

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA LINEA DE PROCESAMIENTO DE PESCADO EN LA EMPRESA PROMOPESCA S.A.

Jhony Mendoza.

Ing. Hernán Lara, Ing. Milton Acosta.

Departamento de Energía y Mecánica, Carrera de Ingeniería en Mecatrónica,  
Escuela Politécnica del Ejercito.

Av. El Progreso S/N, Sangolquí, Ecuador.

## RESUMEN

El presente proyecto basa principalmente su desarrollo en el diseño mecánico y mecatrónico, debido a que se aplican teorías técnicas innovadoras para el desarrollo y selección de nuevos elementos y sistemas tecnológicos considerando aspectos importantes de precisión y control industrial, además de todos los parámetros técnicos básicos que son necesarios para el funcionamiento, operación y control de las máquinas utilizadas en las etapas de esta línea de proceso y que puedan adaptarse a diferentes características de demanda considerando siempre mejorar el nivel de productividad y competitividad de la organización.

El presente proyecto desarrolla e implementa las etapas más importantes de la línea de producción: escamado, corte de cabeza y cola y corte de panza del pescado, adicionalmente se realiza una selección general de los elementos de succión de vísceras y la selección de la clasificadora por tamaños con el fin de cumplir los requerimientos de la empresa para el procesamiento de pescado previo al enlatado de las sardinas cumpliendo todas las normas

técnicas, higiénicas y de seguridad integral.

Para cumplir con la satisfacción de las necesidades planteadas por la empresa auspiciante PROMOPESCA se realizaron un sinnúmero de pruebas y validaciones para que lo desarrollado en el presente proyecto quede a completa satisfacción no solo de la organización sino también de la universidad

A través de los resultados de las diferentes pruebas expuestas, se puede decir que la línea de procesamiento de pescado trabaja con diferentes tamaños de pescados para el enlatado de sardina en varias presentaciones comerciales.

## INTRODUCCIÓN

El despliegue de las herramientas y metodologías de diseño y construcción en la industria manufacturera como software CAD/CAM/CAE, software de diseño y normas que rigen el desarrollo de un proyecto han logrado un avance gigantesco en la industria. El presente trabajo, a través de un

requerimiento indispensable de una planta de conservas de sardina, documenta el resultado de la integración práctica de diseño mecánico, sistemas eléctricos de control, implementación local con normas FDA, tres importantes herramientas utilizadas para apoyar las fases del diseño de un producto y representar el ahorro logrado a través de diseños eficientes.

Los requisitos de la FDA de Estados Unidos con respecto al uso de aditivos alimentarios indirectos que se conoce como "Sustancia en contacto con alimentos" (FCS).<sup>1</sup>

En ningún caso podrán transferir sus componentes a los alimentos en cantidades que puedan:

- Representar un peligro para la salud humana;
- Provocar una modificación inaceptable de la composición de los alimentos; o
- Provocar una alteración de las características organolépticas de los alimentos.

### DISEÑO EXPERIMENTAL

Consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación.

<sup>1</sup> UNIÓN EUROPEA. CF EUROPA. "Materiales y objetos en contacto con los alimentos". Etiquetado y embalaje de los productos. Dirección General de Sanidad y Consumidores. (2009)

### PROCESO DE DEDUCCIÓN

Es cuando las consecuencias derivadas de la hipótesis pueden ser comparadas con los datos.

### PROCESO DE INDUCCIÓN

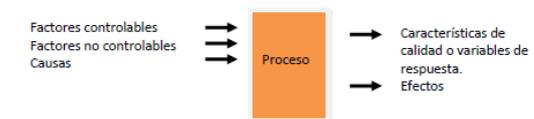
Es cuando las consecuencias de la hipótesis original y los datos no están de acuerdo, por lo que se inicia este proceso para cambiar la hipótesis.

### EXPERIMENTO

Es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio en una o varias propiedades del producto o resultado.

### UNIDAD EXPERIMENTAL

Pieza(s) o muestra(s) que se utiliza para generar un valor que sea representativo del resultado de la prueba.



¿Cuáles características de calidad se van a medir?

¿Cuáles factores controlables deben incluirse en el experimento?

¿Qué niveles debe utilizar cada factor?

¿Cuál diseño experimental es el adecuado?

Figura 1. Variables de un proceso y preguntas a responder al diseñar un experimento.

### FACTORES CONTROLABLES

Son variables de proceso y/o características de los materiales y los métodos experimentales que se pueden fijar en un nivel dado.

### FACTORES NO CONTROLABLES

Son variables que no se pueden controlar durante el experimento o la operación normal del proceso.

## FACTORES ESTUDIADOS

Son las variables que se investigan en el experimento para observar cómo afectan o influyen en la variable de respuesta.

