Este sistema de líneas de espera es ampliamente conocido y definido por la notación de Kendall como un sistema $M/M/S$ (M de Markov y S unidades de servicio) (Allen A., 1980).

El sistema puerto se encuentra en un estado estacionario, es decir que la probabilidad de que haya " n " barcos en el puerto depende solamente de la longitud del tiempo considerado y no de las condiciones iniciales.

Para obtener una distribución de probabilidad estacionaria es necesario asumir que:

$$\lambda < \mu S$$

$$\rho < S$$

de no ser así, la longitud de la cola y el tiempo de espera crecerían infinitamente, pues los barcos llegan más rápido que el servicio que se les puede proporcionar en puerto (Prawda J., 1980).

Además es un sistema sin consecuencias, implicando que el arribo de un barco no altera el patrón de llegadas de los siguientes arribos (Wagner H., 1969).

Para un estado estacionario, la probabilidad de que haya " n " barcos en el sistema (Puerto) esta dada por:

$$P_n = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_0 \quad \text{cuando} \quad 0 \leq n < S$$

$$P_n = \frac{\rho^n}{S! S^{n-S}} \cdot P_0 \quad \text{cuando} \quad n \geq S$$

donde "S" es el número de unidades de servicio, "n" es el número de barcos, ρ es la intensidad del tráfico y "Po" es la probabilidad de que ocurran cero llegadas,

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{j=0}^{s-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^s}{s!(1-\rho/s)}}$$

3.2 CARACTERISTICAS DE OPERACION

Para un sistema de líneas de espera como el descrito anteriormente existen unas características de operación que nos permiten evaluar como se comportará el sistema. Haremos mención de las más importantes como: la probabilidad que todas las unidades de servicio estén ocupadas también conocida como la probabilidad de retraso:

$$P(N \geq S) = \frac{\rho^s}{s!(1-\rho/s)} \cdot P_0$$

El valor esperado de número promedio de barcos atuneros en el puerto,

$$E(N) = \frac{\rho^s \lambda / \mu S}{(\mu S - \lambda)^2} \cdot P_0 + \rho$$

El valor esperado de tiempo promedio en la cola de los barcos atuneros en espera del servicio,

$$E(T_c) = \frac{P(N \geq S)}{\mu S - \lambda}$$

4 ESTADISTICAS DE OPERACION DE LA FLOTA ATUNERA EN EL PUERTO DE ENSENADA

En el puerto de Ensenada, la actividad portuaria pesquera está asociada directamente con la anchoveta y el atún, debido a los grandes volúmenes de éstas especies que en él se manejan. Dentro de la flota pesquera que opera en Ensenada, la atunera y la anchovetera son las de mayor importancia. Además de las 29 embarcaciones nacionales atuneras registradas en este puerto, también operan otras embarcaciones pesqueras (Siqueiros M., 1980):

- 29 barcos atuneros nacionales,
- 19 barcos atuneros extranjeros,
- 68 barcos anchoveteros nacionales,
- 8 barcos de cabotaje,
- 13 barcos extranjeros de pesca diversa.

Cuando el puerto de El Sauzal de Rodríguez, Baja California esté terminado (ver figura 2.1), toda la flota anchovetera-sardinera e infraestructura portuaria asociada que opera en Ensenada, se trasladará a este nuevo puerto pesquero (Barron S., 1980). Como consecuencia, la flota pesquera de altura de mayor importancia en este puerto será la atunera. El estudio se concentrará en la flota atunera que operará en dicho puerto. Esto no quiere decir que el método sea inaplicable a otra situación de líneas de espera, a otra flota (mercante, petroleros) o a otro puerto (industrial).

El modelo propuesto se puede aplicar al puerto de Ensenada si se estima de alguna forma las siguientes variables:

- 1.- Tiempo promedio entre arribos sucesivos "Ta" o su inverso tasa promedio de arribos λ .
- 2.- Tiempo promedio de servicio "Ts" o su inverso tasa promedio de servicio μ .
- 3.- Número de unidades de servicio "S" o número de amarraderos.

La estimación de estas variables se realizó gracias a la información proporcionada por la Oficina de Maniobras del Puerto de Ensenada y a la empresa de Servicios Portuarios. La primera, elabora una relación mensual sobre las toneladas de anchoveta y atún desembarcadas en el puerto por cada barco, ya sea nacional o extranjero. A su vez también se proporcionó por dicha oficina las características de las embarcaciones pesqueras nacionales y extranjeras que operan en este puerto.

Con un pequeño procesamiento a la información facilitada se elaboraron las figuras 4.1 y 4.2 que representan el número de arribos de barcos anchoveteros y atuneros que cada mes llegaron a descargar sus capturas al puerto de Ensenada. El tiempo de observación para estas dos gráficas fue del 1 de Enero de 1978 al 31 de Julio de 1980. Durante este tiempo se registraron 278 llegadas por 73 barcos atuneros. De este total de llegadas

111 ocurrieron en 1978,
116 ocurrieron en 1979,
51 del 1 de Enero al 31 de Julio de 1980.

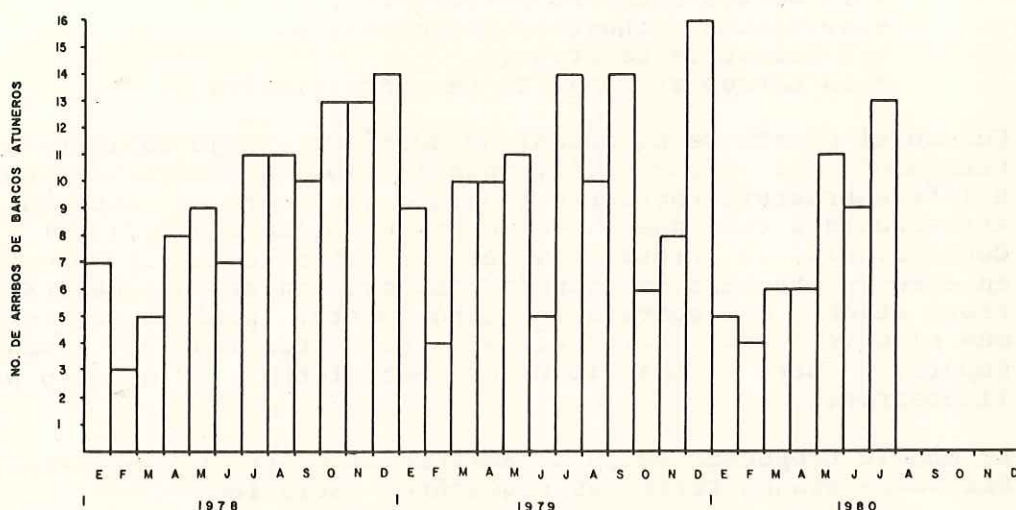


Figura 4.1 Histograma mensual del número de barcos atuneros que llegaron al puerto de Ensenada a descargar del mes de Enero de 1978 al mes de Julio de 1980.

Un barco atunero puede realizar de 3 a 5 viajes por año dependiendo de su capacidad de acarreo, de las condiciones ambientales, las condiciones de operación del mismo barco y el tiempo de estadía en puerto. La embarcación atunera que realizó más viajes en los 31 meses de observación fueron 11, con un máximo de 5 viajes al año. Para obtener una estimación de la tasa promedio de arribos se divide el número de llegadas totales entre el tiempo considerado. Se puede calcular esta tasa para los 2 años y medio o por cada año por separado. Los resultados se presentan en la tabla 4.1.

AÑO	NUMERO DE ARRIBOS	TASA PROMEDIO DE ARRIBOS (barcos/día)	TIEMPO PROMEDIO ENTRE ARRIBOS (días)
1978	111	0.3041	3.288
1979	116	0.3178	3.1465
1980	51	0.2394	4.176
1978-1980	278	0.2948	3.3920
		λ	$T_a = 1/\lambda$

Tabla 4.1 Cálculo de la tasa promedio de arribos λ y de su inverso, el tiempo promedio entre arribos sucesivos "Ta" de los barcos atuneros que llegaron al puerto de Ensenada a descargar del mes de Enero de 1978 al mes de Julio de 1980.

La llegada de barcos atuneros no sigue ningún patrón en particular, es un proceso aleatorio por lo tanto puede estar definido por una distribución de probabilidad. En este caso, el número de arribos de barcos en un intervalo de tiempo, estará definido por una distribución de Poisson como en el modelo propuesto.

Hoy en día no existe ni temporada de captura para el atún, ni vedas. Cuando el organismo internacional CIAT (Comisión Interamericana de Atún Tropical) regulaba la pesca del atún aleta amarilla, existían temporadas de captura al año. La temporada terminaba cuando la captura de toda la flota que pescaba en la ARCAA (Area Reglamentaria para la Captura del atún Aleta Amarilla) alcanzaba la cuota establecida por dicha comisión. La fecha de clausura en 1978 se hizo vigente el 6 de mayo (CIAT, 1979). México ya no pertenece a esta Comisión y también reclama todo el atún que se encuentre en su Zona Económica Exclusiva de 200 millas.

El caso de la flota anchovetera es diferente. La demanda de servicio en puerto se concentra en los meses de temporada que son de Junio a Diciembre, donde la intensidad de llegadas es alta, en contraste con los otros 5 meses que son de relativa inactividad (ver la figura 4.2). Este patrón de arribos se ajusta mejor a una distribución hiperexponencial (Allen, 1980).

El cálculo del tiempo promedio de servicio "Ts" es un poco más ambiguo debido a las variantes que existen. Durante la estadía de los barcos en puerto las siguientes actividades pueden ocurrir al mismo tiempo o en diferentes momentos:

Aduana, Migración, Sanidad
 Descarga
 Combustible y Agua
 Reparaciones
 Avituallamiento

La compañía de Servicios Portuarios y Marítimos de Ensenada S.A. de C.V. tiene la exclusividad de la descarga de los barcos pesqueros. Se pueden considerar dos tipos de servicio para la flota pesquera en el puerto de Ensenada: para el atún y para la anchoveta. Dicha compañía cuenta con 7 unidades de descarga para la flota anchovetera con los siguientes rendimientos (Barron S., Comunicación Personal):

- 5 unidades de 35 a 40 ton/hora/unidad
- 2 unidades de 240 ton/hora/unidad

El sistema de descarga de anchoveta es más especializado y eficiente que el del atún.

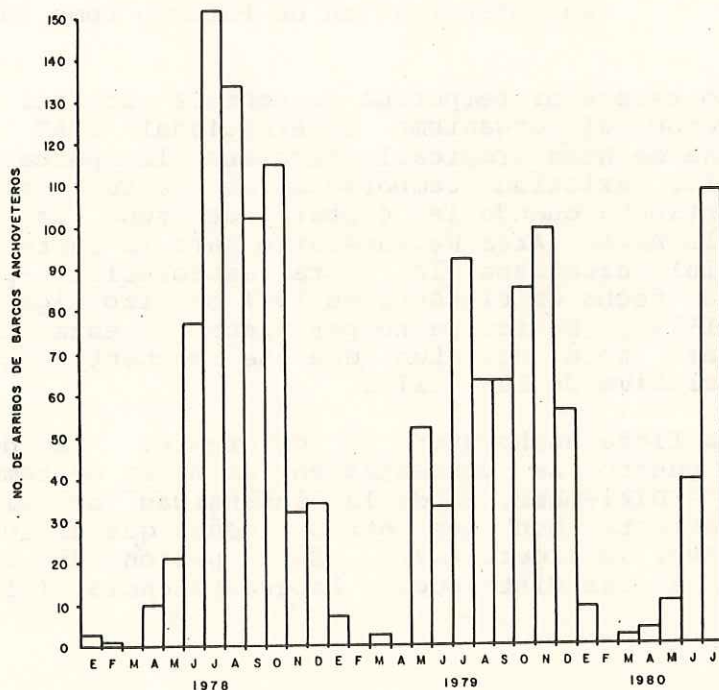


Figura 4.2 Histograma mensual del número de barcos anchoveteros que llegaron al puerto de Ensenada a descargar del mes de Enero de 1978 al mes de Julio de 1980.

La descarga de la anchoveta se lleva a cabo en el extremo sur del muelle de altura y en el muelle de cabotaje (ver Figura 4.3). En este último muelle opera también la flota de cabotaje y los guardacostas de la marina. La descarga del atún se realiza en el muelle D-E y en el extremo Norte del muelle de altura. El muelle de altura está asignado a la flota mercante de mayor calado.

La descarga del atún es un proceso más lento y cuidadoso que el de la anchoveta. La empresa de servicios portuarios cuenta con 4 gruas con rendimiento de 16 ton/hora cada unidad (menor que el de la anchoveta). Para efectuar la descarga tienen que coincidir ciertas condiciones, como:

- Presencia de la grua en los muelles apropiados debido a la necesidad de espacio para efectuar la maniobra. Estos patios en el puerto de Ensenada son el muelle D-E (entre muros) y el extremo Norte del muelle de altura (ver figura 4.3).

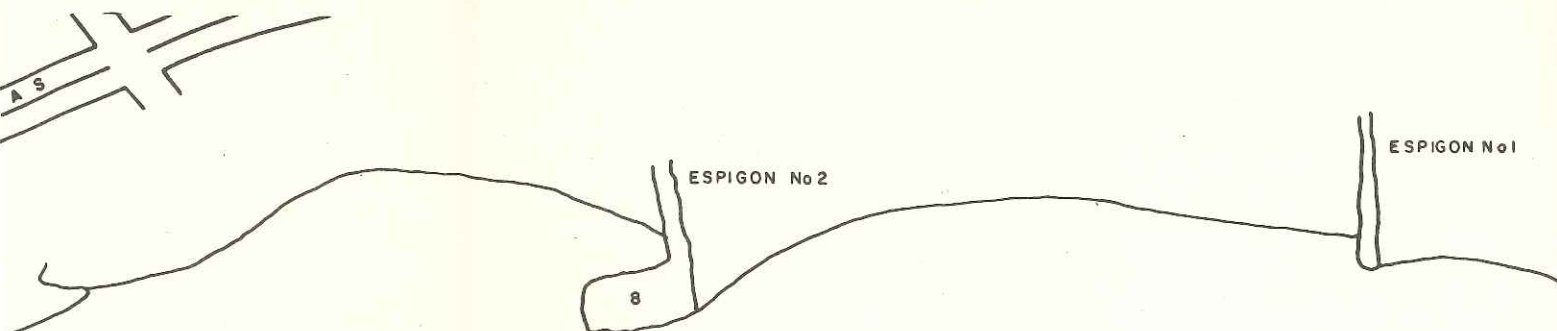
- Presencia de las montacargas

- Presencia del transporte.

