

Design and evaluation of strategies for the aggregate planning of a company dedicated to the manufacture of canned fish in Ancash - Peru

Guillermo Segundo Miñan-Olivos, Magister en Gestión Pública¹, Wilson Daniel Simpalo-Lopez, Maestro en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras², Williams Esteward Castillo-Martinez, Maestro en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras²

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c20342@utp.edu.pe

²Universidad Nacional del Santa, Perú, wsimpalol@uns.edu.pe, wcastillo@uns.edu.pe

Abstract: The research was intended to describe the design and evaluation of strategies for the aggregate planning of a company dedicated to the manufacture of fish canned goods. To this end, descriptive research was carried out with a longitudinal non-experimental design. The results demonstrated a high variability in the behaviour of sales, typical of the Peruvian fishing sector, and when analyzing different forecast alternatives it was chosen to use a series breakdown, with a multiplicative model and seasonal length of 6 periods; which presented the lowest absolute average percentage error compared to other quantitative methods. The initial evaluation of the aggregate plans determined that a demand pursuit strategy generated the lowest value of total costs, as it was estimated at \$334,957; while the leveling strategy reached a value of \$385,275 and the use of an overtime strategy amounting to \$376,056. Similarly, plans were evaluated using production ratios and it was determined that a demand pursuit strategy would employ \$2.33 per cash produced, while overtime and leveling plans had higher amounts and would reach between \$2.37 and \$2.63 per cash produced, respectively. On the other hand, simulations by Monte Carlo's method showed that in 10,000 different sales scenarios, there was a 95.10% chance that, following a demand pursuit strategy, costs do not exceed \$311,753. In addition, a further 10,000 random sales cases were simulated and it was established that the pursuit plan, in contrast to the overtime strategy, would generate lower costs per cash produced, with a 95.04% probability that the difference will exceed the \$0.05/cash produced. Finally, through a design and evaluation of strategies for aggregate planning, it was concluded that a demand pursuit strategy would optimize production costs in a company dedicated to the manufacture of fish canned in Ancash – Peru.

Keywords: aggregate planning, Monte Carlo simulation, sales forecast, costs, canned fish.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.254>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Diseño y evaluación de estrategias para el planeamiento agregado de una empresa dedicada a la fabricación de conservas de pescado en Ancash - Perú

Guillermo Segundo Miñan-Olivos, Magister en Gestión Pública¹, Wilson Daniel Simpalo-Lopez, Maestro en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras², Williams Esteward Castillo-Martinez, Maestro en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras²

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c20342@utp.edu.pe

²Universidad Nacional del Santa, Perú, wsimpalol@uns.edu.pe, wcastillo@uns.edu.pe

Resumen: La investigación tuvo por finalidad describir el diseño y evaluación de estrategias para el planeamiento agregado de una empresa dedicada a la fabricación de conservas de pescado. Para ello, se realizó una investigación de alcance descriptivo con un diseño no experimental longitudinal. Los resultados demostraron una alta variabilidad en el comportamiento de las ventas, propias del sector pesquero peruano, y al analizar distintas alternativas de pronóstico se optó por emplear una descomposición de series, con modelo multiplicativo y longitud estacional de 6 periodos; la cual presentó el menor error porcentual medio absoluto en comparación con otros métodos cuantitativos. La evaluación inicial de los planes agregados determinó que una estrategia de persecución de la demanda generaba el valor más bajo de costos totales, ya que se estimó en \$ 334,957; mientras que la estrategia de nivelación alcanzó un valor de \$ 385,275 y el uso de una estrategia con sobretiempos un monto de \$ 376,056. De la misma manera, se evaluaron los planes mediante ratios de producción y se determinó que una estrategia de persecución de la demanda emplearía 2.33 dólares por caja producida, mientras que, los planes de sobretiempo y nivelación presentaron montos más altos y alcanzarían entre 2.37 y 2.63 dólares por caja producida, respectivamente. Por otro lado, las simulaciones por el método de Montecarlo demostraron que ante 10,000 distintos escenarios de las ventas, existía un 95.10% de probabilidad de que, siguiendo una estrategia de persecución de la demanda, los costos no superen los \$ 311,753 dólares. Asimismo, se simularon otros 10,000 casos aleatorios respecto a las ventas y se estableció que el plan de persecución, en contraste con la estrategia de sobretiempos, generaría costos más bajos por caja producida, con una probabilidad del 95.04% de que dicha diferencia sea superior a los 0.05 dólares/caja producida. Finalmente, a través de un diseño y evaluación de estrategias para el planeamiento agregado, se pudo concluir que una estrategia de persecución de la demanda optimizaría los costos de producción en una empresa dedicada a la fabricación de conservas de pescado en Ancash – Perú.

