

VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA EL COCINADO DE ATÚN EN UNA PLANTA ENLATADORA LOCAL

Abel Olivares Ampuero¹, Ing. Ernesto Martínez Lozano²

¹ Ingeniero Industrial 2005, e-mail: aolivares@softhome.net

² Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Asistencia al Diplomado "Manejo de efluentes de procesos productivos" ESPOL email:emartine@gu.pro.ec

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es exponer la viabilidad técnica y financiera de la instalación de un sistema automático de cocinado por control de temperaturas en una importante planta atunera.

Primeramente, se realizará una introducción al mercado del atún y se revisará la situación de una planta con información estadística. Después se fundamentarán los principios del cocinado industrial y las ventajas de un sistema automático sobre un sistema de control manual. También se detallarán los equipos y la inversión necesaria.

Finalmente se expondrán posibles escenarios financieros ante posibles cambios en las variables que afectan la rentabilidad del proyecto y se realizarán las conclusiones finales al respecto.

English

The main purpose of this project is to expose the technical and financial viability for installing an automated temperature-based precooking system in an important tuna cannery.

First of all, there will be an introduction to the tuna market and a review of the plant situation with statistical data. After that, there will be an introduction to the industrial cooking fundamentals, and the advantages of an automated control system over a manual operated system will be detailed. Equipment and the investment will also be detailed.

Finally, we will show some possible financial scenarios according to possible changes in the variables that affect the profit of the project.

INTRODUCCION

La ingeniería de control automático es una ciencia que ha permitido a las industrias mejorar enormemente la eficiencia de sus operaciones a través de la historia y la industria del atún no es la excepción. Mediante esta ciencia es posible tener un control mucho más ajustado de ciertos procesos críticos en la producción del atún como es el caso del precocinado.

Tomando como ejemplo una planta del sector se evaluará las ventajas y costos de introducir un sistema automático que permita incrementar los rendimientos y por ende las utilidades y competitividad de una planta atunera en general.¹

1. Situación del mercado de atún en conserva

Después de un estancamiento durante los años 1998 hasta el 2001 la producción mundial de atún en conservas tuvo una recuperación en el 2002 causado principalmente por la creciente demanda que ha tenido en Europa y la instalación de nuevas plantas en países en vías de desarrollo. Entre los principales productores de atun enlatado se encuentran Tailandia, Estados Unidos, España, Japón e Italia.

El desarrollo del sector atunero en el Ecuador en los últimos años ha sido acelerado, convirtiéndolo en una de los principales fuentes generadores de divisas y nuevos empleos en el país. El Ecuador exportó en los últimos 3 años de forma ascendente mas de 250.000 toneladas de atún entre atún fresco, lomos precocinados congelados y atún en conservas.

Sólo en el año 2000 el Ecuador procesó cerca del 30% de las 603.621 toneladas de atún capturadas en el Pacífico Oriental³ y esto se explica debido a que además del atún capturado con flota ecuatoriana se procesa atún capturado por embarcaciones foráneas mediante el régimen de maquila.

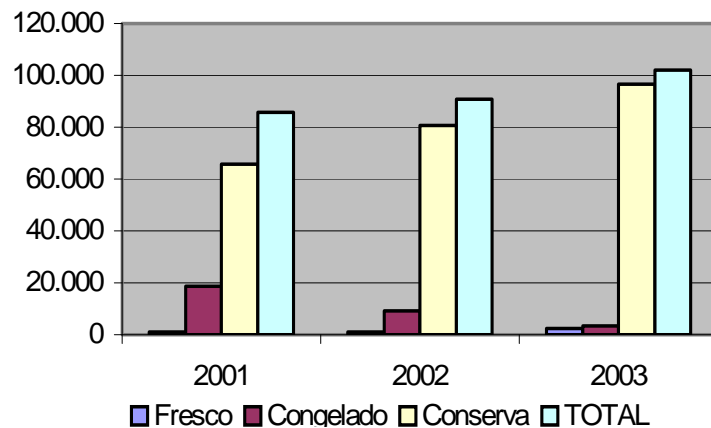


Gráfico 1 Exportaciones de atún Ecuatorianas

Fuente: CORPEI

Esto ha permitido potenciar la capacidad instalada de la industria atunera nacional hasta convertirla en una de las más importantes de la región.