Para la mayoría de las embarcaciones atuneras nacionales que operan en Ensenada el avituallamiento y ciertos tipos de reparaciones se lleva a cabo en el puerto de San Diego, California (Verdugo V., 1980). La carga de combustible se realiza en el puerto de Ensenada. El puerto no cuenta con una planta distribuidora de combustible en la zona porteña ni con tanques de almacenamiento masivo. Su distribución se hace a través de pipas (sistema lento e ineficiente).

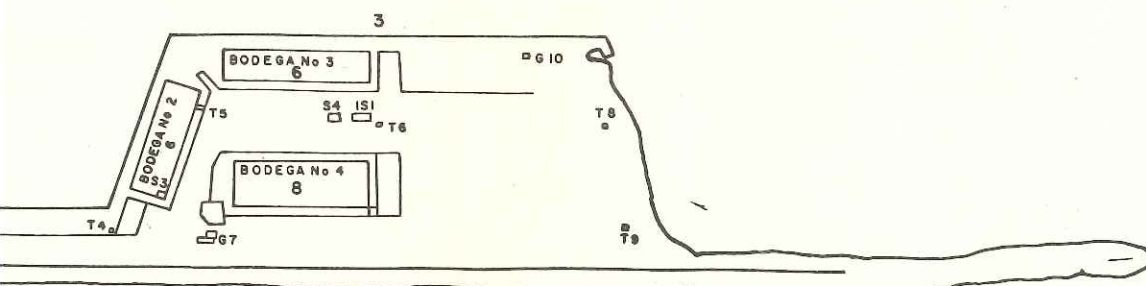
La Oficina de Maniobras Portuarias de Ensenada elaboró una relación sobre la estadía de las embarcaciones atuneras (extranjeras y nacionales) que realizaron su descarga en el puerto de Ensenada del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto de 1979 (ver tabla 4.2).

En estos 234 días, ocurrieron 52 arribos de barcos atuneros (nacionales y extranjeros) de los cuales 31 fueron por embarcaciones mexicanas y 21 por embarcaciones extranjeras. El número de barcos que participaron en los arribos fueron 33, de los cuales 13 tenían bandera extranjera y 20 mexicana.



RECINTO PORTUARIO
ASTILLEROS RODRIGUEZ S. A.
AGENCIA ARJONA
ANTONIO CABRALES MONTIJO
EDUARDO LEWIS GARCIA
PIDESA
BANFOCO
TRANSPORTES CROM
OFICINA SUPERINTENDENCIA
OFICINA CAPITANIA DEL PUERTO
OFICINA RESIDENCIA OBRAS DEL PUERTO
OFICINA CNCP
CASA CAPITAN DE PUERTO
CASA RESIDENTE OBRAS DEL PUERTO
CEMENTOS CALIFORNIA

ZONA FRANCA				
No	CONCEPTO	PROFUNDIDAD	LARGO	ANCHO
1	MUELLE DE CABOTAJE	-2.00 a -7.50	488.53	10.00
2	MUELLE D-E	-7.50 a -10.00	204.34	10.00
3	MUELLE DE ALTURA	-10.00 a 9.50	569.72	10.00
4	COBERTIZO		315.30	97.65
5	BODEGA No 1		100.55	30.56
6	BODEGA No 2		102.50	30.68
7	BODEGA No 3		122.27	30.80
8	BODEGA No 4		116.92	43.36
S1a S6	SUB ESTACIONES ELECTRICAS			
G2	CASETA VIGILANCIA ENTRADA PRINCIPAL			
G3	CASETA EQUIPO CONTRA INCENDIO			
G4	CARCAMO DE BOMBEO			
G5	CASETA MAREOGRAFICA			
G6	BASCULA DE 50 TONELADAS			
G7	BASCULA DE 5 TONELADAS			
G8	GARITON No 1			
G9	GARITON No 2			
G10	GARITON No 3			
T1a T10	TORRES DE ALUMBRADO			
E5	TALLERES Y OFICINAS DE SERVICIOS PORTUARIOS			



ROMPEOLAS S 31° 42' 59" E
 cido, del puerto de Ensenada, Baja
 , Mexico.

NOMBRE	BANDERA	FECHA DE ENTRADA	INICIO DE OPERACION	TERMINACION DE OPERACIONES	FECHA DE SALIDA	TONELADAS DESCARGADAS
BOLD PHOENICIAN	HOLANDA	7 ENE	8 ENE	11 ENE	11 ENE	608.550
" "	"	10 MAY	10 MAY	12 MAY	13 MAY	581.120
SOUTH WIND	"	14 ENE	15 ENE	18 ENE	18 ENE	849.655
" "	"	6 MAY	7 MAY	10 MAY	10 MAY	814.860
GOLD COAST	HOLANDA	14 ENE	15 ENE	19 ENE	19 ENE	765.241
" "	"	23 ABR	23 ABR	26 ABR	26 ABR	707.297
COOPEATUN I	COSTA R.	20 ENE	21 ENE	23 ENE	24 ENE	781.410
BOLD FLEET	HOLANDA	22 ENE	23 ENE	27 ENE	27 ENE	1,052.495
" "	"	5 MAY	6 MAY	9 MAY	10 MAY	873.442
" "	"	13 JUL	14 JUL	16 JUL	16 JUL	598.360
CAROLINA	NICARAG.	19 FEB	19 FEB	23 FEB	24 FEB	852.266
ESPERANZA	NICARAG.	27 FEB	28 FEB	2 MAR	3 MAR	499.125
CARIBE	HOLANDA	9 MAR	9 MAR	13 MAR	13 MAR	986.295
" "	"	9 JUL	10 JUL	12 JUL	12 JUL	530.750
TORO BRAVO	PANAMA	10 MAR	13 MAR	18 MAR	19 MAR	1,163.375
" "	"	8 JUL	9 JUL	12 JUL	12 JUL	856.635
SOUTH SEAS	HOLANDA	23 MAR	24 MAR	28 MAR	28 MAR	1,058.875
" "	"	30 JUL	31 JUL	10. AGO	10. AGO	626.080
ANGELA	INGLES	28 ABR	29 ABR	3 MAY	3 MAY	577.375
MANICONGO	SENEGAL	11 MAY	12 MAY	14 MAY	14 MAY	428.274
VIDA	INGLESA	28 MAY	29 MAY	29 MAY	30 MAY	135.590
TONELAJE TOTAL						15,347.070
JUAN RODRIGUEZ S.	MEXICANA	30 ENERO	31 ENERO	10. FEBRERO	7 FEBR.	148.345
" "	"	26 JUNIO	27 JUNIO	29 JUNIO	2 JULIO	300.805
MARANATHA	"	2 FEB.	9 FEB.	9 FEB.	19 FEB.	54.325
" "	"	31 JUL.	10 AGOS.	10. AGOS.	12 AGO.	98.050
CARTEDECECS	"	9 MARZ.	9 MARZ.	14 MARZO	22 MAR.	535.935
" "	"	4 JUL.	5 JUL.	9 JUL.	15 JUL.	695.195
ALBATUN	"	14 MAR.	14 MAR.	18 MARZO	20 MAR.	648.950
EL INDOMABLE	"	23 MAR.	23 MAR.	27 MARZO	2 ABR.	626.610
" "	"	27 JUN.	29 JUN.	29 JUN.	27 JUL.	193.195
VENCEDOR	"	27 MAR.	28 MAR.	28 MAR.	18 ABR.	87.130
" "	"	30 MAY.	31 MAY.	2 JUN.	14 JUN.	216.960
QUO VADIS	"	6 ABR.	6 ABR.	8 ABR.	16 ABR.	397.595
" "	"	13 JUL.	16 JUL.	19 JUL.	16 AGO.	684.345
ESTADO 29	"	9 ABR.	9 ABR.	11 ABR.	23 MAY.	468.965
" "	"	10 AGO.	11 AGO.	15 AGO.	EN PTO.	419.615
MARIA AMALIA	"	14 ABR.	16 ABR.	19 ABR.	2 MAY.	578.985
CUAUHTEMOC	"	14 ABR	16 ABR	20 ABR.	EN PTO.	522.925
TODOS SANTOS	"	28 ABR	28 ABR	30 ABR	30 ABR	239.020
" "	"	4 JUL	6 JUL	6 JUL	9 JUL	163.445
CONQUISTADOR	"	11 MAY	14 MAY	17 MAY	21 MAY	347.240
" "	"	10 JUL	11 JUL	12 JUL	16 JUL	49.870
GAVILAN	"	23 MAY	24 MAY	24 MAY	10 JUN	137.460
" "	"	18 JUL	20 JUL	20 JUL	15 JUL	151.845
LAZARO CARDENAS	"	20 MAY	21 MAY	24 MAY	28 MAY	439.510
BAJA CALIFORNIA	"	28 MAY	29 MAY	30 MAY	24 JUL	192.525
VIRGILIO URIBE	"	28 MAY	30 MAY	31 MAY	20 JUN	228.370
" "	"	2 AGO	3 AGO	4 AGO	21 AGO	276.270
ENSENADA	"	21 JUN.	22 JUN	23 JUN	10 JUL	189.395
DELFIN AZUL	"	2 JUL	3 JUL	3 JUL	15 AGO	89.140
GRAL. ZAPATA	"	4 JUL	4 JUL	7 JUL	31 JUL	415.950
SAN JUAN	"	6 AGO	7 AGO	7 AGO	EN PTO.	69.897
TONELAJE TOTAL						9,667.867

Tabla 4.2 Relación de la estadía de los barcos atuneros que llegaron al puerto de Ensenada a descargar del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto del mismo año (Oficina de Maniobras del puerto de Ensenada, Siqueiros M., 1979).

De la tabla 4.2 se obtuvo gran parte de la información útil para aplicar el modelo propuesto, sobre todo para estimar el tiempo promedio de servicio. La estadía de los barcos en puerto consiste de las siguientes etapas sucesivas que están incluidas en la tabla 4.2:

FE = Fecha de entrada de la embarcación,

FIO = Fecha de inicio de operación de descarga,

FFO = Fecha del fin de operación,

FS = Fecha de salida de la embarcación del puerto.

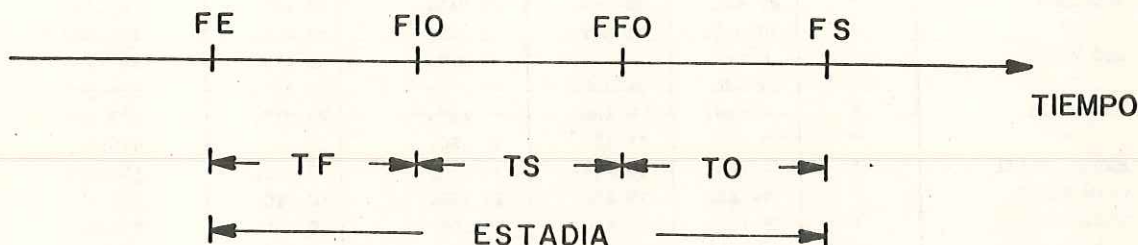
De estos valores dados en la tabla se pueden inferir los siguientes tiempos:

TF = Tiempo en la fila = $FIO - FE$,

TS = Tiempo en el servicio = $FFO - FIO$,

TO = Tiempo ocioso o en reparación = $FS - FFO$,

ESTADIA = Tiempo total = $FS - FE$.



Si la tabla 4.2 se clasifica cronológicamente y se calculan las variables antes mencionadas, se obtendría la tabla 4.3. Al estar clasificados los arribos en el tiempo podemos calcular el tiempo entre arribos sucesivos.

La figura 4.4 representa la distribución en frecuencia del tiempo entre arribos sucesivos (la tercera columna de la tabla 4.3). Se puede observar de la figura que tiene un rasgo de una curva exponencial negativa. Si el número de puntos o de información fuera mayor, lo más seguro es que este rasgo fuera más marcado.