## DISEÑO DE LA CORTADORA DE CABEZA Y COLA

La banda de transporte de pescado ha sido ensamblada con los siguientes componentes:

- Banda plana transportadora aprobada por la FDA.
- Barra trapezoidal de polistone (nylon) aprobado por FDA
- Pernos y tuerca cabeza hexagonal  $\frac{1}{4}$  x  $3 \frac{1}{2}$  de acero inoxidable



Figura 2. Banda ensamblada

El valor del paso de la banda fue determinado mediante la medición de la separación entre dos pescados:

$$P_b = 55 \text{ mm}$$



Figura 3. Banda de transporte de pescado

Según el paso de la banda y para efectos de mejor interpretación se trabajará con el siguiente valor:

$$PPM = 18 \text{ pescados /metro}$$

Por sugerencia del fabricante de la banda transportadora tendremos:

$$re = 110 \text{ mm [Ec. 3.5]}$$

La cortadora de cabeza y cola trabajará con dos bandas movidas por un mismo eje.

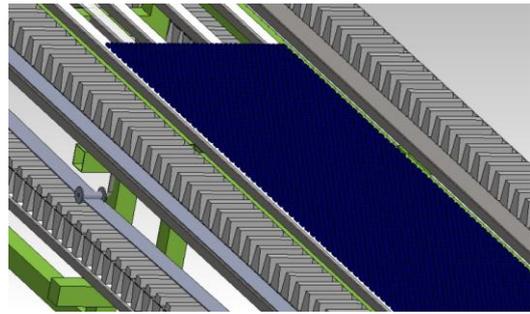


Figura 4. Bandas en ambos lados de la máquina.

Como se dispone de dos bandas, cada banda debe procesar 200 pescados por minuto.

$$PCS = \frac{200 \text{ pescados}}{60 \text{ segundos}} = 3.3 \frac{\text{pes}}{\text{seg}}$$
$$3.3 \text{ pescados /segundo}$$

$$Vt_{banda} = \frac{18 \text{ pescados /metro}}$$

$$= 0.18 \text{ m/s}$$

$$\omega_{banda} = \frac{Vt_{banda}}{re} = 15.63 \text{ RPM}$$

## Movimiento de las cuchillas de corte.

El corte de los pescados se realizará mediante cuchillas circulares tipo sierra.

Para este caso se partió por adquirir cuchillas rebanadoras o de corte de hueso, para aplicaciones alimenticias existentes en el mercado local e internacional a fines de lograr un corte perfecto.

Se optó por adquirir cuchillas alimenticias provenientes de Perú, país más industrializado con respecto a procesado de pescado.

Las recomendaciones del fabricante fueron:

$$\omega_{corte} = 1800 \text{ rpm}$$

Mediante pruebas, se pudo determinar la fuerza necesaria para el corte tanto de la cabeza como de la cola, las mismas que se detallarán en la siguiente tabla:

Tabla 1. Fuerzas necesarias para corte de cabeza y cola.

	<b>CABEZA</b>	<b>COLA</b>
<b>F. NECESARIA</b>	15 N	10 N

Partiendo con la disposición de las bandas que transportarán el pescado, fueron colocadas dos cuchillas en cada banda, para realizar el corte tanto de cola y cabeza al mismo tiempo.

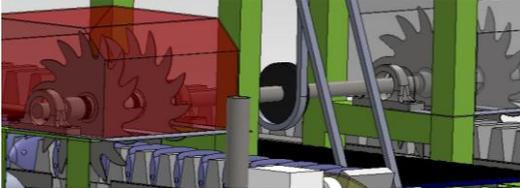


Figura 5. Cuchillas ensambladas en la máquina.

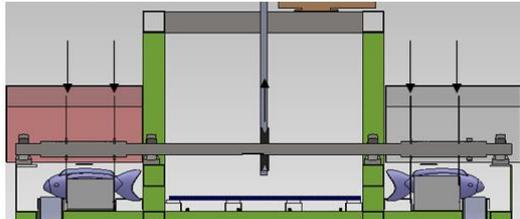


Figura 6. Ubicación de las cuchillas junto a las bandas.

**Movimiento de la banda central**

La función de la banda central será la de transportar el pescado a granel sin procesar y será de este lugar de donde se tomarán los pescados para ponerlos en la banda de procesamiento de pescado.

La banda central llevará el mismo sentido y velocidad que la banda de procesamiento, y ésta trabajará de manera intermitente, mientras haya suficiente pescado para ser procesado.



Figura 7. Banda central junto a banda de transporte de pescado.

El sistema de transmisión será igual que el de la banda de procesamiento, pero trabajarán de manera independiente, con otro motor de similares características que el utilizado en la banda de procesamiento.

**Diseño del sistema eléctrico**

El control de esta máquina y cada una de las máquinas de la línea de procesamiento será independiente a fines de realizar chequeos previos al encendido diario de las mismas, asegurándose así de evitar accidentes en un área donde existe humedad excesiva y que existen piezas en que podrían enredarse los operadores.