2. Situación de la planta en estudio

La planta en cuestión produce atún enlatado y lomos precocinados destinados principalmente al mercado externo. Las exportaciones en los últimos años se han incrementado y se proyecta que continúen en aumento.

El rendimiento promedio del atún en conserva en esta planta es aproximadamente del 42%, es decir el 42% de la materia prima se convierte en producto terminado. El resto se pierde en líquidos, desperdicios (espinas, cabeza, cola, piel, vísceras) y carne oscuras.

El rendimiento o la relación entre el peso de entrada y el peso de salida en cada etapa del procesamiento del atún es muy variable ya que depende de los tamaños de los ejemplares de cada lote de producción.

Los procesos en los que se miden rendimientos son:

1. Eviscerado
2. Precocinado
3. Limpieza de lomos

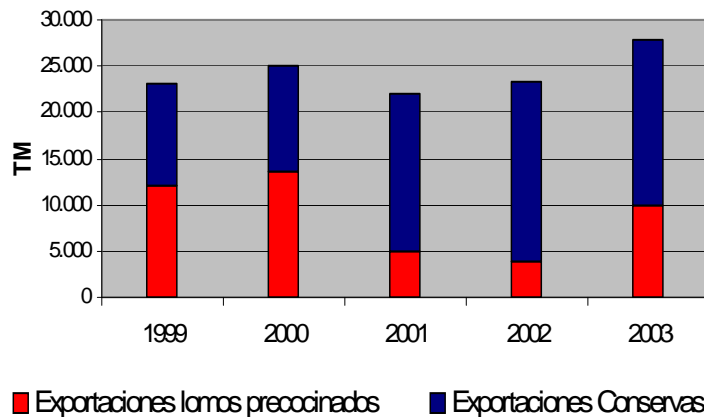


Gráfico 2 Exportaciones de atún en conserva de la empresa (TM)

Fuente: Empresa

Rendimientos en el precocinado

En el precocinado, la pérdida de peso de los pescados está en el orden del 22 al 26% ² como consecuencia de la pérdida de agua. Controlar este rendimiento es de crítica importancia, ya que si el precocinado dura unos minutos más de lo necesario el producto pierde más peso del deseado y esto constituye una baja en el rendimiento por kilo procesado. En otras palabras se necesitará procesar más pescado para completar un peso determinado.

Dado que las pérdidas durante el precocinado son estimativamente las que más están afectando los rendimientos de la planta en cuanto al desperdicio de materia prima, se realizó una prueba de precocinados para estimar la posible cantidad de pérdidas como consecuencia de la operación manual de las cocinas.

Se procedió a pesar los coches vacíos y llenos que entraban a los cocinadores con una capacidad de 22 coches cada uno. Por cada cocinador se registró el peso de los coches de manera tal de registrar la cantidad de pescado que entró a cada cocinador. Al terminar el precocinado, el cual se controla mediante tiempos previamente establecidos, se volvieron a pesar los coches de manera tal de registrar el peso del coche después del precocinado.

Se tomaron 10 muestras por cada día correspondientes a 10 precocinados de atún Skipjack de entre 2 y 4 libras escogidos aleatoriamente entre turnos de día y turnos de noche. El período durante el cual se tomaron las muestras fue de 30 días. El rendimiento de cada cocinado se calcula mediante la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} = \text{Peso Final} / \text{Peso Inicial}$$

Se ha determinado que el rendimiento óptimo para este tipo de atún está en el orden del 76%. Es decir debe existir una pérdida de peso del 24% por concepto de deshidratación. La diferencia entre los rendimientos reales y el óptimo es lo que llamaremos "pérdidas evitables" y se las obtiene mediante la siguiente relación:

$$\text{Pérdidas evitables} = \text{Rendimiento óptimo (76\%)} - \text{Rendimiento Real}$$

Las diferencias positivas son aquellas que representan pérdidas de rendimiento por consecuencia de pérdidas de humedad innecesarias.

Las diferencias negativas son aquellas que representan una precocción la que se ha sacado el atun antes de tiempo y que tienen como consecuencia pérdidas de rendimiento en la limpieza de lomos, dado que la carne cruda es tratada como desperdicio. Para este caso y dado que no se tienen datos de la relación de pérdidas en rendimiento durante la limpieza contra rendimientos en precocinado en los que no se ha alcanzado la completa cocción del atún, se aproximará estas pérdidas a la diferencia entre el rendimiento óptimo y el real, aunque en realidad son mayores. De esta manera se tomará el valor absoluto del valor de las pérdidas evitables en el caso que estas sean negativas y se obtiene la media, tal como muestra la Tabla1.