TABLA 4.3

EMBARCACION Y BANDERA	FECHA ARRIBO	TIEMPO EN DIAS				
		ENTRE ARRIBOS	EN COLA	DE SERVICIO	OCIOSO	ESTADIA
1.- BOLD PHOENICIAN E	7 ENERO	7	1	3	0	4
2.- SOUTH-WIND E	14 ENERO	0	1	3	0	4
3.- GOLD-COAST E	14 ENERO	6	1	4	0	5
4.- COOPEATUN 1 E	20 ENERO	2	1	2	1	4
5.- BOLD-FLEET E	22 ENERO	8	1	4	0	5
6.- JUAN RODRIGUEZ M	30 ENERO	3	1	2	6	8
7.- MARANATHA M	2 FEBRE	17	7	0	10	17
8.- CAROLINA E	19 FEBRE	8	0	4	1	5
9.- ESPERANZA E	27 FEBRE	10	1	2	1	3
10.- CARIBE E	9 MARZO	0	0	4	0	4
11.- CARTADEDECES M	9 MARZO	1	0	5	8	13
12.- TORO-BRAVO E	10 MARZO	4	3	5	1	9
13.- ALBATUN M	14 MARZO	9	0	4	2	6
14.- SOUTH-SEAS E	23 MARZO	0	1	4	0	5
15.- EL INDOMABLE M	23 MARZO	4	0	4	6	10
16.- VENCEDOR M	27 MARZO	10	1	0	21	22
17.- QUO-VADIS M	6 ABRIL	3	0	2	8	10
18.- ESTADO - 29 M	9 ABRIL	5	0	2	42	44
19.- CUAUTHEMOC M	14 ABRIL	0	2	4	122	128
20.- MARIA-AMALIA M	14 ABRIL	9	2	3	13	18
21.- GOLD-COAST E	23 ABRIL	5	0	3	0	3
22.- TODOS-SANTOS M	28 ABRIL	0	0	2	0	2
23.- ANGELA E	28 ABRIL	7	1	4	0	5
24.- BOLD-FLEET E	5 MAYO	1	1	3	1	5
25.- SOUTH-WIND E	6 MAYO	4	1	3	0	4
26.- BOLD-PHOENICIAN E	10 MAYO	1	0	2	1	3
27.- MANICONGO E	11 MAYO	0	1	2	0	3
28.- CONQUISTADOR M	11 MAYO	9	3	4	4	10
29.- LAZARO CARDENAS M	20 MAYO	3	1	3	4	8
30.- GAVILAN M	23 MAYO	5	1	0	17	18
31.- VIDA E	28 MAYO	0	1	0	1	2
32.- VIRGILIO URIBE M	28 MAYO	0	2	1	20	23
33.- BAJA CALIFORNIA M	28 MAYO	2	1	1	25	27
34.- VENCEDOR M	30 MAYO	22	1	2	12	15
35.- ENSENADA M	21 JUNIO	5	1	1	17	19
36.- JUAN RODRIGUEZ M	26 JUNIO	1	1	2	3	6
37.- INDOMABLE M	27 JUNIO	5	2	0	28	30
38.- DELFIN-AZUL M	2 JULIO	2	1	0	43	44
39.- TODOS SANTOS M	4 JULIO	0	2	0	3	5
40.- CARTADEDECES M	4 JULIO	0	1	4	6	11
41.- GRAL. ZAPATA M	4 JULIO	4	0	3	24	27
42.- TORO BRAVO E	8 JULIO	1	1	3	0	4
43.- CARIBE E	9 JULIO	1	1	2	0	3
44.- CONQUISTADOR M	10 JULIO	3	1	1	4	6
45.- BOLD-FLEET E	13 JULIO	0	1	2	0	3
46.- QUO-VADIS M	13 JULIO	5	3	3	28	34
47.- GAVILAN M	18 JULIO	12	2	0	26	28
48.- SOUTH-SEAS E	30 JULIO	1	1	1	0	2
49.- MARANATHA M	31 JULIO	2	1	0	11	12
50.- VIRGILIO URIBE M	2 AGOST	4	1	1	17	19
51.- SAN JUAN M	6 AGOST	4	1	0	15	16
52.- ESTADO-29 M	10 AGOST		1	4	7	12
PROMEDIO NACIONAL (DIAS)					14.33	17.33
PROMEDIO EXTRANJERO (DIAS)					0.33	4.04
PROMEDIO (DIAS)		4.18	1.14	2.27	8.57	11.86

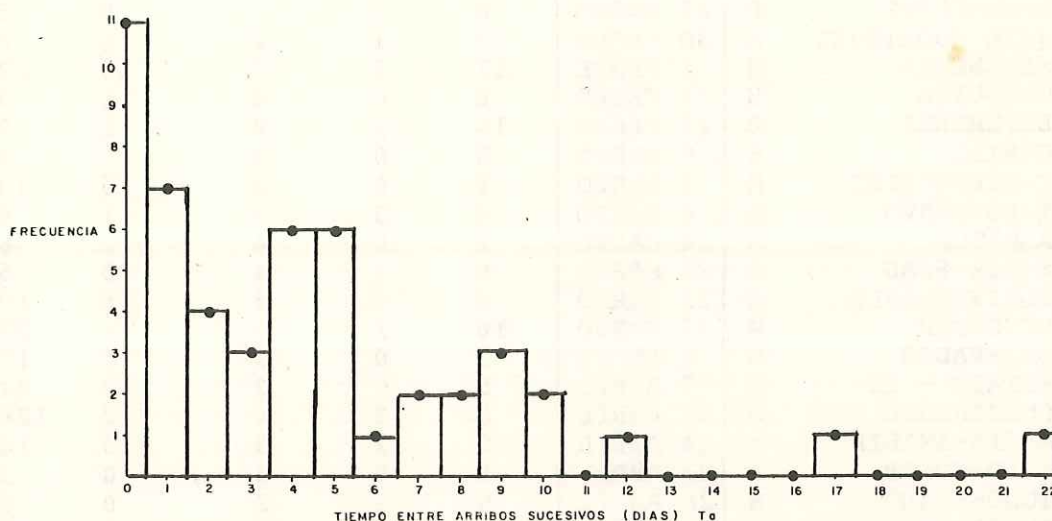


Figura 4.4 Distribución en frecuencia del tiempo entre arribos sucesivos de los barcos atuneros que llegaron al puerto de Ensenada, Baja California a descargar del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto de 1979.

Cabe hacer una observación sobre esta tabla 4.3. La penúltima columna de esta tabla, definida como el tiempo ocioso o de reparación (FS-FFO), vemos que tiene una cierta dependencia de la bandera de la embarción, siendo este tiempo mayor para las embarcaciones nacionales que para las extranjeras. Este tiempo de la embarción en el puerto llámesele: ocioso, de reparación, distracción de la tripulación, servicio final o avituallamiento, repercute en la estadía de los barcos atuneros en puerto.

Si se grafica la estadía por barco en el puerto en función del tiempo se obtiene la parte superior de la figura 4.5. De esta figura se puede observar que el tiempo de estadía de barcos atuneros en puerto se puede diferenciar en dos grupos:

-Nacionales

-Extranjeros

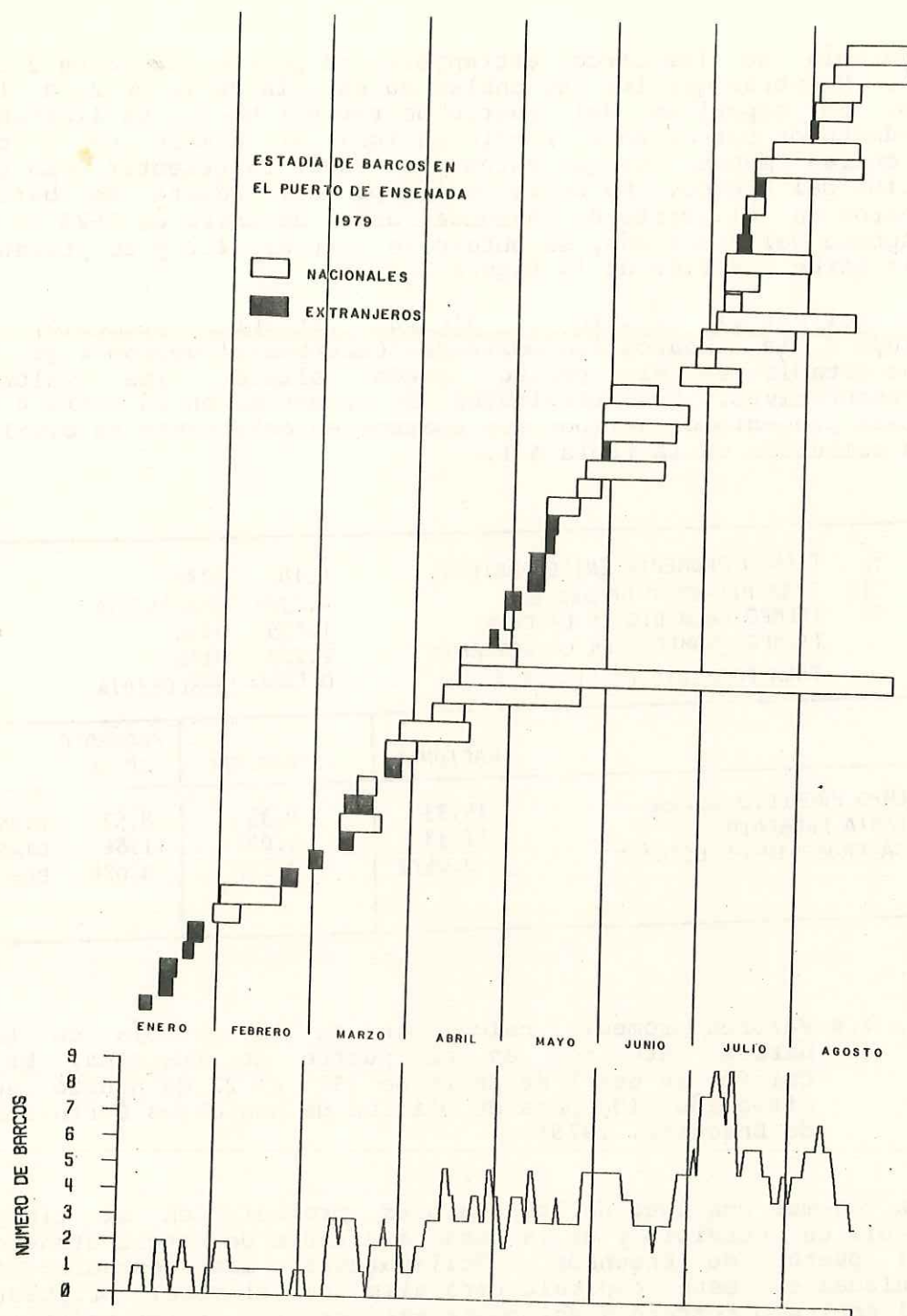


Figura 4.5 Estadía (parte superior) y número de barcos atuneros en el puerto de Ensenada (parte inferior), Baja California, del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto del mismo año.

La estadía de los barcos extranjeros en puerto oscila de 2 a 9 días. Mientras que los nacionales su estadía varía de 2 a 128 días. La capacidad del puerto de retener barcos es limitada. El número de barcos en el puerto es igual al número de barcos que entran menos los que salen y se puede representar como una función del tiempo. La serie de tiempo del número de barcos atuneros en el puerto de Ensenada, del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto del mismo año, se obtuvo de la tabla 4.2 y se presenta en la parte inferior de la figura 4.4.

Para realizar el cálculo de algunas variables promedio, se excluyo a la embarcación mexicana 'Cuauhtémoc' debido a que su larga estadía en el puerto puede alterar los valores representativos. Los resultados se presentan en la tabla 4.4. La tasa promedio de arribos que aparece en esta tabla es similar a la calculada en la tabla 4.1.

Ta λ Tc	TIEMPO PROMEDIO ENTRE ARRIBOS	4.18	DIAS
	TASA PROMEDIO DE ARRIBOS	0.2394	BARCOS/DIA
	TIEMPO PROMEDIO EN LA COLA	1.135	DIAS
	TIEMPO PROMEDIO EN LA DESCARGA	2.269	DIAS
	TASA PROMEDIO DE DESCARGA	0.4406	BARCOS/DIA

	NACIONAL	EXTRANJERO	PROMEDIO TOTAL	
TIEMPO PROMEDIO OCIOSO	14.33	0.33	8.57	DIAS
ESTADIA PROMEDIO	17.33	4.047	11.86	DIAS
TASA PROMEDIO DE ESTADIA	0.0577	0.247	0.084	BARCOS/DIA

Tabla 4.4 Valores promedio calculados en la estadía de los barcos atuneros en el puerto de Ensenada, Baja California del 1 de Enero de 1979 al 22 de Agosto del mismo año (Después de Oficina de Maniobras Portuarias de Ensenada, 1979).

Ahora tenemos una idea de los valores promedio en el tiempo promedio de servicio y de la tasa de arribos de barcos atuneros en el puerto de Ensenada. Utilizaremos las estadísticas calculadas en este capítulo para alimentar el modelo propuesto en el capítulo tercero y así poder estimar las características de operación, que nos permiten evaluar como se comportará el sistema de líneas de espera.

5 APLICACION DEL MODELO Y RESULTADOS

Cuando un muelle (amarradero) se especializa para sólo un tipo de tráfico (barcos atuneros) debe ser considerado como una entidad independiente, aun si éste forma parte de un gran puerto (Mettan J.D., 1967).

En este capítulo se enmarca el modelo propuesto con las estadísticas de la flota atunera en el puerto de Ensenada obtenidas en el capítulo anterior. Como se mencionó, la compañía de servicios portuarios cuenta actualmente con 4 gruas para la descarga del atún por lo tanto el valor inicial del número de unidades de servicio S será:

$$S = 4$$

El número de unidades de servicio puede incrementarse hasta que las limitaciones de muelles apropiados para las maniobras de descarga lo permita.

La tasa promedio de arribos λ se puede evaluar desde su mínimo valor obtenido de 0.23 barcos/día, hasta un valor esperado en los próximos años. Con las expectativas presentadas en el segundo capítulo de este trabajo, sobre el incremento de la flota atunera nacional y de las embarcaciones extranjeras que descargaran su atún en Ensenada, es muy probable que esta tasa de arribos se triplique en los próximos 2 o 3 años. Supongamos que esta tasa promedio de arribos λ llegue a tomar un valor de 0.75 barcos cada día en un par de años. Cuando un barco arriba a puerto y no hay unidades de servicio disponibles, el barco tiene que esperar a que se habilite alguna, integrándose a una fila de barcos. Actualmente no existen líneas de espera de barcos en el puerto de Ensenada (Noval B., 1980).

Definir el tiempo promedio de servicio " T_s " es más ambiguo, ya que se le puede asignar el valor de:

-Tiempo de descarga

-Estadía de barcos en puerto

+ Descarga,

+ Reparaciones,

+ Avituallamiento,

+ Otros,

El tiempo promedio de servicio " T_s " se evaluará desde un valor mínimo aproximado al tiempo promedio de descarga, hasta un valor máximo equivalente a la estadía promedio de barcos atuneros nacionales en el puerto de Ensenada (ver tabla 4.4).

El caso óptimo para la flota sería que el tiempo de estadía en puerto fuera el mínimo, que éste se aproximara al tiempo de descarga lo más posible. Tiempo es sinónimo de costo y entre menores sean los tiempos de los barcos en puerto, menores serán los costos.