Palabras clave: planeamiento agregado, simulación de Montecarlo, pronóstico de ventas, costos, conservas de pescado

I. INTRODUCCIÓN

La planeación es una etapa de vital importancia en cualquier tipo de proceso, independientemente del tipo de empresa o del giro del negocio. Sin embargo, muchas empresas, generalmente pequeñas y medianas, no reconocen el

factor relevante que puede suponer un adecuado planeamiento estratégico, táctico u operativo; y sus consecuencias sobre otras variables como los costos, rentabilidad o la productividad. Ahora bien, en el mediano plazo, toda empresa trata de igualar la capacidad de producción en correspondencia a una demanda determinada; en ese contexto, se aborda el tema de planeamiento agregado.

La planeación agregada es un proceso a través del cual una organización logra determinar niveles ideales de producción, capacidad, subcontratación, inventario y desabasto para un horizonte específico; en ese sentido, el rol fundamental de un plan agregado es idear una estrategia que minimice los costos para satisfacer la demanda y, por ende, asegurar el máximo de utilidades posible. Para lograr este objetivo, el análisis de planeación agregada debe identificar parámetros operacionales para un horizonte específico; entre estos parámetros se puede destacar los siguientes: tasa de producción, fuerza de trabajo, tiempo extra, inventario disponible, entre otros. Asimismo, se debe encontrar un equilibrio entre los parámetros mencionados, a través de estrategias a la medida e incluso hacer uso de modelos matemáticos (programación lineal) que incluyan en el análisis de posibles restricciones en el sistema productivo [1]. Entonces, diseñar un plan agregado resulta una tarea compleja, empezando por estimar el tamaño probable de la demanda, con el menor margen de error, hasta identificar la táctica que articule óptimamente los recursos de la empresa. Dicha problemática, en el caso del sector pesquero peruano dedicado a la producción de conservas (enlatados), se acentúa debido a la inestabilidad que pueda presentar la disponibilidad de los recursos hidrobiológicos y a la informalidad de los procesos gerenciales, presente en muchas empresas de la localidad. Por otra parte, también se puede evidenciar una precariedad en algunos análisis de ingeniería que no logran trasladar satisfactoriamente las técnicas teórico-académicas de la planeación agregada a casos reales de la industria o a particularidades de un determinado entorno, que suelen presentarse como en el sector pesquero peruano. En la Fig. 1 se puede notar que el mercado de enlatados en el Perú presentó un valor pico de ventas, sin considerar las exportaciones, en el año 2011, donde alcanzó un valor de 91.5 miles de toneladas métricas brutas y, desde entonces, ha presentado una tendencia a la baja hasta obtener 42.9 miles de toneladas métricas brutas para el año 2017.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.254>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

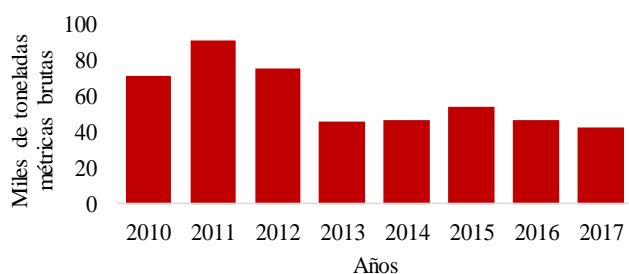


Fig. 1 Venta de productos pesqueros enlatados a nivel nacional [2]

El mismo comportamiento se observa para los niveles de producción de productos enlatados (pescados y mariscos). La Fig. 2 muestra que el valor más alto durante los últimos 8 años se ubicó en el 2011 correspondiente a 126,659 toneladas métricas brutas y luego se observa una tendencia a la baja hasta el 2017 pero con un repunte en el año 2018 donde se alcanzó una cifra de 65,395 toneladas métricas brutas.