Muestra	Peso Inic (TM)	Peso Final (TM)	Rendimiento %	Pérdidas evitables %
1	4,89	4,09	83,49	1,51
2	4,84	4,06	83,99	1,01
3	5,11	4,11	80,47	4,53
4	5,15	4,24	82,35	2,65
5	5,09	4,14	81,38	3,62
6	4,86	4,02	82,68	2,32
7	5,07	4,10	80,83	4,17
8	4,97	4,05	81,59	3,41
9	4,97	4,21	84,69	0,31
10	5,13	4,25	82,87	2,13
			Media	2.57%
			Desv.Estánd.	1.38%

Tabla 1 Rendimientos de precocinados en un día

Elaborada por: Abel Olivares

Este procedimiento se repitió 30 veces por lo que se obtuvieron 30 medias. Para estimar el promedio de las pérdidas por sobrecocinado se calcula la media M y la desviación estándar S de la distribución de los 30 valores anteriormente obtenidos y se tiene:

$$M = 3.26\% , S = 0.68\%$$

Con estos valores y utilizando el teorema de límite central, se puede asegurar con una confianza del 99% que las pérdidas innecesarias de rendimiento tienen un promedio entre el 2.95% y el 3.58%. Lo que para el análisis significaría que en el mejor de los casos (menos pérdida en rendimiento) tendría un valor de 2.95% y en el peor de ellos (mayor pérdida en rendimiento) uno de 3.58%.

Estimación de las pérdidas anuales

En el siguiente cuadro se observa la cantidad de materia prima que entro a proceso en los últimos 5 años:

	2000	2001	2002	2003
Materia prima	65.094	53.058	59.744	70.590

Tabla II Materia prima procesada (TM)

Fuente: Empresa

Asignando un valor de US\$600,00 por tonelada a la materia prima precocinada, se obtienen las pérdidas económicas debido a la ineficiencia del proceso.

Pérdidas anuales = % Ineficiencia x Costo Materia Prima x Materia Prima a proceso

	Costo de materia prima perdida			
	2000	2001	2002	2003
Ineficiencia del 2.94%	929.804	814.968	863.125	1.033.528
Ineficiencia del 3.58%	1.132.211	992.376	1.051.016	1.258.513

Tabla III Costos de materia prima perdida (US\$)

Elaborada por: Abel Olivares

3. Justificación de un sistema automatico por sobre el sistema manual actual

El atún crudo contiene entre un 68 y 76% de agua. Durante el precocinado, el agua, la gelatina y otras substancias son removidas del pescado y se depositan junto al condensado del vapor que recorre todo el cocinador. El contenido de agua del atún cae a valores entre el 65 y el 71% después del precocinado⁴.

La práctica recomienda que la óptima cantidad de cocción que requiere el atún para que esté entre estos valores se alcanza cuando la temperatura en la carne próxima a la espina del pescado está entre los 60 y 65°C⁵. Mantener el cocinado más allá de esta temperatura no es sólo innecesario sino que además afecta el rendimiento (peso) y la textura de la carne.

El sistema actual de precocinado como se dijo anteriormente se basa en tiempos de cocinado basados en un sinnúmero de tablas o "recetas" para cada variedad y tamaño de pescados, en los cuales no se contemplan:

- Las fluctuaciones en la temperatura del cocinador por ser controlada manualmente
- La variación de las propiedades térmicas de los atunes que se suponen constantes

Como consecuencia de esto, los tiempos de cocinado tienen márgenes de error lo que lleva inevitablemente al método de prueba y error para comprobar el estado de los pescados. Este método consiste en la apertura repetida de las puertas del cocinador para verificación visual lo que a su vez incrementa aún más la incertidumbre sobre el comportamiento del proceso y su dependencia del tiempo.

Mejoras propuestas al sistema actual

Como se dijo anteriormente sería de mucha conveniencia implementar un sistema mediante el cual se pudiera controlar la temperatura ambiente del cocinador en el nivel deseado, y de esta manera evitar las anomalías que se producen con control el control manual.