Debido a la humedad en la que se trabajará se seleccionarán equipos con protección IP65 resistentes a la humedad.

El requerimiento de la planta es trabajar a 440VAC el sistema de fuerza, y 24 VAC el sistema de control, con tableros eléctricos independientes por cada motor empleado en la máquina.

El tablero eléctrico constará de los siguientes elementos en el orden mencionado:

Interruptor Principal, el que permite energizar al tablero eléctrico por medio de cable de 4 hilos, junto a este interruptor se conectará una luz piloto que indique el estado de la energía en el tablero.

Breakers, el elemento de protección dimensionado para un voltaje de 440VAC trifásico, corriente nominal según la especificación de la placa del motor, por ejemplo “motor Siemens 1.5HP de potencia mecánica,  $I_a=2.3Amp$ ” se seleccionará la protección para la corriente de 2.3Amp.

Contactor, El voltaje para activar la bobina será de 24 VAC suministrado por el transformador.

Los contactores seleccionados son General Electric de 440V trifásico y 5 amperios.

Guardamotor, el elemento de protección se lo ubica después del contactor para la misma corriente que indica la placa del motor.

Transformador, se emplea una etapa de transformación, que parte de 440VAC hacia 24 VAC que es el requerimiento de la planta, para mantener estandarizados los tableros de las demás máquinas.

Con este voltaje de 24 VAC se realiza el circuito de control, el transformador seleccionado es de 50VA, el mínimo encontrado en el mercado, para el consumo de 3 luces piloto, activación del contactor y pulsadores.



Figura 8. Tablero de cada motor

Selector, mediante un selector de 3 posiciones se escogerá entre encendido manual, o encendido remoto.

Posición 0 (intermedia): No se activa ningún encendido, el motor permanece desconectado.

Posición 1 (izquierda): Se activa directamente el contactor que enciende el motor.

Posición 2 (derecha): Se da paso a un encendido remoto, donde se dispondrá de una caja de botonera que incluye un selector ON/OFF y un Pulsador de Emergencia para realizar el encendido desde otro punto de la máquina que sea de común acceso.

Hongo de emergencia, el pulsador de emergencia desconecta el circuito de control y automáticamente apaga el motor, esto no garantiza que el motor se detenga instantáneamente.

Luces piloto, mediante 3 luces pilotos se indicarán los estados del tablero y motor:

Luz verde, indica que el tablero ha sido energizado desde el interruptor principal.

Luz roja, indica que el motor está encendido.

Luz amarilla, indica que ocurrió una falla, en otras palabras el guardamotor abrió su contacto y el motor no está trabajando.

En esta máquina se colocarán 2 sensores donde estén las cuchillas para evitar que la máquina sea encendida sin haber colocado el cobertor de las cuchillas.

Se pretende emplear interruptores de seguridad magnéticos de 24 VAC que abra un contacto normalmente cerrado y este se encuentre conectado en serie con el hongo de emergencia. La función eléctrica será la misma que el hongo de emergencia.

La cortadora de cabeza y cola tendrá tres tableros por sus tres motores, y por poca disponibilidad de espacio serán colocados debajo de la máquina, el encendido remoto estará a una altura prudencial y donde se pueda obtener una acción inmediata del operador y tener una mayor apreciación del trabajo que realizan los mismos.



Figura 9. Ubicación de interruptores de seguridad en las cuchillas.

## SELECCIÓN DE LA SUCCIÓN DE VÍSCERAS

El sistema de succión ha sido recomendado por el fabricante de la bomba, para una potencia de 7.5 HP, distribuidos en paralelo pues la máquina es de doble corte y tendrá dos puntos de succión.

Estos datos fueron proporcionados por el fabricante de la bomba, luego de realizar pruebas para la determinación de la potencia adecuada.

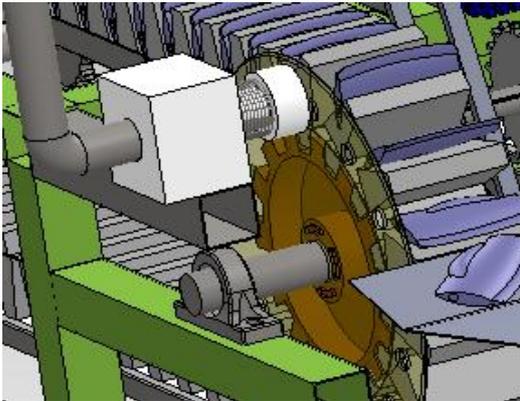


Figura 10. Instalación del equipo de vacío.

La instalación del equipo de vacío será contratada por el fabricante de la bomba y especialistas en succión de vísceras de pollos y pescados.