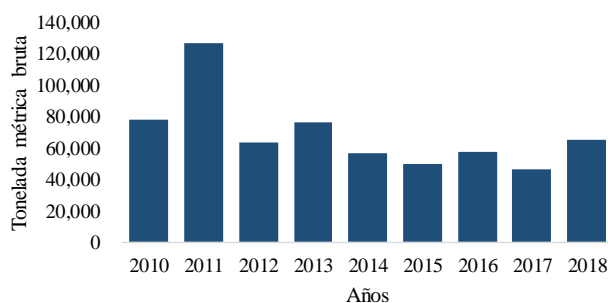


Fig. 2 Producción de enlatados de pescados y mariscos a nivel nacional [2]

Es importante destacar que Ancash representó, entre 1999 y 2018, el 66% de la producción nacional de conservas (enlatados) de pescado y mariscos.

II. METODOLOGÍA

La investigación fue de alcance descriptivo con un diseño no experimental longitudinal; es decir, se buscó especificar propiedades y características relevantes del fenómeno estudiado, sin manipular las variables deliberadamente y se analizó información en distintos periodos para obtener inferencias respecto a cambios, determinantes y consecuencias [3]. Para la obtención de resultados, se procedió con tres etapas: pronóstico de las ventas, diseño de planes agregados y evaluación del plan agregado óptimo.

Inicialmente, se analizaron las ventas históricas de la empresa y se corroboró que no existieran valores atípicos para poder continuar con posteriores análisis; es por ello por lo que se empleó la Prueba de Grubbs con un nivel de significancia de 0.05, ya que a través de ella se pudo evaluar si es que el conjunto de datos (ventas históricas) provenía de una población de datos sin dispersiones atípicas. Luego, para poder predecir el comportamiento de las ventas, se analizaron diversos métodos cuantitativos de pronósticos (tendencia lineal, suavizado exponencial simple, suavizado exponencial

doble y método de Winters) que fueron procesados en Minitab 18 y se seleccionó el pronóstico con el menor error porcentual medio absoluto, también denominado MAPE [4].

Posteriormente, con las ventas estimadas (input del sistema de planeación agregada), se procedió a diseñar planes agregados viables utilizando ratios de producción e información de costeo que se muestran en la Tabla 1. La producción de jornaleros (personal dedicado a actividades de etiquetado y a otras tareas, directamente relacionadas al proceso productivo) se refiere al producto terminado que en promedio se obtiene por cada trabajador durante una jornada laboral en horario ordinario; así mismo, se indica que este personal tiene un salario diario de 9.27 dólares. Por otro lado, también se ha considerado un tipo de mano de obra que se utiliza en la industria conservera, el cual gana por destajo o avance en el proceso de fileteo (corte y eviscerado del pescado); es decir, su salario está en función al volumen de producción y se le paga a cada uno de los trabajadores un valor de 1.53 dólares por caja (el pago es realizado en función a kilos de pescado pero se realizó la conversión para expresarlo en cajas de producto terminado).