Un sistema de control automático por retroalimentación de la temperatura es una inversión que puede ser recuperada en un tiempo determinado por lo que se recomienda su aplicación.

Con un sistema de control proporcional se puede asegurar la estabilidad en la temperatura del cocinador de manera tal de no incurrir en este tipo de errores entre cada cocinado.

El sistema tiene por objeto controlar la temperatura del cocinador (variable controlada) de manera tal que tenga un gradiente constante durante el venteo y se mantenga en una temperatura de cocinador estable para cada intervalo del precocinado hasta que la temperatura de espina del atún patrón elegido llegue a un valor determinado (condición de finalización del proceso).

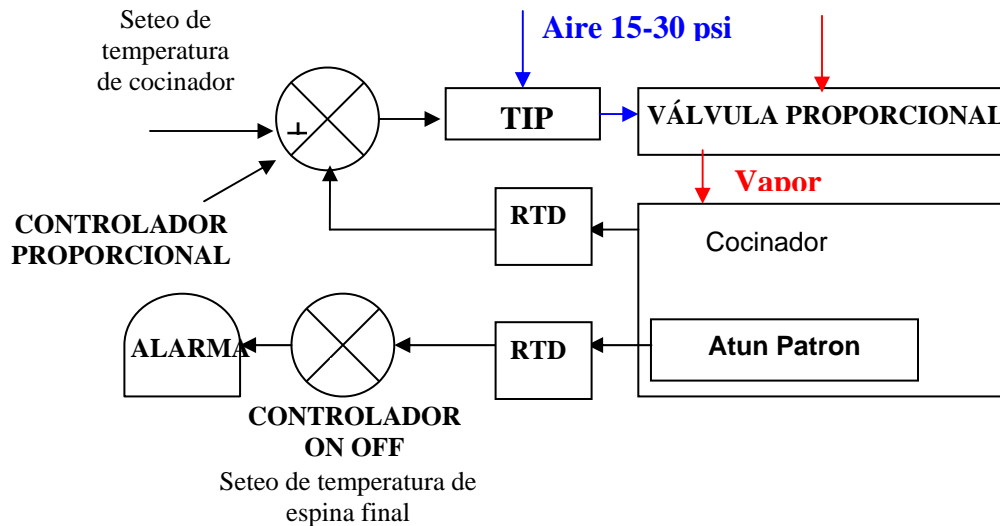


Fig. 1 Sistema con un sensor por cocinador

Inversión requerida

Dependiendo de cuantos sensores para medir la temperatura de espina se coloquen por cada cocinador, el costo del sistema variará.

La elección de más sensores de temperatura por cada cocinador permitirá:

- Obtener mayor confiabilidad en el proceso, ya que fácilmente se puede detectar descalibración en alguno de los sensores y además al trabajar con temperaturas promedio se obtienen mejores parámetros de control y por ende aumenta la eficiencia.
- Se abre la posibilidad de cocinar varios lotes de diferentes características controlando su temperatura de espina independientemente. Esto evita la subutilización de los cocinadores a carga parcial o las demoras que se producen hasta completar un lote de las mismas características.

La tabla IV muestra la inversión aproximada para la instalación del sistema en un cocinador:

Items	Costo Unitario	Cant	Total
Sensor RTD	USD 300	4	USD 1200
Controlador PID	USD 720	1	USD 720
Controlador ON/OFF	USD 305	4	USD 1220
Alarma audible y visual	USD 200	1	USD 200
Transductor TIP	USD 600	1	USD 600
Válvula proporcional 1-1/2"	USD 2500	1	USD 2500
Materiales de cableado	USD 160	1	USD 160
Instalación y pruebas	USD 1500	1	USD 1500
Total			USD 8100

Tabla IV Costo aproximado de un sistema con 4 sensores
Elaborada por: Abel Olivares

4. Analisis Financiero del Proyecto

Para el análisis financiero del proyecto , se tomarán los siguientes supuestos:

- La instalación del sistema de 4 sensores en los 8 cocinadores existentes
- Una mejora en el rendimiento de materia prima del 1%
- Se considera como ingreso al ahorro anual en el costo de materia prima cocinada
- Se considera la proyección del flujo incremental entre la operación con el nuevo sistema y la operación actual
- Los únicos egresos serán la inversión inicial, los gastos en repuestos y las depreciaciones
- El costo de la materia prima precocinada se aproximará al precio de venta actual de la materia prima congelada
- La inversión inicial será por cuenta de la empresa