Todas las figuras que se presentan de aquí en adelante se deben interpretar como nomogramas, puesto que representan las características de operación del modelo propuesto con datos obtenidos de las estadísticas del puerto de Ensenada. Por esta razón se les dibujaron líneas intermitentes para que la lectura de las características de operación sea más fácil. También recuerde que en cada punto de estas gráficas, el sistema puerto se encuentra en un estado estacionario, sin memoria, donde existen " S " idénticas unidades de servicio y tanto el tiempo de servicio " t_s " como el tiempo entre arribos sucesivos " t_a " son variables aleatorias continuas con una distribución exponencial cuyos valores promedio son " T_s " y " T_a " respectivamente.

Se definieron dos grupos de figuras (nomogramas) debido a la forma en que se presentan. Para el primer grupo de figuras 5.1, considere el sistema puerto que posee " S " unidades de servicio, el tiempo promedio de servicio " T_s " (variable independiente) varía de:

$$3 \text{ días} < T_s < 17 \text{ días}$$

y la tasa promedio de arribos λ se incrementa desde su valor en 1979 (.25 barcos/día), en forma discontinua hasta una tasa tres veces mayor (.75), en pasos de .1 barco/día.

Sean entonces para el grupo de nomogramas 5.1:

$$S = \text{número de unidades de servicio}$$

$$3 \text{ días} < T_s < 17 \text{ días}$$

$$.25 \text{ barcos/día} < \lambda < .75 \text{ barcos/día}$$

En función de estas condiciones se evalúan tres características de operación del puerto (variables dependientes):

- 1.- La probabilidad de que al llegar un barco a puerto encuentre todas las unidades de servicio ocupadas y por lo tanto tenga que esperar. Conocida también como la probabilidad de retraso $P(N > S)$.

2.- Número de barcos promedio en el puerto N.

3.- Tiempo promedio de espera de los barcos para que se habilite una unidad de servicio o tiempo promedio en la cola "Tc".

Cuando el número de unidades de servicio "S" son 4 las características de operación del puerto serían según el sub-grupo de figuras 5.1.1.

Figura 5.1.1.1 Probabilidad de retraso $P(N>S)$.

Figura 5.1.1.2 Tiempo promedio en la fila "Tc".

Figura 5.1.1.3 Número promedio de barcos en puerto N.

La tabla 5.1 es una guía para la serie de figuras del grupo 5.1.

Condiciones comunes para todo el grupo 5.1:				
3 < Ts < 17 días				
.25 < λ < .75 barcos/día				
Número de unidades de servicio S				
	4	5	6	7
Probabilidad de retraso $P(N>S)$	5.1.1.1	5.1.2.1	5.1.3.1	5.1.4.1
Tiempo en la cola (días) Tc	5.1.1.2	5.1.2.2	5.1.3.2	5.1.4.2
Número de barcos en el puerto N	5.1.1.3	5.1.2.3	5.1.3.3	5.1.4.3

Tabla 5.1 Guía para la interpretación del grupo de nomogramas de la serie 5.1.

Recuerde que cuando se mencionen barcos y puerto, se hace referencia a los barcos atuneros y al puerto de Ensenada, Baja California. Sea entonces para el grupo de nomogramas 5.1.1:

$S = 4$ unidades de servicio

$3 < T_s < 17$ tiempo promedio de servicio (días/barco/unidad)

$.25 < \lambda < .75$ tasa promedio de arribos (barcos/día)

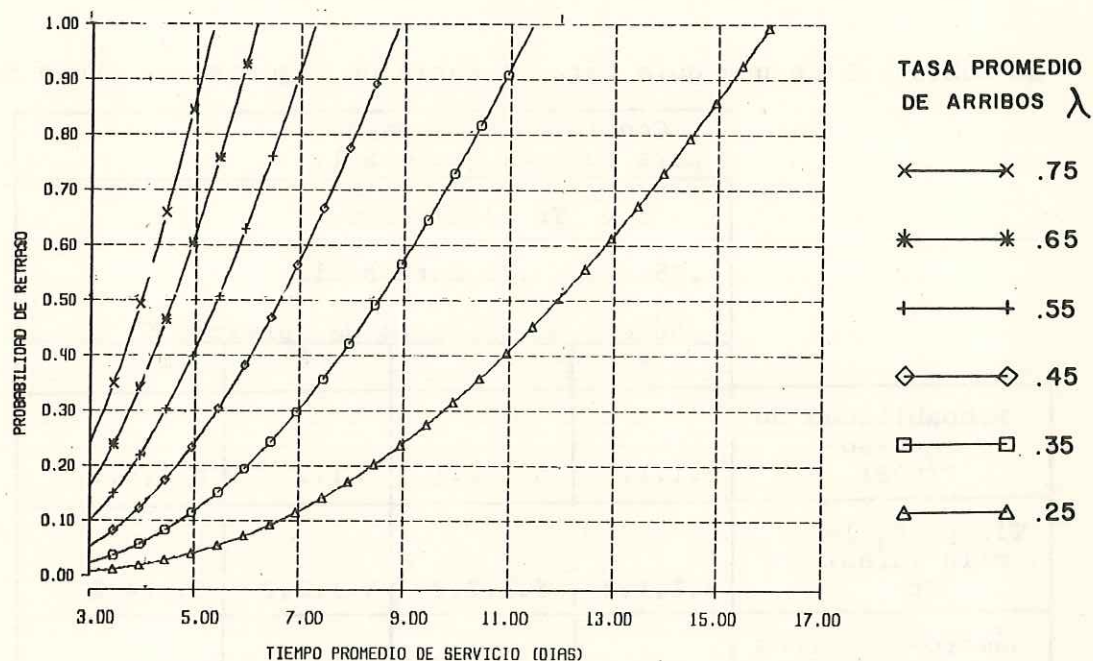


Figura 5.1.1.1 Probabilidad de que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el número de unidades de servicio "S" son 4. El tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

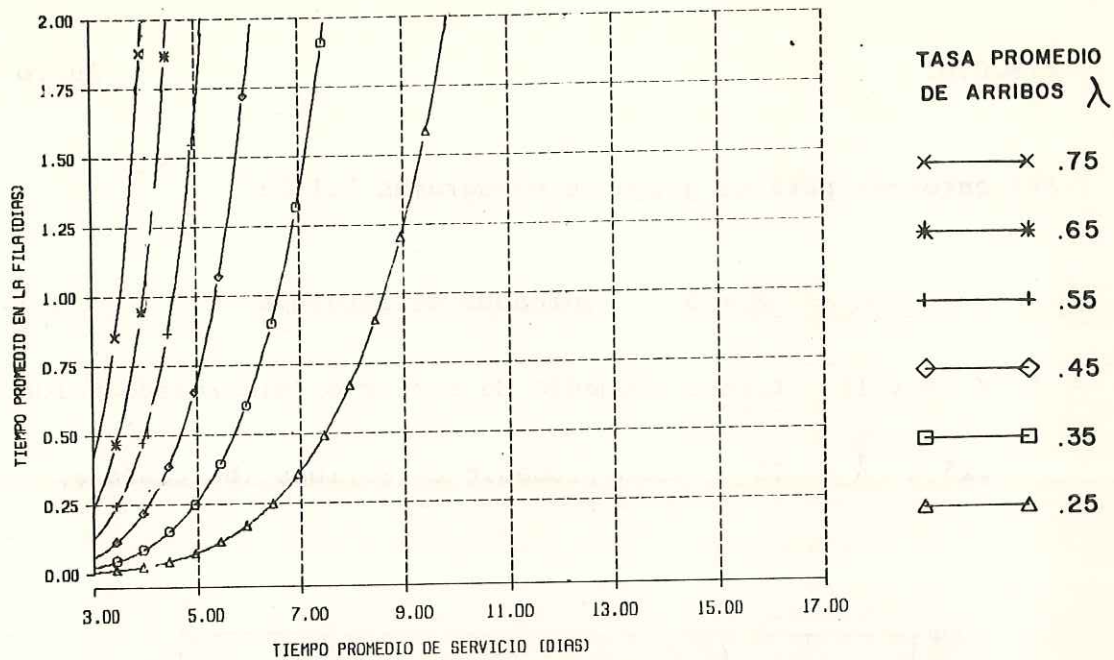


Figura 5.1.1.2 Tiempo promedio en la cola " T_c " cuando el número de unidades de servicio " S " son 4, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

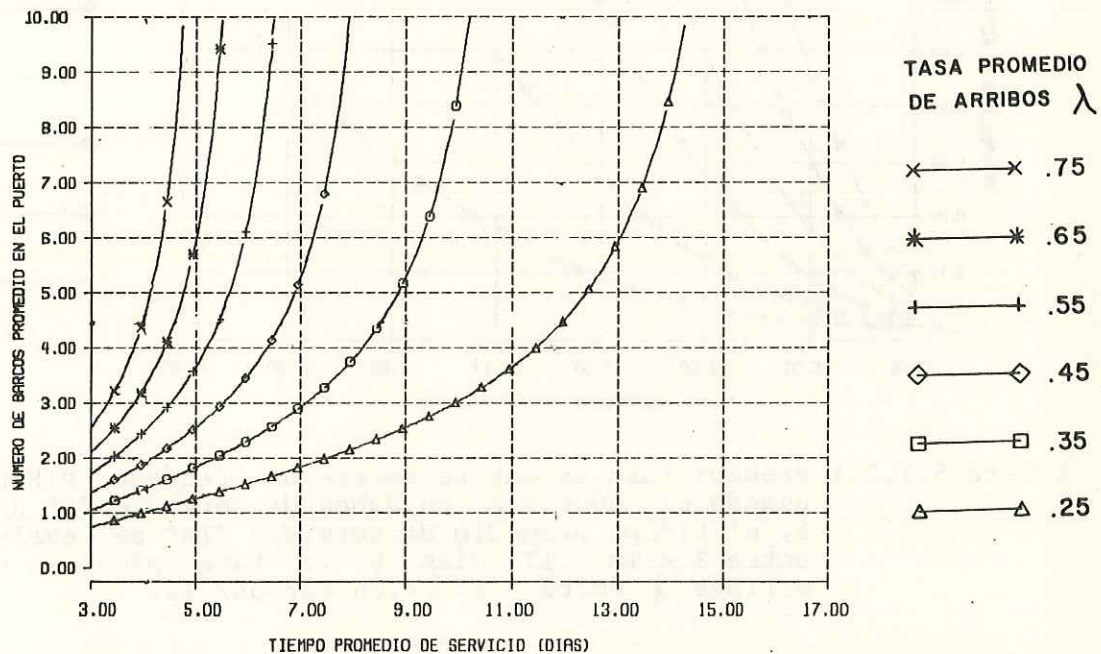


Figura 5.1.1.3 Número promedio de barcos en el puerto N , cuando el número de unidades de servicio " S " son 4, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

Sea entonces para el grupo de nomogramas 5.1.2:

$S = 5$ unidades de servicio

$3 < T_s < 17$ tiempo promedio de servicio (días/barco/unidad)

$.25 < \lambda < .75$ tasa promedio de arribos (barcos/día)

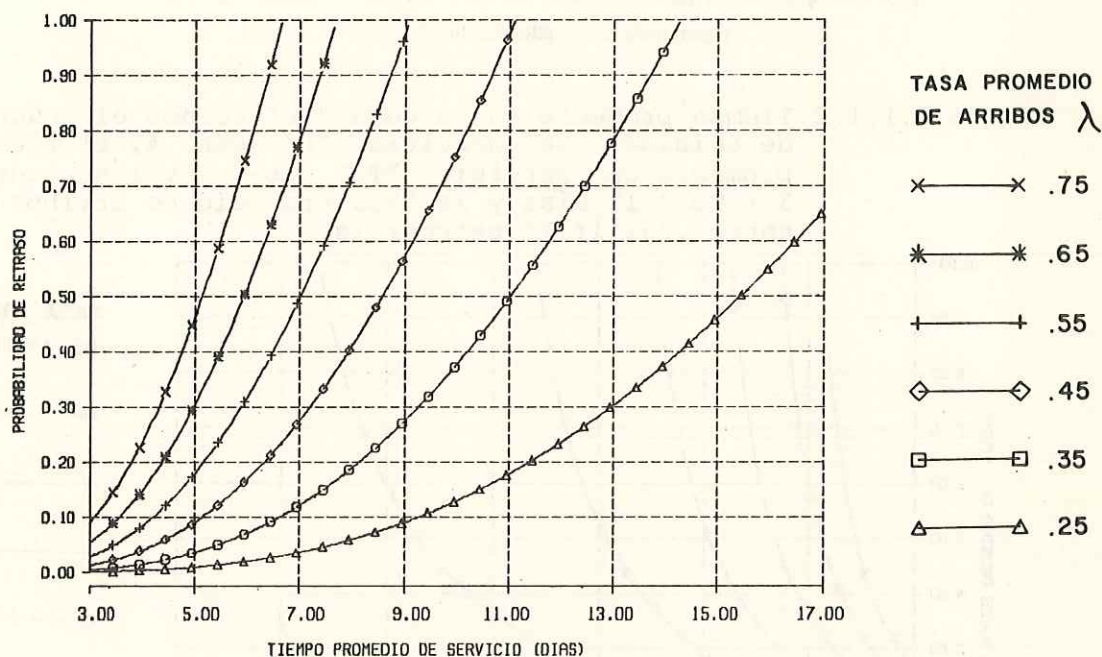


Figura 5.1.2.1 Probabilidad de que se genere un retraso $P(N > S)$ cuando el número de unidades de servicio "S" son 5, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