## DISEÑO DE LA CORTADORA DE PANZA

El requerimiento de producción de la cortadora de panza debe ser de 200 pescados por minuto.

Para aprovechar el doble corte de la máquina cortadora de cabeza y cola se debe instalar 2 cortadoras de panza.

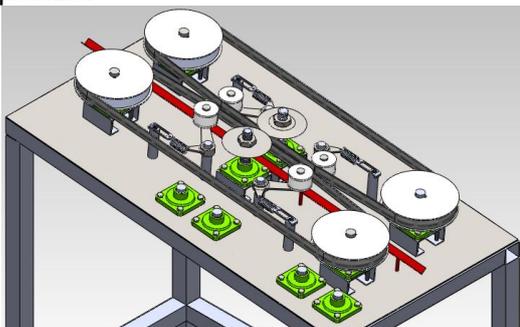


Figura 11. Isométrico de cortadora de panza.

La función de la máquina es realizar un corte con sierras y apriete lateral de pescado en posición vertical.

El pescado pasa con la panza hacia arriba guiado y apretado por 2 bandas antideslizantes que será llevado hasta las sierras.

Tanto las sierras como las bandas giran en sentido opuesto para arrastrar el pescado de un lugar a otro.

Los discos son desmontables y regulables de distancia para mantenimiento, calibración de medidas y de fácil reemplazo.

Para un corte adecuado de la panza de los pescados, se tendrá una separación prudente entre los pescados y que las cuchillas corten el pescado sin atascar el sistema.

$$PPM_2 = 2.75 \frac{\text{pescados}}{\text{metro}}$$

Para asegurar la sincronización entre la máquina cortadora de cabeza y cola con la máquina cortadora de panza, la última también deberá procesar 3.3 pescados por segundo.

$$V_t = \frac{PCS}{PPM_2} = 1.25m/s$$

Como parámetro de entrada se utilizará poleas de 210 mm de diámetro.

La velocidad angular de la banda calculada es de:

$$\omega_{banda} = 110 \text{ RPM}$$

Se seleccionó una banda corrugada de grado alimenticio aprobado por FDA para el agarre del pescado y evitar el deslizamiento en su trayecto y cuando pase por las cuchillas mantenga firme al pescado sin lastimarlo o contaminarlo.

Se empleará un sistema de transmisión multipoleas para lograr invertir la dirección de giro de una de las poleas.

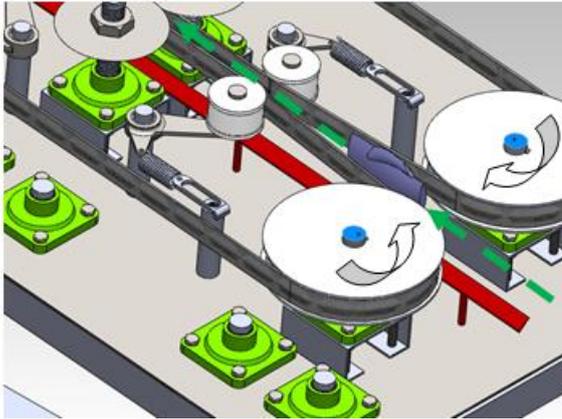


Figura 12. Sentido de giro de las poleas.

La transmisión multipoleas se da debajo de la mesa para facilidad de trabajo.

Se emplearon 4 poleas para invertir el sentido de giro de una de ellas. Se utilizó una banda de transmisión con alto coeficiente de fricción para evitar el deslizamiento de la misma.

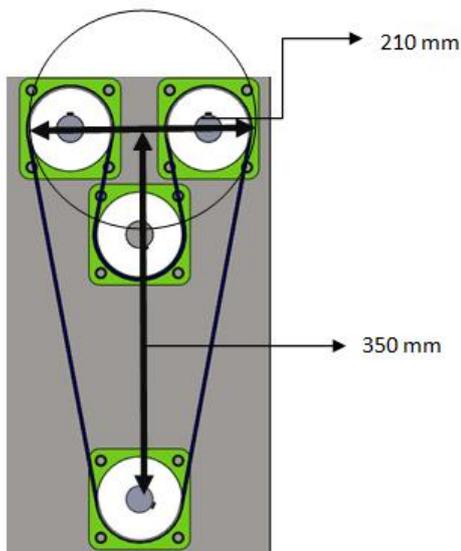


Figura 13. Disposición de la banda de transmisión debajo de la mesa.

Para efectos de verificación, el valor de 210 mm mostrados en la figura anterior se considerará como diámetro 1 y la distancia entre centros será de 350 mm. El diámetro de la polea empleada es de 80 mm.

Se emplean las mismas cuchillas que en la cortadora de cabeza y cola, en esta ocasión se cortará un pescado a la vez por lo que se asume una fuerza necesaria de:

$$F_t = 60 N$$

Se emplea el mismo sistema multipoleas, por lo que se utilizará el mismo método de transmisión de potencia.