En el caso de las cajas producidas en horario extraordinario (sobretiempo), se consideró un valor de 0.16 dólares por caja, cuyo valor total era dependiente de las horas asociadas al personal jornalero ya que el personal que trabaja por destajo no obtiene dicho pago adicional. Otro costo asociado a la mano de obra, y que se estimó relevante para el diseño de los planes agregados, son los beneficios sociales de los trabajadores, ya que al tener dos modalidades de pago eso influía directamente en los costos de pagos adicionales establecidos por la legislación peruana y que, desde el 2016, también incluye a las remuneraciones para los trabajadores de la industria pesquera del consumo humano directo en la modalidad de pago a destajo [5]. El valor para los beneficios sociales se calculó como un excedente equivalente al 40% del total de pagos por concepto de mano de obra. Como último costo derivado de la fuerza laboral, se estableció un costo de contratación por 28.98 dólares/trabajador (por conceptos de reclutamiento, entrenamiento, entre otros) y un costo por despido oscilante entre 130 a 246 dólares/trabajador. Solamente se consideró que se incurre en costos de contratación y despidos cuando se refería al personal jornalero y no para el personal a destajo; además, el costo de despido fue un valor variable dependiendo del mes en el que se efectuaba el despido al considerar que los pagos por liquidación de un trabajador son acumulables en función al periodo de trabajo.

Con relación a los inventarios, se estimó un costo de 0.58 dólares/caja por exceso de inventario (manipulación, transporte, gastos indirectos, entre otros) y, en el caso de las unidades faltantes necesarias para cumplir con la demanda, se estipuló un costo de 1.45 dólares por caja, asumiendo una penalidad por demora en la entrega de pedidos.

TABLA 1
INFORMACIÓN DE ENTRADA PARA EL DISEÑO DE PLANES AGREGADOS

| RATIO DE PRODUCCIÓN / COSTOS | UNIDAD DE MEDIDA | VALOR |
|---------------------------------|------------------------------|-----------|
| PRODUCCIÓN (JORNALEROS) | CAJAS DIARIAS POR TRABAJADOR | 80 |
| COSTO MANO DE OBRA | DÓLARES POR DÍA | 9.27 |
| COSTO DE MANO DE OBRA (FILETEO) | DÓLARES POR CAJA | 1.53 |
| COSTO DE SOBRETIEPO | DÓLARES POR CAJA | 0.16 |
| COSTO DE CONTRATACIÓN | DÓLARES POR TRABAJADOR | 28.98 |
| COSTO POR DESPIDO | DÓLARES POR TRABAJADOR | 130 - 246 |
| BENEFICIOS SOCIALES | PORCENTAJE | 40% |
| COSTO POR INVENTARIO | DÓLARES POR CAJA | 0.58 |
| COSTO DE FALTANTES | DÓLARES POR CAJA | 1.45 |

Los planes agregados se evaluaron mediante comparación de los costos absolutos (expresados en dólares totales) y costos relativos de producción (expresados en dólares invertidos por caja producida). Sin embargo, debido a que el sector pesquero peruano presenta un alto índice de variabilidad en las ventas, sobre todo por la disponibilidad de materia prima, el escenario previsto para el plan agregado óptimo presenta un grado de incertidumbre; en ese sentido, se realizó una simulación por el método de Montecarlo la cual permitió estimar la distribución de una variable de salida que dependía de una variable probabilística de entrada [6]. Es por ello por lo que se aplicó una prueba de normalidad, contrastada mediante el estadístico de Anderson-Darling, a un nivel de significancia del 5%, sobre las ventas (variable probabilística); para posteriormente ingresar datos al software Oracle Crystal Ball y simular la distribución de costos (variable de salida) con un número de pruebas de 10,000 y un nivel de confianza del 95%.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se inició la investigación con la recopilación de datos respecto al volumen de ventas mensual de la empresa durante el periodo de enero 2017 a julio de 2019 y se utilizó como unidad agregada la presentación en cajas, tal como se puede observar en la Fig. 3.