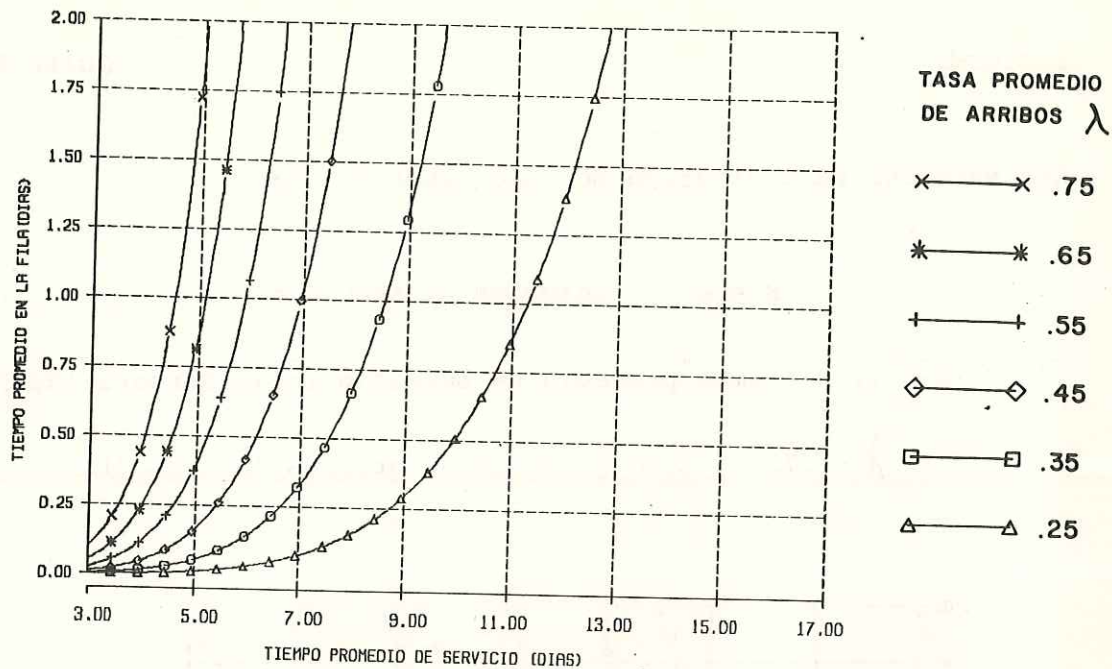


Figura 5.1.2.2 Tiempo promedio en la cola " T_c " cuando el número de unidades de servicio " S " son 5, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

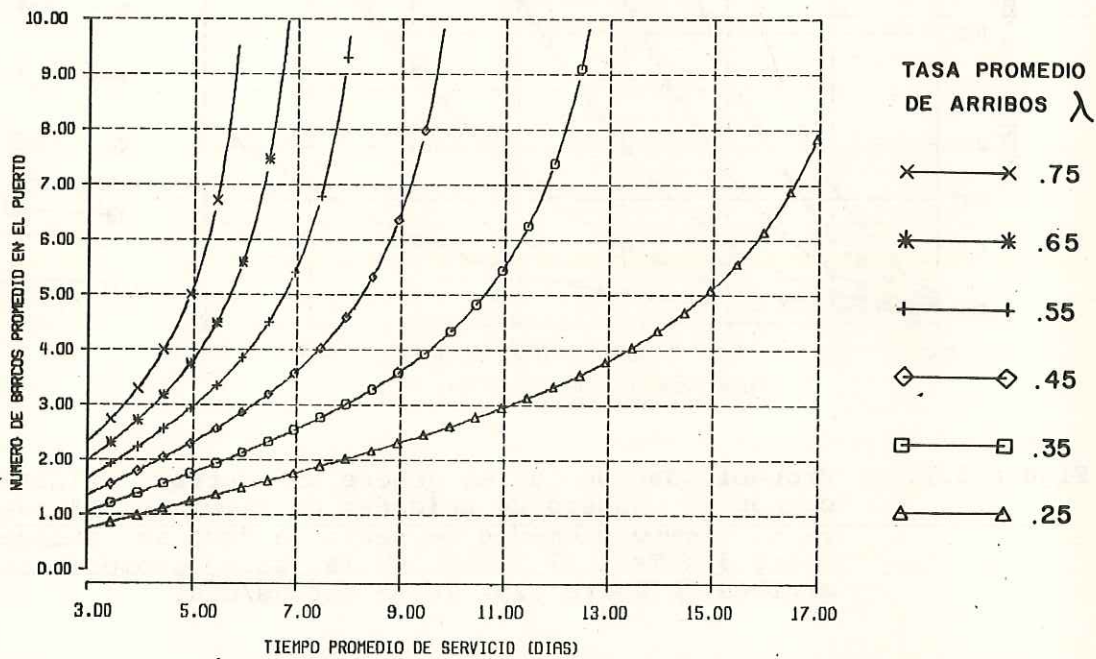


Figura 5.1.2.3 Número promedio de barcos en el puerto N , cuando el número de unidades de servicio " S " son 5, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

Sea entonces para el grupo de nomogramas 5.1.3:

$S = 6$ unidades de servicio

$3 < T_s < 17$ tiempo promedio de servicio (días/barco/unidad)

$.25 < \lambda < .75$ tasa promedio de arribos (barcos/día)

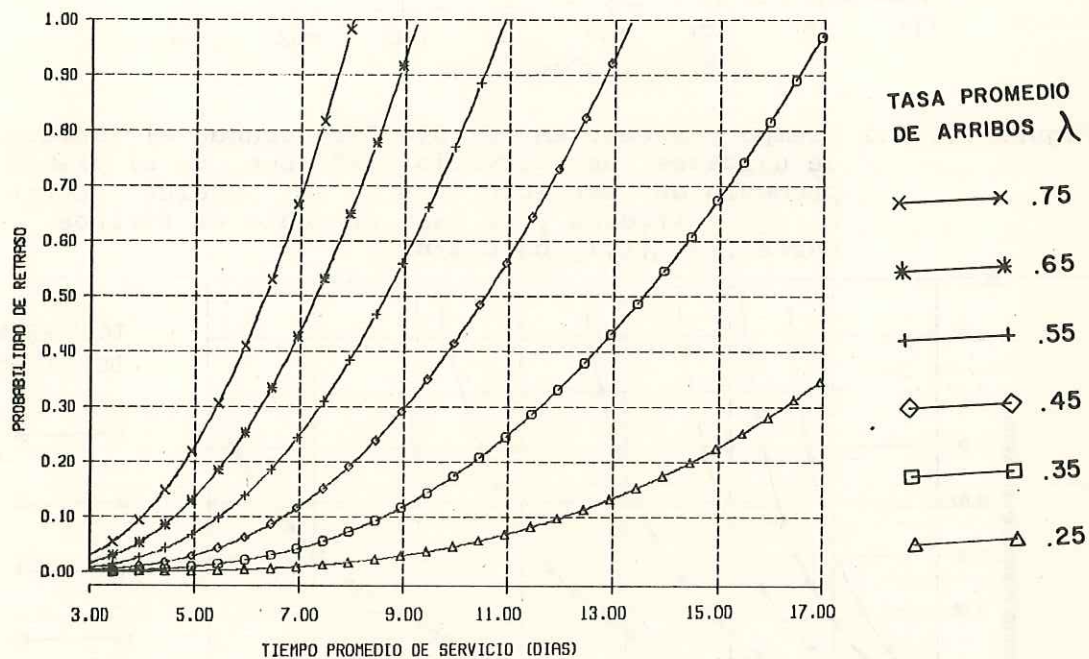


Figura 5.1.3.1 Probabilidad de que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el número de unidades de servicio "S" son 6, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

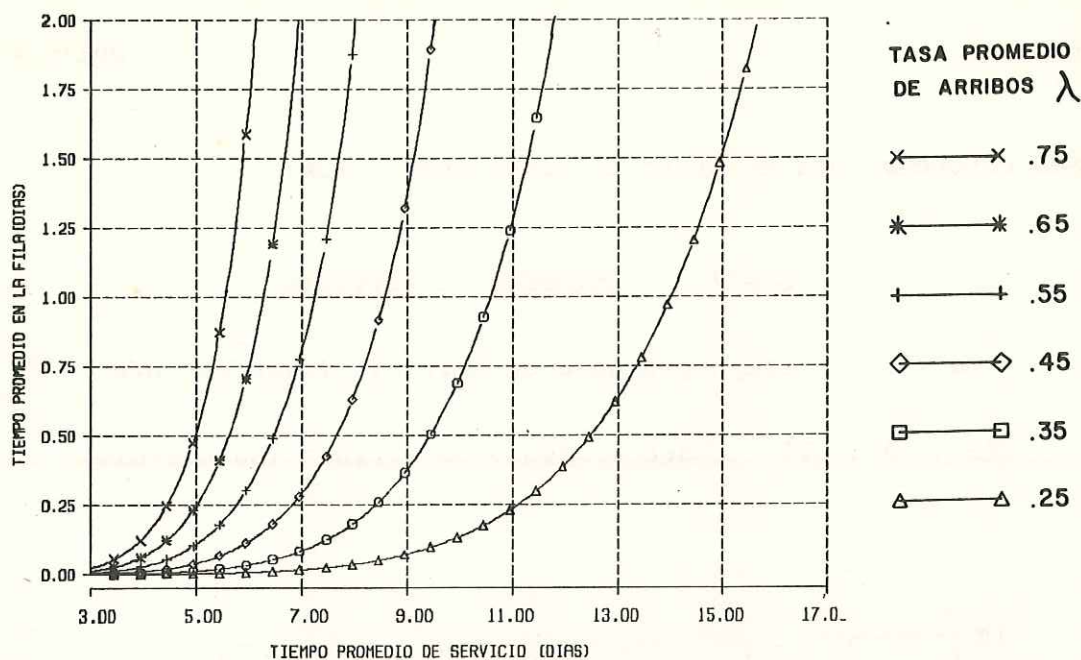


Figura 5.1.3.2 Tiempo promedio en la cola " T_c " cuando el número de unidades de servicio " S " son 6, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

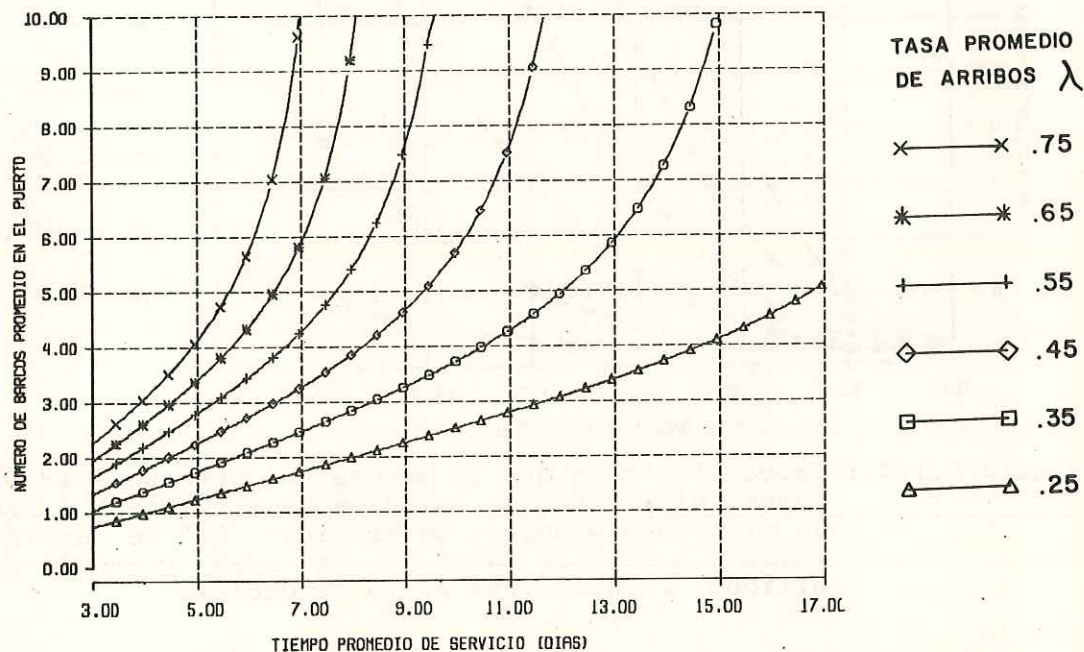


Figura 5.1.3.3 Número promedio de barcos en el puerto N , cuando el número de unidades de servicio " S " son 6, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

Sea entonces para el grupo de nomogramas 5.1.4:

$S = 7$ unidades de servicio

$3 < T_s < 17$ tiempo promedio de servicio (días/barco/unidad)

$.25 < \lambda < .75$ tasa promedio de arribos (barcos/día)

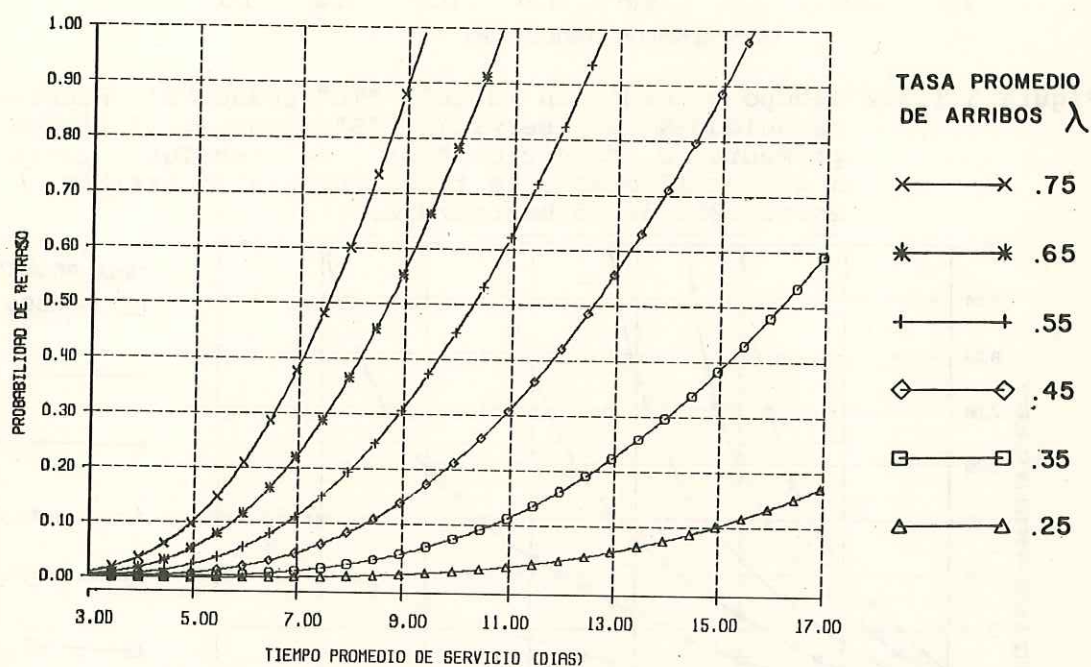


Figura 5.1.4.1 Probabilidad de que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el número de unidades de servicio "S" son 7, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