### Diseño del sistema eléctrico/ electrónico

El sistema eléctrico y de control será el mismo que en la cortadora de cabeza y cola, se mantendrá un mismo estándar para las máquinas que estén instaladas en planta para fines de facilidad de operatividad y mantenimiento.

Por dimensión de la máquina no es necesario ubicar botoneras para mando remoto pues el encendido siempre se da siempre desde el mismo lugar.

En este caso se encienden tanto el motor de las bandas como el de las cuchillas con un mismo tablero eléctrico. No existirán diferencias entre los tableros eléctricos a más del dimensionamiento de las protecciones, el guardamotor que soportará la corriente de dos motores simultáneamente.

### DISEÑO DE LA ESCAMADORA

Se Desarrolló un diseño en el que el pescado entre por un lado y salga por otro lado ya sin escamas y sin detener la máquina.

El pescado debe ser ingresado continuamente para dar agilidad al proceso y evitar cuello de botella en esta máquina.

En el mismo orden que van ingresando, van saliendo como se refiere a FIFO (First in, first out), de tal manera que se puede mantener un ciclo estable de temperatura pues todos los pescados serán objeto de procesamiento en un mismo tiempo y la cadena de frío no variará entre pescado y pescado.

Para optimizar esta máquina se elaboró un plan de diseño

experimental mediante pruebas de avance del pescado y velocidades angulares distintas a fines de que las escamas hayan salido como se desea y sin haber lastimado la piel del pescado.

El punto inicial fue el siguiente:

Se parte del tamaño de una malla o criba a enrollar,

Las medidas de una criba son:

$$A = 1220 \text{ mm}$$

$$B = 2440 \text{ mm}$$

Al formar un tambor enrollado de la parte más larga se obtiene

$$D_{tambor} = B/\pi$$

$$D_{tambor} = 770 \text{ mm}$$

Por cuestiones de rigidez y seguridad se enrolla la malla con un diámetro de 750 mm.

Se asume que los pescados ocupen  $120^\circ$  del cilindro asentándose en la parte inferior.

La longitud de arco ocupada es:

$$L_{arco} = D_{tambor} * \alpha$$

$$L_{arco} = 785 \text{ mm}$$

Asumiendo que la distribución eficaz del pescado sobre la malla para que logre sacar escamas sea de:

$$Dist_{pescados} = 100 \text{ pescados}/m^2$$

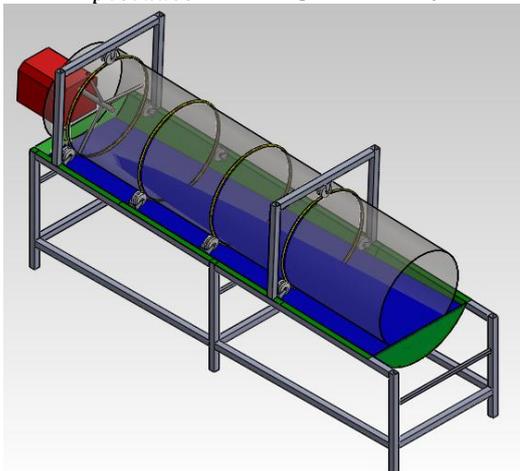


Figura 14. Isométrico de la escamadora.

A partir de los datos anteriores se calcula una posible longitud del tambor enrollado para cubrir la producción:

$$A_{nec} = \frac{200 \text{ pescados}}{Dist_{pescados}}$$

$$A_{nec} = 2 \text{ m}^2$$

$$L_{tambor} = A_{nec}/L_{arco}$$

$$L_{tambor} = 2.56 \text{ m}$$

## Experimentación de la escamadora

Los factores que serán objeto de estudio serán la velocidad angular, inclinación del tambor y la rugosidad de la malla empleada para el tambor.

La malla utilizada fue seleccionada por la disposición de agujeros que permite la salida de las escamas hacia el tanque, así como por la forma ondulada entre agujero y agujero permitiendo hacer contacto con el pescado en los picos y debilitando las escamas. Se obvió en el proceso la utilización de cribas por su acabado en los picos que ocasionan el desprendimiento de la piel del pescado.

La inclinación del tambor incide directamente en el tiempo de escamado.

La velocidad angular que incide en el contacto del pescado con la superficie de la malla, el pescado recorrerá una mayor longitud de arco si se tiene mayor velocidad.

Variables de respuesta: El porcentaje de escamas retiradas del pescado, y de manera indirecta como variable afectada, la cantidad de pescados escamados en un tiempo determinado.

El porcentaje de escamas retiradas será medido en base a inspección visual y táctil de una muestra del 10% de la producción teórica.

La cantidad de pescados escamados (Producción) será medida en base al conteo de pescados en un minuto de trabajo.