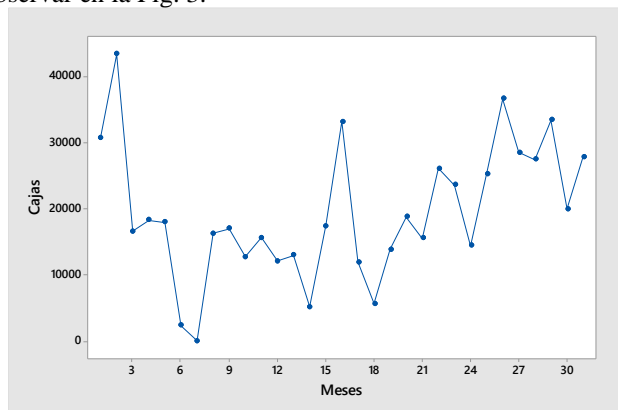


Fig. 3 Ventas históricas expresadas en cajas por mes durante el periodo enero 2017 a julio 2019

A través de la Prueba de Grubbs, se pudo determinar que no existían valores atípicos ya que el valor p fue superior al α establecido (0.05); en ese sentido, al tener un $p = 0.409$ se indicaba que existía un 40.9% de probabilidad de cometer un error al rechazar la aseveración de que todos los valores provienen de la misma población normal. Posteriormente, las ventas históricas se procesaron y se seleccionó un pronóstico con una técnica de descomposición de series de tiempo, con modelo multiplicativo y longitud estacional de 6 periodos, tal como se puede observar en la Fig. 4.

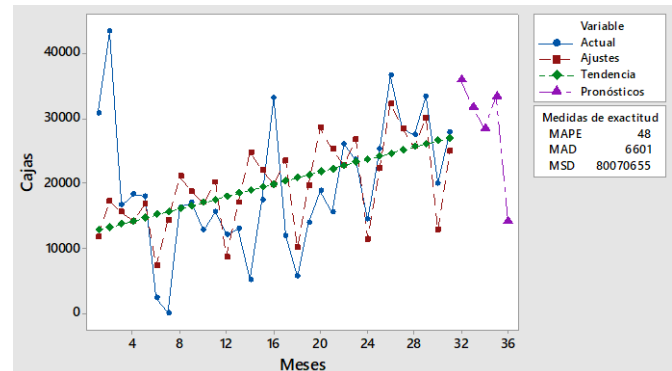


Fig. 4 Descomposición de series de tiempo, con modelo multiplicativo y longitud estacional de 6 periodos, para las ventas históricas de la empresa entre enero del 2017 y julio de 2019

El MAPE presentado por la técnica de pronóstico seleccionada fue de 48%, mientras que en otras alternativas dicho valor fue superior: 62% con un modelo de tendencia lineal, 68% con suavizado exponencial simple y 66% con suavizado exponencial doble. También se evaluó un pronóstico adicional al utilizar el método de Winters, descrito en una investigación aplicada para una empresa de conservas de pescado en la provincia de Santa – Ancash y donde el MAPE obtenido fue de 6% para un periodo anual [7]. Sin embargo, dicha metodología resultó inviable para la realidad del presente estudio. La Fig. 5 muestra el error absoluto del pronóstico por cada periodo y se observa que tiene una tendencia a la baja por lo que se continuó con su aplicación.

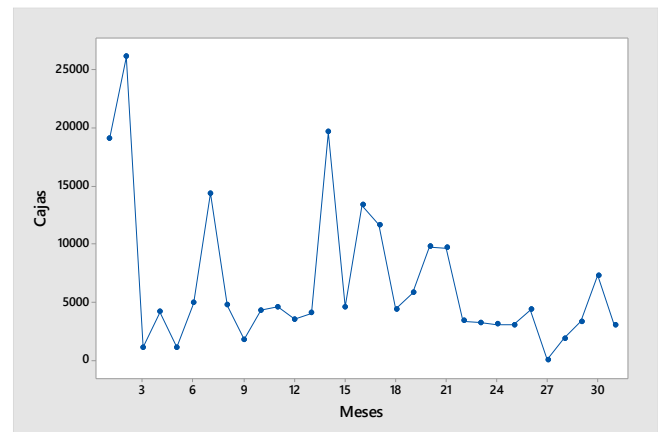


Fig. 5 Error absoluto obtenido al aplicar la descomposición de series de tiempo para las ventas históricas de la empresa

Posteriormente, teniendo la demanda estimada en cajas como información de entrada, se diseñaron tres estrategias de producción: de persecución, de nivelación y de sobretiempos.