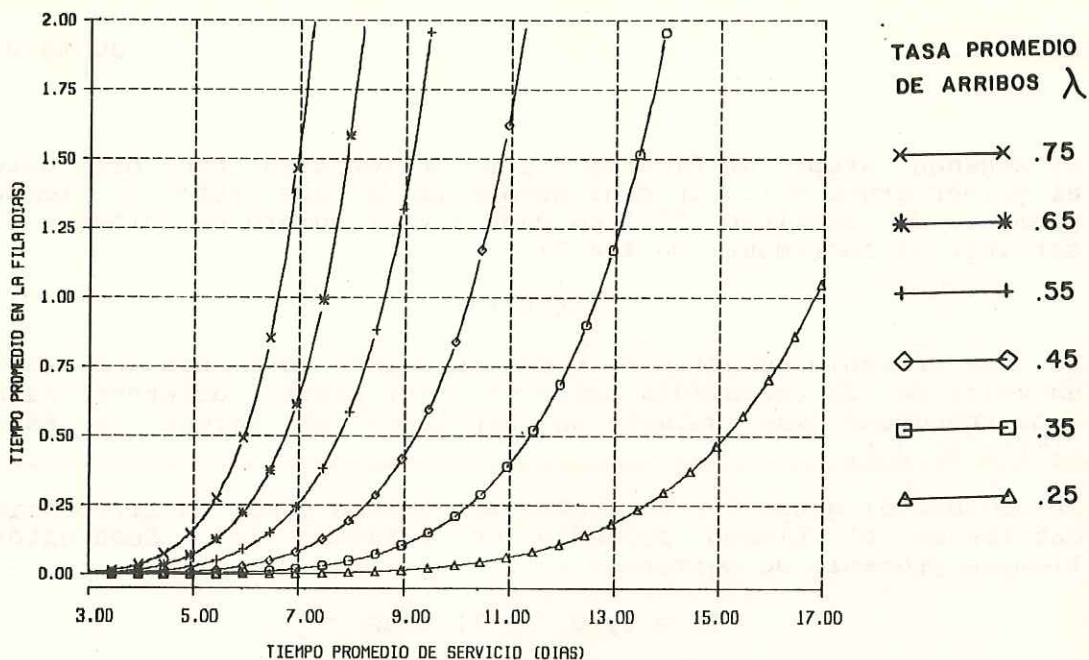


Figura 5.1.4.2 Tiempo promedio en la cola " T_c " cuando el número de unidades de servicio " S " son 7, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

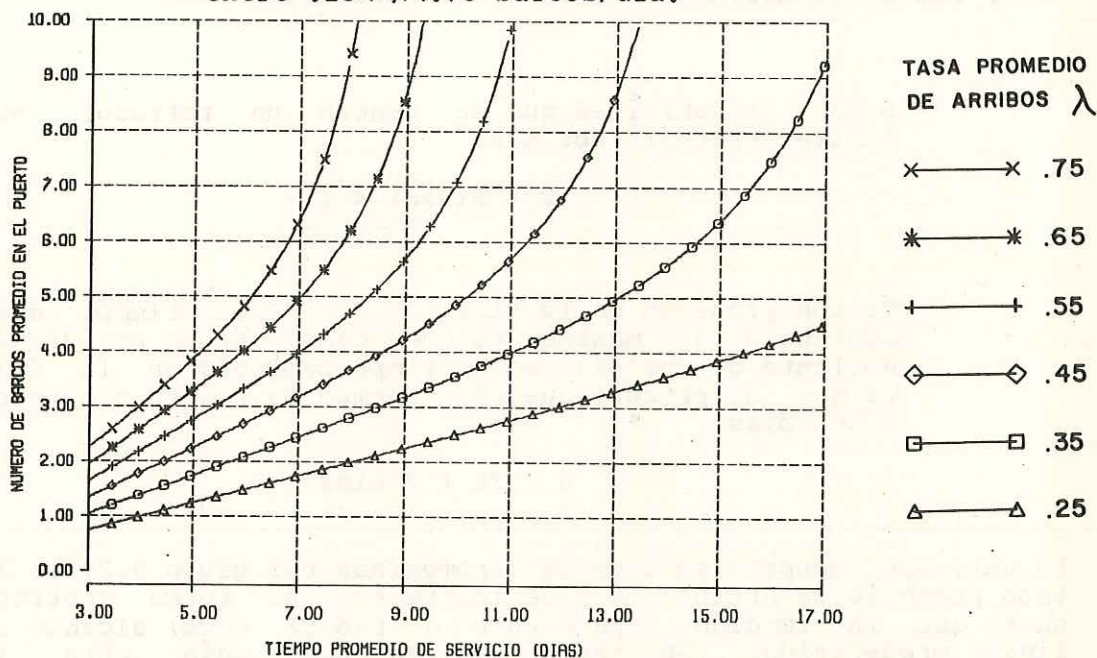


Figura 5.1.4.3 Número promedio de barcos en el puerto N , cuando el número de unidades de servicio " S " son 7, el tiempo promedio de servicio " T_s " se evalúa entre $3 < T_s < 17$ días y la tasa promedio de arribos λ entre $.25 < \lambda < .75$ barcos/día.

El segundo grupo de figuras 5.2 se presenta en forma diferente al primer grupo 5.1. En cada nomograma de este grupo el tiempo promedio de servicio "Ts" no cambia y el número de unidades de servicio se incrementa de 4 a 7:

$$4 < S < 7$$

La tasa promedio de arribos λ se incrementa continuamente desde un valor de .25 barcos/día hasta un valor límite, diferente para cada nomograma (más adelante se explicara el porqué de este límite en λ).

Se dividió el grupo 5.2 en cuatro sub-grupos donde la diferencia estriba en el tiempo promedio de servicio "Ts". Sean estos tiempos promedio de servicio:

$$Ts = 4, 6, 8, 11 \text{ días}$$

A diferencia del grupo 5.1, en cada nomograma del grupo 5.2 el tiempo promedio de servicio "Ts" permanece constante, la tasa promedio de arribos λ se incrementa en forma continua y el número de unidades de servicio cambia de 4 a 7. En cada sub-grupo se evalúan dos características de operación hasta un valor límite predefinido. Sean estas características:

- $P(N>S)$ Probabilidad que se genere un retraso. Sus límites predefinidos son:

$$0 < P(N>S) < 1$$

- Tiempo promedio en la fila "Tc". Este tiempo está acotado a un máximo de dos días. No se evalúa más adelante de dos días como tiempo promedio en la fila ya que se procura que este tiempo de espera sea menor a dos días.

$$0 < Tc < 2 \text{ días}$$

La variable independiente en cada nomograma del grupo 5.2, es la tasa promedio de arribos λ y se incrementa en forma continua hasta que la función dependiente ($P(N>S)$ o Tc) alcance su límite predefinido. La tabla 5.2 es una guía para la interpretación del grupo de figuras de la serie 5.2.

Condiciones comunes para todo el grupo de figuras 5.2.				
$4 < S < 7$ unidades de servicio $.25 < \lambda < \lambda \text{ límite}$ tasa promedio de arribos barcos/día Tiempo promedio de servicio "Ts" en días				
	11	8	6	4
Probabilidad de retraso $0 < P(N > S) < 1$	5.2.1.1	5.2.2.1	5.2.3.1	5.2.4.1
Tiempo en la cola(días) $0 < T_c < 2$	5.2.1.2	5.2.2.2	5.2.3.2	5.2.4.2

Tabla 5.2 Guía para la interpretación del grupo de figuras (nomogramas) 5.2.

En la figura 5.2.1.2 la isolínea de cuatro unidades de servicio no aparece, debido a que el tiempo de espera "Tc" es mayor de 2 días. El tiempo promedio de servicio "Ts" de 11 días es demasiado lento para manejar con cuatro unidades de servicio "S", el flujo de llegadas de barcos con una tasa promedio de arribos λ .

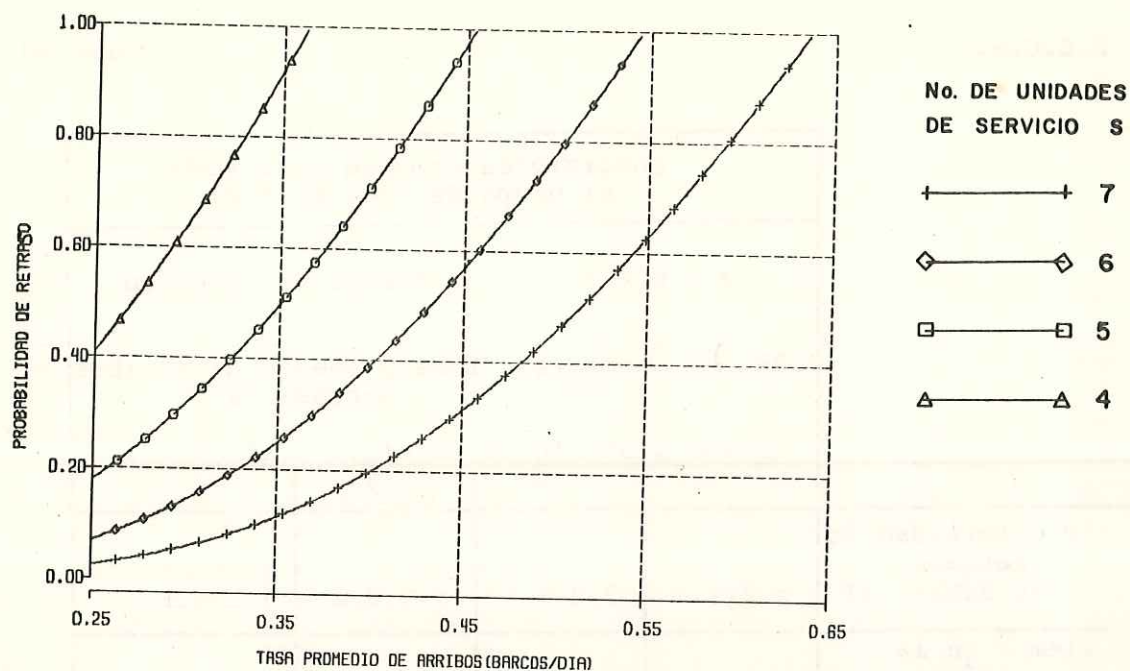


Figura 5.2.1.1 Probabilidad que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el tiempo promedio de servicio " T_s " es 11 días, el número de unidades de servicio " S " son $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ se evalúa entre $.25 < \lambda < .65$ barcos/día.