Se aplica el diseño experimental factorial para las pruebas de la escamadora por medio de 4 tratamientos distintos:

Tabla 2 Diseño experimental factorial.

Vel. ang. (RPM)	inclinación (°)	Tratamiento	Y1 %	Y2 pesc /min
33	10°	1		
18	10°	2		
33	5°	3		
18	5°	4		

Los costos y tiempos que implican el tratamiento de experimentos son: Cambiar el reductor mecánico de velocidad junto con su soportería o, Adquirir e instalar un variador de frecuencia para realizar las pruebas teniendo en cuenta el costo de un variador de frecuencia en el mercado local y la confiabilidad de la empresa hacia el diseño experimental.

Rearmar la estructura para cambiar el ángulo de inclinación del tambor con respecto al piso.

Se partió con una velocidad angular de 33 RPM que existía un motoreductor disponible, se consideró esta velocidad según catálogos de máquinas escamadoras existentes en el mercado europeo.

El pescado ingresaba bien pero en su trayecto se lastimaba y salía de la máquina en un tiempo muy corto sin haber sacado muchas escamas. Se recomienda usar un variador de frecuencia para las pruebas de la máquina, pero por falta disponibilidad de equipos no se consiguió hacer las pruebas con este.

Analizadas las variables de entrada (Velocidad e inclinación) se pretendió incidir sobre estas para optimizar la salida (% escamado).

El porcentaje de escamado aumenta inversamente proporcional a la inclinación. Los cambios realizados fueron los de reducir la velocidad angular del motor a 18

RPM y de disminuir la inclinación del tambor a de 10° a 5° para tener un avance horizontal más lento, manteniendo durante más tiempo al pescado dentro del tambor.

Debido a poca mano de obra se realizaron apenas dos ajuste con los valores antes mencionados. Se mejora notablemente el escamado de los pescados, se consigue sacar las escamas en un 40% en los pescados pequeños y un 20% en los pescados grandes.

Entiéndase por pescados pequeños a tallas inferiores a 15 cm, y pescados grandes a tallas superiores a esta medida.

Se realizan pequeños cortes a la malla para crear un efecto de criba interior y este desprenda las escamas por las puntas con filo que han quedado.

Una vez definido el tratamiento ganador (Tratamiento 4), se hace repetición del experimento con una cantidad mayor de pescados como comprobación de experimento.

## RESULTADOS

Tabla 3. Resultados de la cortadora de cabeza y cola.

	Cantidad de pescados grandes	Cortes satisfactorios	Cortes defectuoso	Eficiencia de la máquina
Lado izquierdo	144	125	19	86.81
Lado derecho	144	126	18	87.50
PROMEDIO %				87.15%

Tabla 4. Resultados de la cortadora de panza.

Cantidad de pescados	Cortes satisfactorios	Cortes defectuosos	Eficiencia de la máquina
144	128	16	88.89%

Tabla 5. Resultados de la escamadora luego de la selección del tratamiento ganador en el diseño experimental.

Niveles de escamación	Ponderación: %	Pescados grandes	Pescados pequeños	Producción (pesc/min)
Malo	20	113	7	97
Regular	40	31	41	
Bueno	60	0	8	
Muy bueno	80	0	0	
<b>Total</b>		144	56	
<b>Tiempo de procesado (min.)</b>		1.5	0.75	
<b>Eficiencia:</b>		<b>24.31%</b>	<b>40.36%</b>	

## PARÁMETROS DE INTERÉS

Las medidas de corte deben ser calibradas cuando se tengan variaciones de tamaño de pescado, como en época de agujajes o en épocas próximas a la veda.

El nivel de las gavetas recolectoras de cabeza, cola, vísceras y panza deben estar por debajo del límite permitido.

Se recomienda que la escamadora debe tener una inclinación regulable y un variador de frecuencia para la regulación de la velocidad y calibración dependiendo de la cantidad de escamas que tenga el pescado y mantenerlo durante el tiempo que el operador considere prudente.

La temperatura del pescado incide directamente sobre el rendimiento de las escamadora, para pescados muy templados o congelados es imposible retirar escamas sea manual o con máquina.

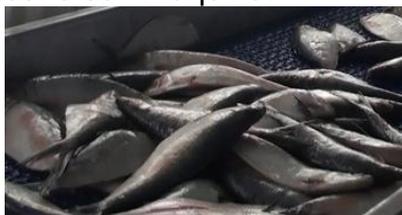


Figura 15. Pescados después del escamado



Figura 16. Pescados después de la cortadora de cabeza y cola



Figura 17. Pescados después de la cortadora de panza



Figura 18. Escamadora de pescado



Figura 19. Cortadora de cabeza y cola junto a la cortadora de panza.

## ANÁLISIS ECONÓMICO

La inversión realizada por la empresa en las máquinas construidas representa un ahorro frente a la compra de máquinas de importación y posterior adecuación al tipo de pescado de las costas ecuatorianas.