Para un período de 5 años se tiene el siguiente flujo de caja proyectado:

Datos de Producción	Periodo					
	0	1	2	3	4	5
Atún procesado		70.590	70.590	70.590	70.590	70.590
Mejoras en rendimiento (1%) (Ton)		705,90	705,90	705,90	705,90	705,90
Costo materia prima (USD/Ton)		600	600	600	600	600
Flujo de Caja USD						
Ahorro bruto		540.000	540.000	540.000	540.000	540.000
Repuestos		-32.000	-32.000	-32.000	-32.000	-32.000
Depreciación de equipos		-5.280	-8.480	-11.680	-14.880	-18.080
Ahorro antes de part. a empleados		502.720	499.520	496.320	493.120	489.920
15% participación de empleados		75.408	74.928	74.448	73.968	73.488
Ahorro antes del impuesto a la renta		427.312	424.592	421.872	419.152	416.432
25% Impuesto a la renta		106.828	106.148	105.468	104.788	104.108
Ahorro antes de ajuste		320.484	318.444	316.404	314.364	312.324
Ajuste por gastos no desembolsados		5.280	8.480	11.680	14.880	18.080
Equipos e instalacion	61.800					
Ahorro neto (ANt)	-61.800	251.521	252.681	253.841	255.001	256.161
Ahorro total acumulado	-61.800	189.721	442.402	696.242	951.243	1.207.404

Tabla V Flujo de caja para proyecto de un cocinador con cuatro sensores

Elaborada por: Abel Olivares

Los valores del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno corresponden a:

VAN = 1.081.994

TIR = 407%

Analisis de sensibilidad

Para el analisis de sensibilidad se considerara la variación del VAN, ante cambios en el nivel de producción, el costo de la materia prima y las mejoras en el rendimiento del sistema.