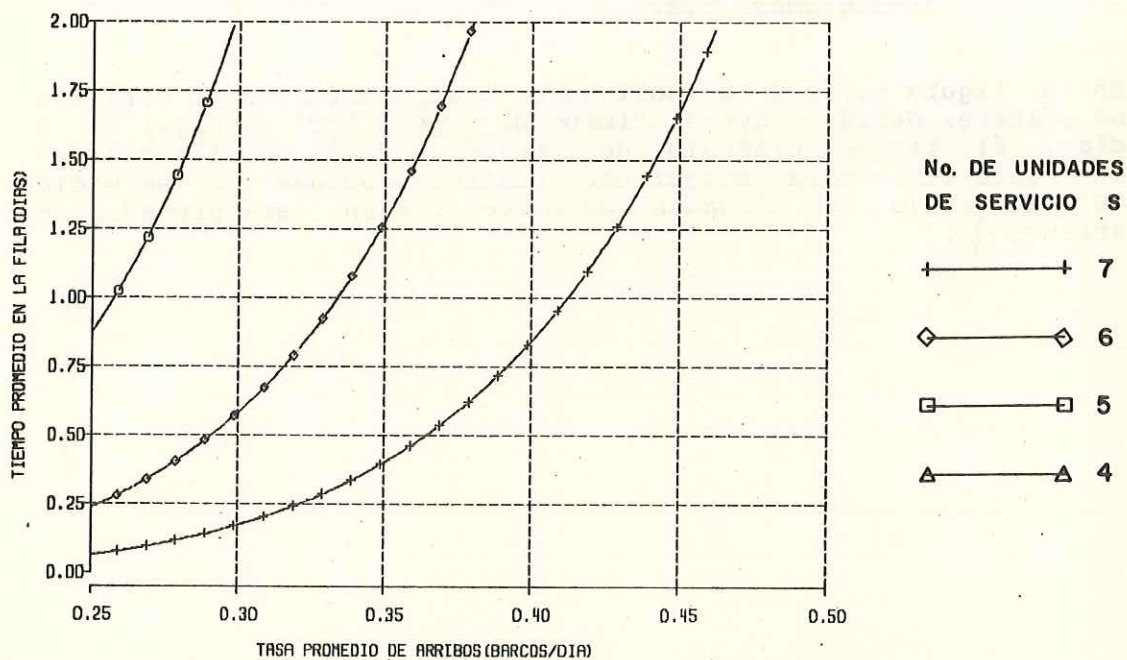
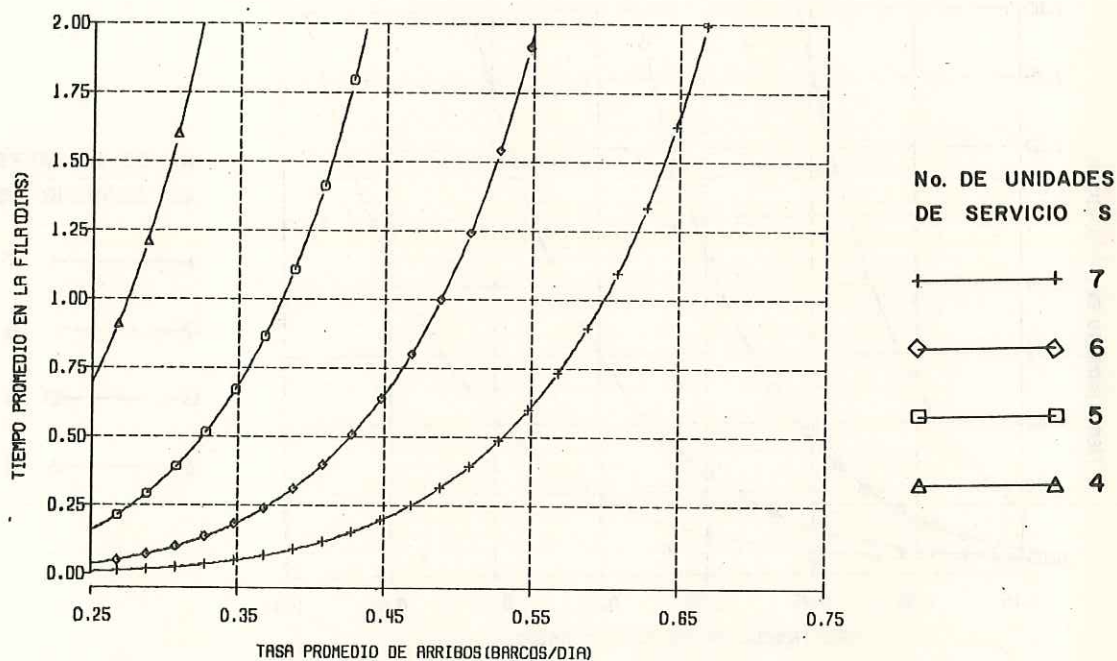
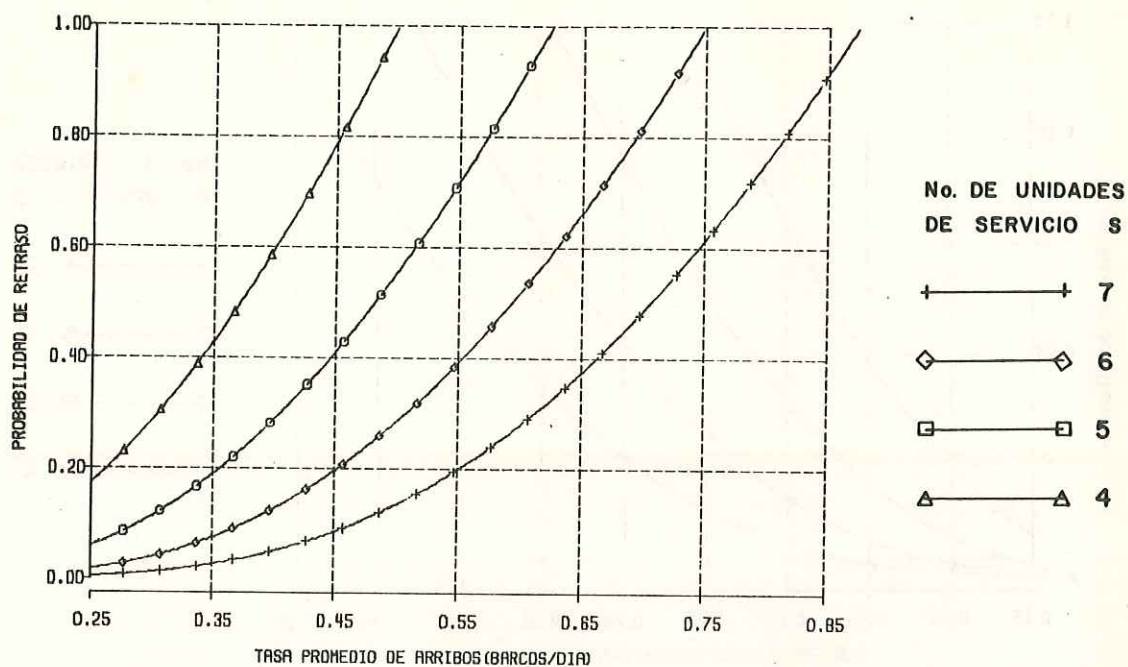


Figura 5.2.1.2 Tiempo promedio en la cola " T_c " cuando el tiempo promedio de servicio " T_s " es 11 días, el número de unidades de servicio " S " se incrementa $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ se evalúa de $.25 < \lambda < .5$ barcos/día.



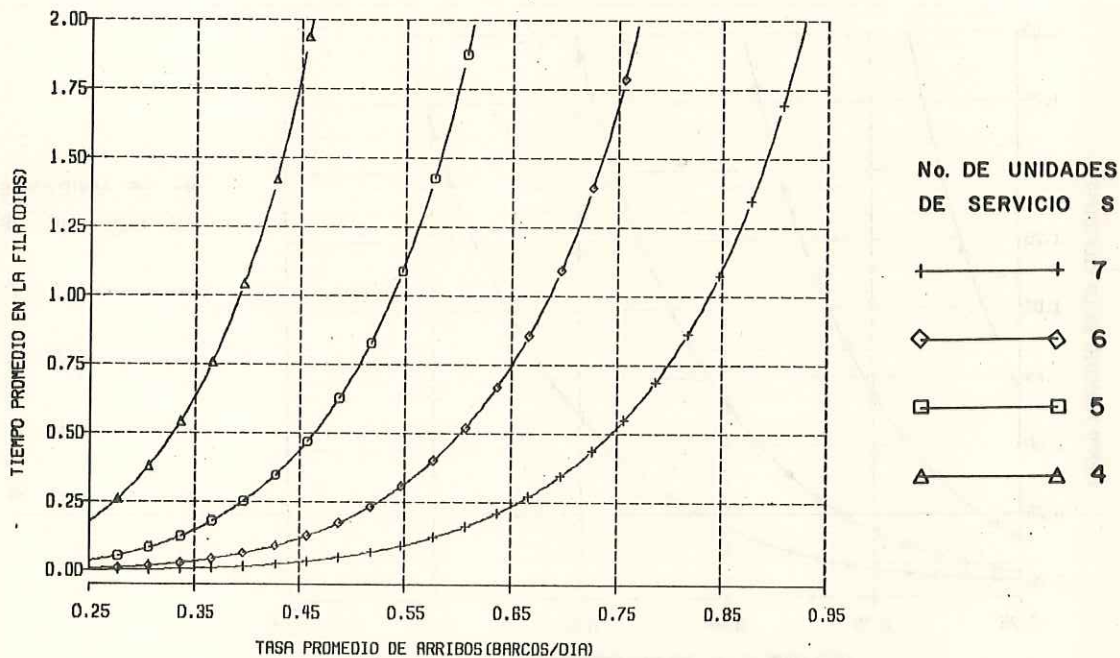
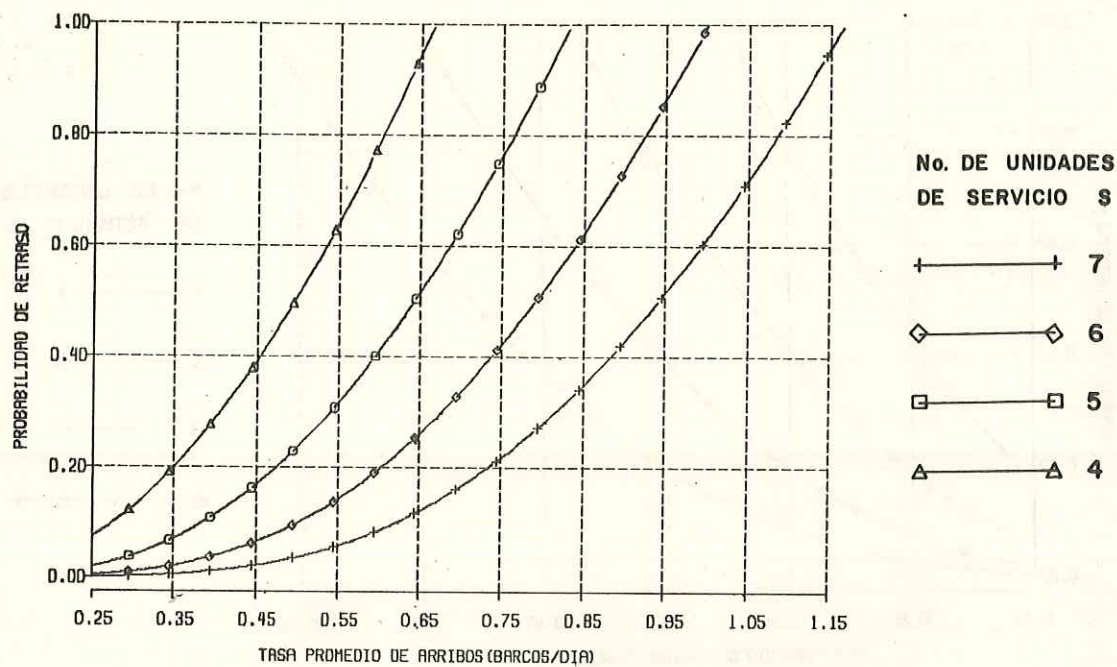


Figura 5.2.3.2 Tiempo promedio en la cola " T_c " cuando el tiempo promedio de servicio " T_s " es 6 días, el número de unidades de servicio " S " son $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ se evalúa de $.25 < \lambda < .95$ barcos/día.

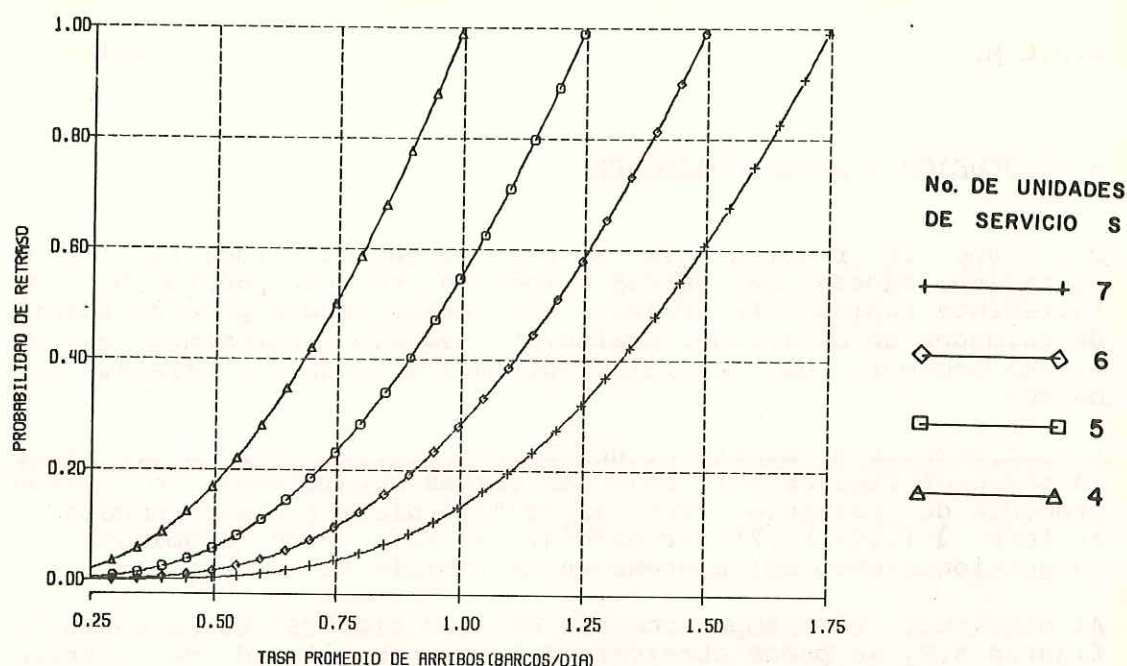


Figura 5.2.4.1 Probabilidad que se genere un retraso $P(N>S)$ cuando el tiempo promedio de servicio " T_s " es 4 días, el número de unidades de servicio " S " son $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ se evalúa entre $.25 < \lambda < 1.75$ barcos/día.

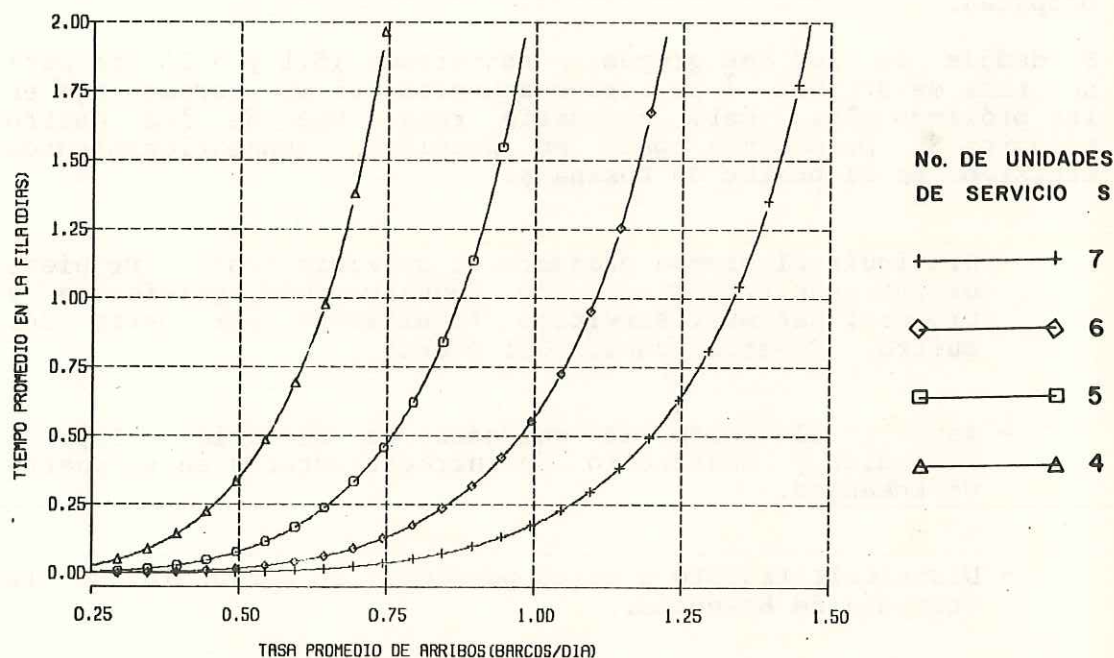


Figura 5.2.4.2 Tiempo promedio en la cola " T_c " cuando el tiempo promedio de servicio " T_s " es 4 días, el número de unidades de servicio " S " son $4 < S < 7$ y la tasa promedio de arribos λ varía de $.25 < \lambda < 1.5$ barcos/día.