La Tabla 2 presenta el plan agregado diseñado siguiendo una estrategia de persecución de la demanda; es decir, un escenario donde solo se produciría lo necesario para cumplir con la demanda en cada periodo y para lo cual se contrataría o despediría trabajadores. Al contar con 15 trabajadores al inicio del periodo analizado, el plan contempló una contratación total de 5 trabajadores por un valor de \$ 145 dólares y el despido de 13 trabajadores por un monto de \$ 2,999 dólares. En este plan, se considera que solo se producirá las unidades demandadas sin generar inventarios ni asumir faltantes. Otro punto importante que se debe destacar es que se asumió que los trabajadores del área de fileteo no generaban costos por contratación o despido debido a la modalidad de trabajo y a la realidad del sector laboral pesquero.

La Tabla 3 muestra el plan diseñado para cumplir con la demanda siguiendo una estrategia de nivelación; es decir, se mantendría una fuerza laboral constante de 14 trabajadores con pago por jornal, se generaría periodos con exceso de inventario y se asumiría incumplimientos temporales de los pedidos realizados por los clientes. En este escenario se contempló costos por manipulación de inventario por un valor de \$ 5,124 dólares y un costo de \$ 42,070 dólares por falta de stock disponible.

La Tabla 4 describe un plan agregado donde se contempla el uso de una fuerza laboral constante de 14 trabajadores con pago diario (jornal), los cuales podían ser remunerados con pagos por sobretiempos según los requerimientos de producción. En dicho plan, se estimó que los costos relacionados a la manipulación de inventario ascenderían a \$ 9,765 dólares y los costos de la mano de obra por el uso de horas extras representarían un valor de \$ 1,870 dólares.

TABLA 2
PLAN AGREGADO APLICANDO UNA ESTRATEGIA DE PERSECUCIÓN DE LA DEMANDA

| Estrategia de persecución | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Días laborables | 27 | 25 | 27 | 26 | 26 | 131 |
| Unidades por trabajador | 2160 | 2000 | 2160 | 2080 | 2080 | 10480 |
| Demanda | 35991 | 31699 | 28429 | 33429 | 14082 | 143630 |
| Trabajadores requeridos | 17 | 16 | 14 | 17 | 7 | 71 |
| Trabajadores al inicio del periodo | 15 | 17 | 16 | 14 | 17 | 79 |
| Trabajadores contratados | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 5 |
| Costo de trabajadores contratados | \$ 58 | \$ - | \$ - | \$ 87 | \$ - | \$ 145 |
| Trabajadores despedidos | 0 | 1 | 2 | 0 | 10 | 13 |
| Costo de trabajadores despedidos | \$ - | \$ 159 | \$ 377 | \$ - | \$ 2,463 | \$ 2,999 |
| Trabajadores utilizados | 17 | 16 | 14 | 17 | 7 | 71 |
| Costo de mano de obra | \$ 4,256 | \$ 3,709 | \$ 3,505 | \$ 4,099 | \$ 1,688 | \$ 17,256 |
| Costo de mano de obra (fileteo) | \$ 55,066 | \$ 48,499 | \$ 43,496 | \$ 51,146 | \$ 21,545 | \$ 219,753 |
| Beneficios sociales de trabajadores | \$ 23,729 | \$ 20,883 | \$ 18,800 | \$ 22,098 | \$ 9,293 | \$ 94,804 |
| Unidades producidas | 35991 | 31699 | 28429 | 33429 | 14082 | 143630 |
| Costo total | \$ 83,109 | \$ 73,251 | \$ 66,178 | \$ 77,429 | \$ 34,989 | \$ 334,957 |

Elaboración propia basada en los costos de la Tabla 1. Tipo de cambio referencial de 3.451 soles por dólar americano