El costo por la cortadora de cabeza y cola fue de \$ 34918 con una producción de 350 pescados/min, para la cortadora de panza fue de \$ 15600 con una producción de 179 pescados/min mientras que para la

escamadora fue de \$9437.78 con una producción de 100 pescados/min dando un total de \$ 59956.24.

El beneficio presupuestado anual para la línea de procesamiento de pescado es de \$412,875.20. El valor actual neto es de \$ 1,289,589.92 considerando el 15% de depreciación. La tasa interna de retorno es de 38% para un periodo de 5 años de vida de las máquinas.

### **CONCLUSIONES**

- Se diseñaron y construyeron las máquinas cortadora de cabeza y cola y cortadora de panza cumpliendo las normas FDA, un prototipo definido de escamadora construida en acero A36 para su posterior elaboración en acero inoxidable 304 y seleccionado el equipo para la succión de vísceras y clasificación por tamaños que trabajará en la planta industrial de la empresa Promopesca S.A. de la ciudad de Manta.
- Los materiales utilizados en la construcción de la línea de procesamiento fueron seleccionados según los requerimientos de la empresa y en base a las normas FDA para alimentos, cumpliendo con normas técnicas de operatividad, seguridad y mantenimiento, y brindan flexibilidad en las medidas de producto terminado en la cortadora de cabeza y cola y cortadora de panza.
- La selección de equipos y materiales utilizados en su mayoría fueron adquiridos en el mercado local para efectos de disponibilidad inmediata y recambio de piezas para mantenimiento de las máquinas y las piezas adquiridas en el mercado nacional fueron adquiridas con más unidades para tener en stock y evitar paros de la

línea. Todas las partes diseñadas en software CAD, fueron pensadas en el ahorro de material y el aprovechamiento del espacio físico de la planta, para no desperdiciar materiales ni áreas de la planta, así como el empleo de equipos eléctricos de plástico que cumplan con el grado de protección IP 65 y brindar seguridad a los operadores.

- En la máquina escamadora se realizaron 4 combinaciones de experimentos para poder lograr retirar escamas, pues no se tenía suficiente información de la cual partir, se corrigieron fallas y se obtuvo un rendimiento limitado con un prototipo de bajo presupuesto acorde al requerimiento y recursos de la empresa.

### **RECOMENDACIONES**

- El empleo de herramientas que trabajen el material de acero inoxidable es importante a la hora de la construcción de las máquinas pues si se usa equipo común podría hacer que las partes trabajadas se oxiden y deje de ser alimenticia.
- El tiempo que tome la construcción o el mantenimiento de las máquinas depende de la disponibilidad de piezas en el mercado local, por tal motivo hubo máquinas que se construyeron más rápido que otras debido al acceso a los materiales.
- Se deben construir las máquinas pensando en futuros cambios, transporte de las máquinas, diferentes calibraciones y flexibilidad al sistema, y sirva para otras tallas de pescado, como en el caso de la medida de corte de la cortadora de cabeza y cola. Al diseñar piezas y ensambles se debe procurar adaptarse a los materiales y las cantidades comerciales para reducir costos evitando desperdicios

de materiales y el uso de equipos seguros de buena calidad que sean aptos para el ambiente húmedo de trabajo de la planta.

- El diseño experimental conlleva un proceso de planeación, corridas de pruebas, análisis detallado de variables, algunas veces pérdidas de dinero y tiempo por tal motivo se debe evaluar minuciosamente cada una de las etapas y disponer de recursos para su investigación y desarrollo. En la escamadora se deben analizar aún más variables como lo son temperatura de almacenamiento, temperatura de procesado, tiempo de almacenamiento cuyos factores no se pudieron probar debido a la irregularidad de abastecimiento y almacenamiento del producto.

## REFERENCIAS

- UNIÓN EUROPEA. CF EUROPA. "Materiales y objetos en contacto con los alimentos". Etiquetado y embalaje de los productos. Dirección General de Sanidad y Consumidores. (2009)
- MERCHAN, Héctor. "Manual curso taller de manipulación de alimentos". Oficina de alimentos. MINISTERIO DE SALUD. (Buenos aires, Argentina). (2011) p. 12
- DELGADO BENAVIDES, F. "Estudio y diseño de mecanismos y sistemas de protección para las máquinas de trabajar la madera: Tupis y sierras circulares Fundación MAPFRE, Madrid. (1982) pp.18-25
- ZEGARRA Kenyi. "Especificaciones de la hoja". Aserrado. Noviembre (2010). 25 p.
- DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. "Utilizar una sierra circular, herramientas de corte. Herramientas eléctricas accesorios. (2010).
- SAENZ CARRERA, Carlos Omar. "Diseño y construcción de un

sistema de extracción de Viruta controlado para la industria "maderas Equinoccio MADEQUISA CIA LTDA". Ecuador. (2009). 258 p.