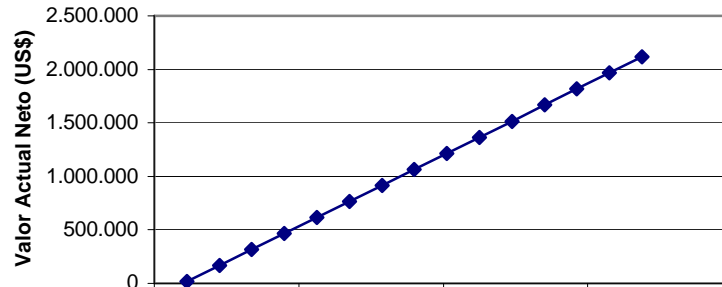


Gráfico 3 Variación del VAN con la producción anual

Elaborado por: Abel Olivares

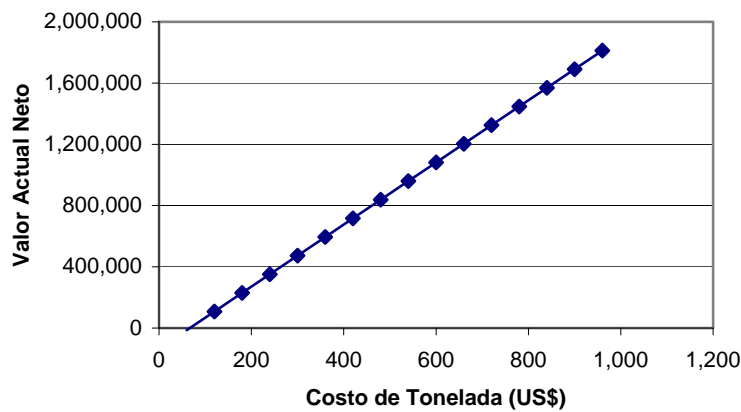


Gráfico 4 Variación del VAN con el costo de materia prima

Elaborado por: Abel Olivares

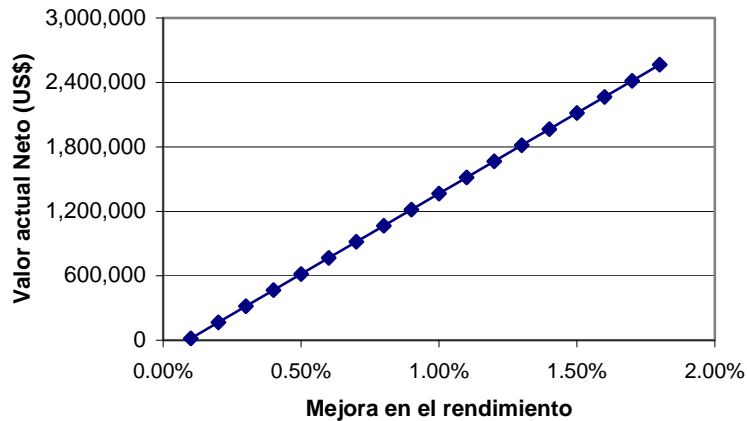


Gráfico 5 Variación del VAN con las mejoras en rendimiento

Elaborado por: Abel Olivares

CONCLUSIONES

De los gráficos se puede observar que la inversión deja de ser rentable ($VAN=0$) para valores extremadamente bajos de rendimiento, producción o de precio de la materia prima. De esto se concluye que el proyecto debería aceptarse por su bajo riesgo y alta rentabilidad.

REFERENCIAS

1. ABEL OLIVARES, " Viabilidad técnica y económica de la instalación de un sistema de control para el cocinado de atún en una planta enlatadora local" (Tesis, facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004)
2. ALBERT MYRSETH, editor, Planning and Engineering Data. 2. Fish Canning, FAO Fisheries Circular No. 784
3. CAMARA DE PESQUERIA, Revista Ecuador Pesquero, Guayaquil, Volúmenes varios de 1997 a 2003
4. BORGSTROM GEORG, Fish as Food Vol 4, Academic Press Inc, 1965
5. ZHANG J., FARKAS B.E., "Precooking and Cooling of Skipjack Tuna: A Numerical Simulation", *Lebensnm-Wiss. U Technol* 35, 607-616, 2002
6. BELL J.W., FARKAS B.E., "Effect of Thermal Treatment on Moisture Transport during Steam Cooking of Skipjack Tuna", *Journal of Food Science*, Vol 66, No. 2, 2001
7. COBO MACHOA TANNYA ., "Determinacion experimental y calculo teorico de propiedades fisicas en filetes frescos de atun ", Tesis, ESPOL FIMCP, Guayaquil, 2000.
8. HEIZER J., RENDER B. , Operations Management, 5ta edicion, Prentice Hall Inc, 1999
9. HODSON WILLIAM K. , Maynard, Manual del Ingeniero Industrial, Cuarta Edición, McGraw-Hill, 1996
10. JOSUPEIT HELGA, CATARCI CAMILLO, "Global World Tuna Markets", Conferencia "Tuna Competence", Kuala Lumpur, Malasia, Junio 2002
11. MILLER IRWIN R., Probabilidad y Estadística para Ingenieros, 4ta Edición, Prentice Hall Hispanoamericana, 1992.
12. MOLINA MARIA BELEN , "Proyecto de Ampliación de tamaño de planta atunera", Tesis, Instituto de Ciencias Humanísticas y Económicas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002
13. PEREZ MARTIN R.I, BANGA J.R., "Prediction of Precooking times for Albacore by Computer Simulation", *Journal of Food Engineering* Vol 10, 1989
14. POTVIN JEAN, Applied process control instrumentation, Reston Publishing Company, 1985
15. ROSALER ROBERT C., Manual del Ingeniero de Planta, Segunda Edición, Tomo III, McGraw-Hill, 1997
16. SAPAG CHAIN NASSIR, Preparación y Evaluación de Proyectos, Tercera Edición, Mc-Graw Hill Interamericana, 1995

17. SHINSKEY F.G, Sistemas de control de procesos: aplicacion, diseño y sintonizacion , Mc Graw Hill. 1996.
18. SINGH, R. PAUL, HELDMAN DENNIS R, Introduction to food engineering, Academic Press. 1984
19. STANSBY M.E., Industrial Fishery Technology, Reinhold Publish Corp, 1963
20. WYLIE C. RAY, Matematicas Superiores para Ingenieria, Mcgraw-Hill. 1982
21. ZHANG J., FARKAS B.E., "Precooking and Cooling of Skipjack Tuna: A Numerical Simulation", Lebensnm-Wiss. U Technol 35, 607-616, 2002