TABLA 3
PLAN AGREGADO APLICANDO UNA ESTRATEGIA DE NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CON FUERZA LABORAL CONSTANTE

| Estrategia de nivelación | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Días laborables | 27 | 25 | 27 | 26 | 26 | 131 |
| Unidades por trabajador | 2160 | 2000 | 2160 | 2080 | 2080 | 10480 |
| Demanda | 35991 | 31699 | 28429 | 33429 | 14082 | 143630 |
| Trabajadores | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 70 |
| Unidades producidas | 30240 | 28000 | 30240 | 29120 | 29120 | 146720 |
| Inventario | 5751 | -9450 | -7639 | -11948 | 3090 | -20196 |
| Costo de unidades en inventario | \$ 3,333 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ 1,791 | \$ 5,124 |
| Unidades faltantes | 0 | 9450 | 7639 | 11948 | 0 | 29037 |
| Costo de unidades faltantes | \$ - | \$ 13,692 | \$ 11,068 | \$ 17,311 | \$ - | \$ 42,070 |
| Costo de mano de obra | \$ 3,505 | \$ 3,245 | \$ 3,505 | \$ 3,375 | \$ 3,375 | \$ 17,006 |
| Costo de mano de obra (fileteo) | \$ 46,267 | \$ 42,840 | \$ 46,267 | \$ 44,553 | \$ 44,553 | \$ 224,480 |
| Beneficios sociales de trabajadores | \$ 19,909 | \$ 18,434 | \$ 19,909 | \$ 19,171 | \$ 19,171 | \$ 96,595 |
| Costo total | \$ 73,014 | \$ 78,211 | \$ 80,749 | \$ 84,411 | \$ 68,891 | \$ 385,275 |

Elaboración propia basada en los costos de la Tabla 1. Tipo de cambio referencial de 3.451 soles por dólar americano

TABLA 4
PLAN AGREGADO APLICANDO UNA ESTRATEGIA DE SOBRETIEPO CON FUERZA LABORAL CONSTANTE

| Estrategia de sobretiempo | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Días laborables | 27 | 25 | 27 | 26 | 26 | 131 |
| Unidades por trabajador | 2160 | 2000 | 2160 | 2080 | 2080 | 10480 |
| Demanda | 35991 | 31699 | 28429 | 33429 | 14082 | 143630 |
| Trabajadores | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 70 |
| Unidades producidas en tiempo normal | 30240 | 28000 | 30240 | 29120 | 29120 | 146720 |
| Inventario | 0 | 0 | 1811 | 0 | 15038 | 16849 |
| Costo de unidades en inventario | \$ - | \$ - | \$ 1,050 | \$ - | \$ 8,715 | \$ 9,765 |
| Unidades producidas en sobretiempo | 5751 | 3699 | 0 | 2498 | 0 | 11948 |
| Costo de unidades sobretiempo | \$ 900 | \$ 579 | \$ - | \$ 391 | \$ - | \$ 1,870 |
| Costo de mano de obra | \$ 3,505 | \$ 3,245 | \$ 3,505 | \$ 3,375 | \$ 3,375 | \$ 17,006 |
| Costo de mano de obra (fileteo) | \$ 55,066 | \$ 48,499 | \$ 46,267 | \$ 48,375 | \$ 44,553 | \$ 242,761 |
| Beneficios sociales de trabajadores | \$ 23,788 | \$ 20,929 | \$ 19,909 | \$ 20,857 | \$ 19,171 | \$ 104,655 |
| Costo total | \$ 83,259 | \$ 73,253 | \$ 70,730 | \$ 72,998 | \$ 75,815 | \$ 376,056 |

Elaboración propia basada en los costos de la Tabla 1. Tipo de cambio referencial de 3.451 soles por dólar americano

Al evaluar los costos totales por cada plan agregado se puede observar que un plan de persecución generaría \$ 50,318 dólares menos en comparación con el plan que usa una estrategia de nivelación, asimismo, la diferencia con el plan de sobretiempos estaría en \$ 41,099 dólares menos. Sin embargo, también se puede notar que los volúmenes de producción son distintos ya que en el caso del plan de persecución de la demanda solo se contempló una producción de 143,630 cajas, igual a la demanda; mientras que el plan de nivelación incluyó un total de 146,720 cajas producidas y el plan con sobretiempos abarcó un nivel de producción de 158,668 cajas. Es por ello por lo que en la Tabla 5 se puede observar los costos relativos de producción (expresados en dólares invertidos por caja producida) y se nota que los costos asociados a la mano de obra no resultan determinantes ya que, independientemente del plan, la diferencia no es significativa. En el caso de los costos por faltante o exceso de inventario, se puede apreciar que, si tienen un impacto considerable en los costos, sobre todo en el plan de nivelación donde representan el 12% del costo por cada caja producida; así mismo, son los que determinan un costo mayor al comparar el plan de sobretiempos y el plan de persecución.