6 DISCUSION Y RECONENDACIONES

Del grupo de figuras 5.1 se observa que la característica de operación, número de barcos promedio en el puerto N , se incrementa rápidamente cuando este número sobre-pasa al número de unidades de servicio y cualquier pequeño incremento en el tiempo promedio de servicio repercute saturando el sistema con barcos.

Al incrementar el número de unidades de servicio " S " a través de la serie de figuras 5.1, bajo las mismas condiciones de tiempo promedio de servicio " T_s " ($3 < T_s < 17$ días) y tasa promedio de arribos λ ($.25 < \lambda < .75$ barcos/día), se nota como disminuye el congestionamiento del sistema en la familia de curvas.

Al disminuir el tiempo promedio de servicio " T_s " en la serie de figuras 5.2, se puede observar como la probabilidad de retraso al igual que el tiempo promedio en la fila también disminuyen, permitiendo que se puedan manejar tasas de arribos λ mas altas.

Cuando la probabilidad de que se genere un retraso $P(N > S)$ es igual a 1, significa que todo barco que llegue al puerto tiene que esperar, puesto que todas las unidades de servicio están ocupadas.

Se deduce de los dos grupos de nomogramas (5.1 y 5.2) que para una tasa de arribos λ de barcos atuneros que se incrementará en los próximos años, será necesario tomar una de las cuatro soluciones propuestas para no permitir congestionamientos excesivos en el puerto de Ensenada:

- Disminuir el tiempo promedio de servicio " T_s ". Requiere de introducir sistemas de descarga más eficientes y proporcionar multiservicios simultaneos por parte del puerto. Especialización del puerto.
- Aumentar el número de unidades de servicio. Implica expansión y desarrollo de infraestructuras en el puerto de Ensenada.
- Distribuir tráfico a otros puertos. En perjuicio de la economía de Ensenada.
- Una combinación de las opciones anteriores.

Una forma para reducir la estadía de barcos en puerto sería disminuyendo el tiempo promedio de servicio "Ts" a través de un multiservicio simultáneo como:

- Descarga de capturas,
- Carga de combustible y agua,
- Sanidad, Aduana,
- Reparaciones menores,
- Avituallamiento

De todos estos multiservicios simultáneos el más tardado es la descarga. Los rendimientos de las gruas es de aproximadamente 16 ton/hora. Si el servicio de descarga trabajara las 24 horas, un barco atunero de 1500 toneladas se descargaría en 4 días.

Es recomendable asignar una área del puerto cuya función sea área de fondeo o estacionamiento exclusivamente, ya que de las estadísticas obtenidas de la estadía de barcos atuneros nacionales en el puerto de Ensenada solo el 13 % de ese tiempo se ocupa en la descarga.

Los resultados cualitativos de este trabajo se pueden deducir con un poco de sentido común sin necesidad de todo el modelo desarrollado, pero los cuantitativos nos darán una pauta en la toma de decisiones en el momento apropiado que el puerto necesite el desarrollo de más infraestructura y/o la introducción de sistemas de manejo de carga más eficiente. Es más económico expandir puertos existentes que construir nuevos (Mettan J. D., 1967).

Guckian (1970) propone un esquema en la cadena de actividades de un puerto pesquero que puede utilizarse en las etapas de diseño y planificación de dichos puertos. (ver Figura 5.3).

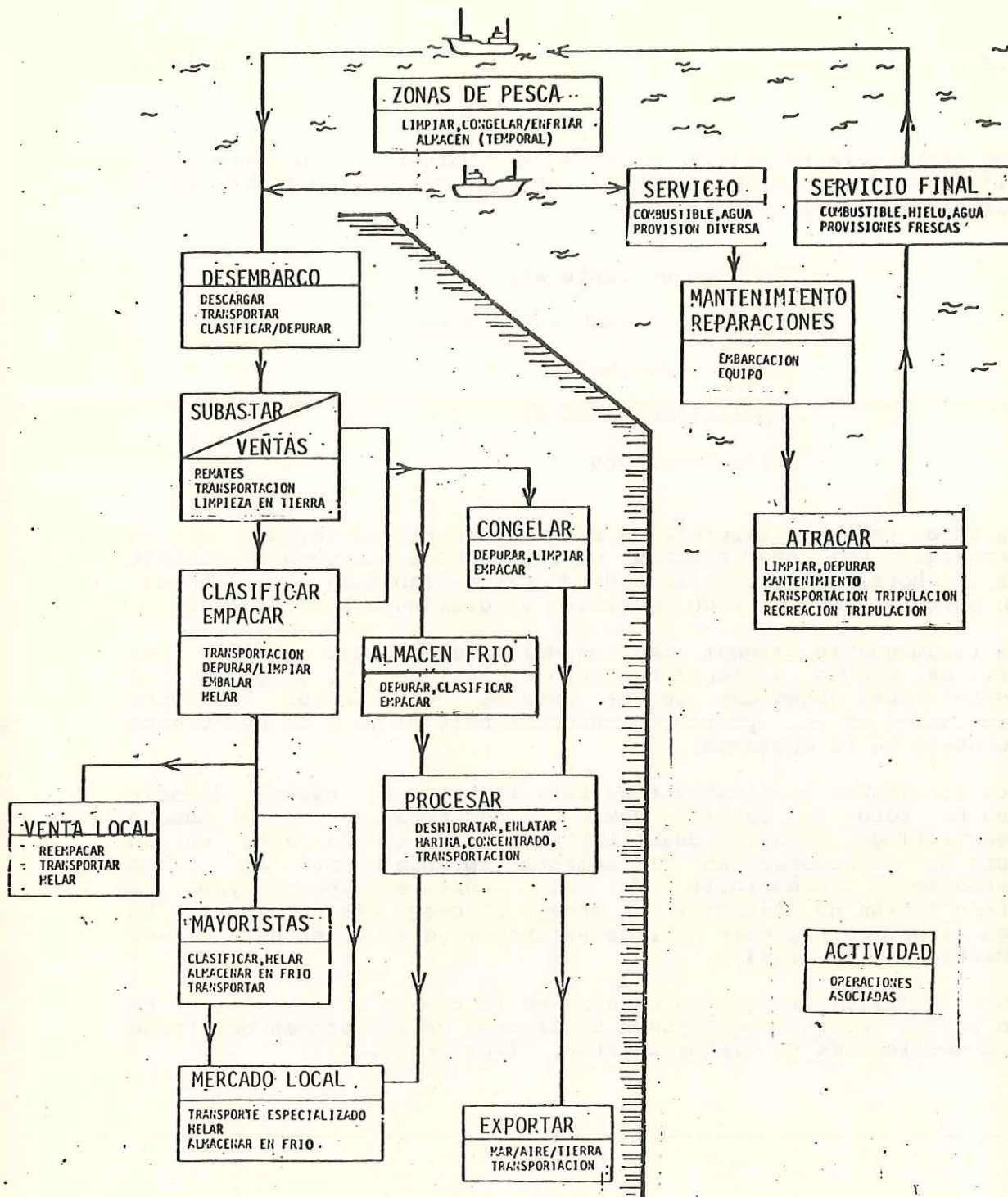


Figura 5.3 Cadena de actividades en un puerto pesquero (Después de Guckian W. J. 1970)

7 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos se deben considerar como una herramienta útil en la toma de decisiones para la planeación, explotación y diseño de puertos, para minimizar en un futuro las costosas esperas de los barcos así como la ociosidad del puerto. También se pretende dar impulso a la aplicación de la teoría de líneas de espera a otros problemas similares, ya sea en puertos industriales, petroquímicos, mercantes, pesqueros o una combinación de los anteriores.

El sistema de líneas de espera M/M/S aplicado es una sencilla abstracción de la situación real, pero puede ser utilizado como una primera aproximación al entendimiento del comportamiento de sistemas más complejos. Nos proporciona una idea de las necesidades futuras que se pueden presentar antes de que estas se alcancen a vislumbrar.

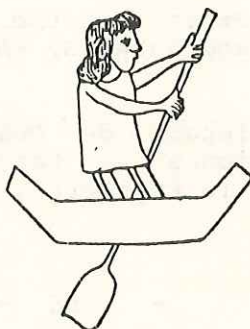
En un futuro no muy lejano será necesario adoptar técnicas de manejo de carga más eficientes en los puertos nacionales. Se considera que el sistema de caja o "container" tiene ventajas en la flota mercante, por lo que se espera la introducción de este sistema en la industria pesquera.

Si los muelles del puerto de Ensenada asignados para la descarga de atún son restringidos y la tasa de arribos de barcos atuneros λ aumenta, será necesario disminuir el tiempo promedio de servicio "Ts" o habilitar nuevas áreas para instalar más unidades de servicio.

Las necesidades de la flota pesquera y la economía del puerto, solicitan el aumento de la velocidad del servicio, ya que el barco está mejor utilizado y el número de los amarraderos que se requieren es menor.

Disminuir el tiempo promedio del servicio requiere de la introducción de esquemas de manejo más eficientes con capacidades de retención más grandes.

Otro criterio que se utiliza en la toma de decisiones es la lógica de comparación de costos entre el desarrollo de más infraestructura o continuar con las mismas facilidades con un incremento en el congestionamiento del puerto.



8 BIBLIOGRAFIA

ALLEN A. O. 1980. Queueing Models of Computer Systems. Computer 4(13):13-24.

ALLEN A. O. 1978. Probability, Statistics, and Queueing Theory With Computer Science Applications. Academic Press. Pp:70-233.

BARRON SERGIO. 1980. (Gerente de Servicios Portuarios y Marítimos de Ensenada, S.A. de C.V.) Comunicación Personal.

BOROVITS I., EIN-DOR P. 1980. Computer Simulation of a Seaport Container Terminal. Simulation Today. 36: 141-144.

CHAPLIN P.D., 1980, Selección de Barcos Pesqueros para Trabajar con una Planta Procesadora en la Costa. White Fish Authority, Industrial Development Unit, Hull England.

CIAT. 1979. Informe Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Pp:77-82.

DEPARTAMENTO DE PESCA. DIRECCION GENERAL DE FLOTA, INDUSTRIA E INSTALACIONES PESQUERAS. 1979. Anteproyecto Puerto Industrial Pesquero en Isla de Cedros, Baja California. Trabajo no publicado.

GONZALEZ R. MARIA LUISA. 1980. Donde Termina la Leyenda, Empieza la Vida del Atún. Desarrollo Pesquero, Boletín informativo # 3 Dirección de Pesca del Estado de Baja California. Pp:10-14.

GUCKIAN W. J. 1970. The Planning and Preparatory Work for a Fishery Harbour Development Project. Fishing Ports and Markets, FAO. London: Fishing News Ltd. Pp:32-45.

LAZAREV N.F. 1976. Cálculos de Explotación al Organizar los Trabajos de Carga y Descarga en los Puertos Marítimos. MOSCU: Mir

LIPSCHUTZ SEYMUR. 1968. Theory and Problems of Probability. McGraw-Hill (Schaum's Outline Series). Pp: 74-125.

LUSCH J. 1970. Some Aspects of the Choice Location for Fishing Ports. Fishing Ports and Markets, FAO. London: Fishing News Ltd. Pp:74.

MATEUS H. 1980. (Delegado de Pesca del Edo. de Baja California). Declaraciones al Periodico del Edo. de Baja California 'La Voz de la Frontera', 10. de Octubre.

MADRID ROBERTO DE LA. 1980. (Gobernador del Edo. de Baja California). Declaraciones al periódico del Edo. de Baja California 'El Mexicano', 11 de Octubre.

MADZIAR J. B. 1970. Some Aspects of Operations Research in the Planning of Fishing Harbours. Fishing Ports and Markets, FAO. London: Fishing News Ltd. Pp:65-73.

METTAM J. O. 1967. Forecasting Delays to Ships in Port. Dock and Harbour Authority. Pp:379-382.

MEXICO, PODER EJECUTIVO FEDERAL, 1980. Plan Global de Desarrollo 1980-1982. México.

MORALES JUAN J. 1980. La Lucha por el Atún. Técnica Pesquera No.151. Pp:24-30.

MOCTEZUMA CID JULIO R. 1980. (Coordinador de Proyectos de Desarrollo de la Presidencia de la República). Declaraciones al periódico OVACIONES de México D.F. el 1 de Octubre de 1980.

NOVAL E. BERNARDO, 1980, (Capitán del puerto de Ensenada) Comunicación Personal.

ONU, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. 1969. El Tiempo de Estadía de los Barcos en Puerto. Nueva York.

PETERKIN FRED A. 1980. The Needs and Expectations of Developing Countries. No publicado.

PETERSEN ETTRUP E. 1980. Challenges in Fisheries Development. A/S Atlas Denmark. No publicado.

PRAWDA J. 1980. Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones. Volumen II Modelos Estocásticos. México: LIMUSA. Pp:243-313.

ROMERO NOE. 1980. Flota Atunera. Técnica Pesquera No. 151. Pp:32-36.

SALTO JOSE LUIS. 1980. Ensenada También es México y ahí está la Pesca. Desarrollo Pesquero, Boletín informativo # 3 Dirección de Pesca del Estado de Baja California. Pp:9.

SEPULVEDA R. 1980. Fotografía aérea tomada en Primavera de 1980.

SIQUEIROS MAYORAL GUILLERMO. 1980. (Jefe de la Oficina de Maniobras del Puerto de Ensenada) Comunicación Personal.

TECNICA PESQUERA. 1980. No. 151. Pp:7.

VERDUGO C. VICTOR. 1980. (Depto. de Maniobras de Servicios Portuarios y Marítimos de Ensenada, S.A. de C.V.) Comunicación Personal.

WAGNER H.M. 1969. Principles of Operations Research, With Applications to Managerial Decisions. Prentice-Hall, Inc. Pp:837-886.