- QUIMINET. "El funcionamiento de una bomba de vacío y sus características". Maquinaria y equipo, Tratamiento de agua, maquinaria y equipo periférico. España. Julio (2011). 3 p.
- AR. SISTEMA DE VACIO. "Válvulas de retención de vacíos". Barcelona, España. (2007). 1 p.
- DHSC. Bombas para vacío por sello hidráulico diseño compacto. "Manual de operaciones". Febrero (2006). 10 p.
- NISBETT, R. J. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va ed.). Chicago: Mc Graw Hill. (2008). p 325.
- GONZALEZ Gonzalo Rey. "Apuntes para el cálculo de transmisiones para correas en V". Edición elaborada para la Asignatura Componentes Mecánicos de la Maestría de Diseño Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica del Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (ISPJAE). Ciudad de la Habana. Cuba. (1999). pp. 34-39
- INTRIAGO NACEVILLA Darwin, MANCHAY LASCANO Wellington. "Readecuación e implementación de un equipo para alineación láser de bandas y poleas en el laboratorio de análisis vibracional de la escuela de ingeniería de mantenimiento de la ESPOCH". Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador. (2011). 156 p.
- CHIORINO. "Productos, correas planos de transmisión, forma de construcción de las poleas". Ideas In Motion. Italia. (2005).
- SFK.com. "Transmisión por correas". Selección del tamaño del

rodamiento Cargas dinámicas del rodamiento, cálculos de las cargas dinámicas del rodamiento. S.L (2012).

- MOTT, R. L. Diseño de Elementos de Máquinas. México AlfaOmega

- SFK.COM. “Fricción; Estimación al momento de fricción”. Selección del tamaño del rodamiento Cargas dinámicas del rodamiento, cálculos de las cargas dinámicas del rodamiento. (2012).

- PÉREZ GONZÁLEZ Antonio. “Calculo resistente de Chavetas”. Mecapedia, Enciclopedia Virtual de Ingeniería Mecánica. Área de Ingeniería Mecánica. Dpto. Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I, Castellón, España. (2006). pp. 1-3

- PIOVAN Marcelo Tulio. “Proyecto de cálculos y ejes y elementos accesorios”. Generalidades. Revisión de métodos estático, métodos dinámicos por fatiga. (2004).

- BUENAS TAREAS. “Método de dobles integración”. Santo domingo. Republica Dominicana. (2010).

- NORTON. “Diseño de las maquinas”. Editorial Prentice Hall. (1999). p. 156

- [http://www.mecapedia.uji.es/d deformaciones\\_en\\_la\\_torsion.htm](http://www.mecapedia.uji.es/d deformaciones_en_la_torsion.htm), Deformaciones a la torsión, español, 10 de noviembre del 2012

- <http://civil-arquitectura.blogspot.com/2010/05/ejemplo-de-producto-de-inercia.html>, Producto de inercia, español, 5 de noviembre del 2012

- L. Ortiz Berrocal, Elasticidad, ed. McGraw-Hill, Madrid, 1998. p 45

- [http://www.tecnologiamecanica.com/teoria\\_y\\_practica/elementos\\_de\\_maquinas.htm](http://www.tecnologiamecanica.com/teoria_y_practica/elementos_de_maquinas.htm), Elementos de máquinas, español, 12 de octubre del 2012.

- GARCIA ROCHE Laura, OLMO Verónica. “La industria Alimentaria. Tecnología del pescado”. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad Politécnica de Catalunya. España.(s.f.). p. 12

- <http://www.misrespuestas.com/que-son-los-fusibles.html>, ¿Qué son los fusibles?, español, 15 de noviembre del 2012.

- <http://www.publysoft.net/~watos/pulsador.htm>, Pulsadores, español, 15 de noviembre del 2012.

- [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/que\\_es.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm), Sensor transductor, español, 15 de noviembre del 2012

- P, H. G., & De la Vara Salazar, R. Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw Hill, (2008). 345 p.

- BUCKINGHAM, E: Analytical Mechanics of Gear, New York, Toronto/London 1949.

- <http://www.renold.es/Products/TransmissionChainSprockets/TransmissionChainIndexPage.asp>, plc, R. (s.f). Cadena de rodillos Renold Chain, español, 17 de noviembre de 2012

- TRANSTECNO, m.g. Reductores de sinfin corona. CM-CPM, (2011). p. 7

- <http://es.scribd.com/doc/22590266/Coeficientes-de-friccion-Cinetica-y-Estatica>, Coeficientes de fricción cinética y estática, español, 24 de octubre del 2012

- OTERO, A. . Triomachine S.A., Pontevedra, España. (2011). 37 p.

- BOOTHROYD, G. Assembly Automation and Product Design. Taylor&Francis. (2005). pp. 72-145