TABLA 5
COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS, POR CADA PLAN AGREGADO, MEDIANTE RATIO EXPRESADO EN DÓLARES POR CAJA PRODUCIDA

| COSTOS/ESTRATEGIAS | PERSECUCIÓN | NIVELACIÓN | SOBRETIEPO |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| CONTRATACIÓN/DESPIDO | 0.02 | | |
| MANO DE OBRA | 0.12 | 0.12 | 0.11 |
| MANO DE OBRA (FILETEO) | 1.53 | 1.53 | 1.53 |
| SOBRETIEPO | | | 0.01 |
| BENEFICIOS SOCIALES | 0.66 | 0.66 | 0.66 |
| INVENTARIO | | 0.03 | 0.06 |
| FALTANTE | | 0.29 | |
| TOTAL | 2.33 | 2.63 | 2.37 |

Una comparación relacionada a los niveles de producción, sobre todo al momento de comparar planes con distintos volúmenes de producción o valores monetarios en diferentes periodos de tiempo, resulta relevante ya que pondera el grado de productividad en el uso de los recursos.

Tal como se muestra en el análisis de pronósticos, las ventas presentan una variabilidad importante mostrando valores altos y muy bajos durante su comportamiento histórico. En concordancia con ello, se llevó a cabo una simulación de datos mediante el método de Montecarlo para determinar la probabilidad de cumplimiento respecto a los costos calculados en el plan agregado por persecución de la demanda, es decir, evaluar si la variabilidad de las ventas puede influir negativamente en la confiabilidad del monto presupuestado, sobre todo ante un incremento significativo del mismo, lo cual implicaría una problemática en la gestión financiera de la empresa.

Pero antes de llevar a cabo esta simulación, fue necesario que en primer lugar se estableciera si las ventas seguían una distribución normal, lo cual se pudo corroborar mediante una prueba de normalidad realizada en Minitab 18, tal como se muestra en la Fig. 6.

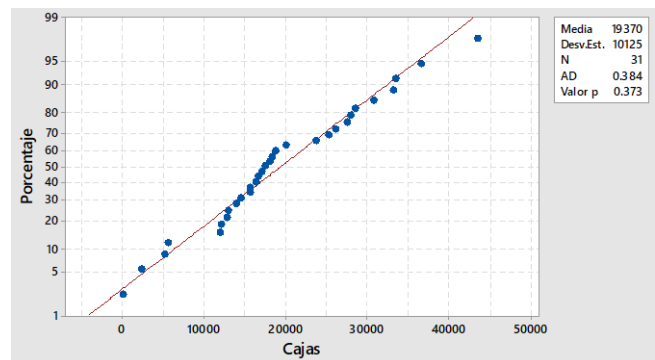


Fig. 6 Prueba de normalidad aplicada a las ventas históricas

La prueba de normalidad presentó un valor p de 0.373 (nivel de significancia $\alpha = 0.05$) lo cual indicaba que existía una probabilidad de 37.3% de error al aseverar que los datos procesados no seguían una distribución normal.

Al haber determinado la normalidad de los datos correspondientes a las ventas, se procedió a ingresar información al software. En la Fig. 7 se muestra la selección de una distribución normal para las ventas con una media de 19,370 cajas y una desviación estándar de 10,125 cajas; así mismo, se modificó la distribución seleccionada al establecer que el valor mínimo de ventas era 0 y la capacidad máxima de ventas era 45000 cajas por mes.

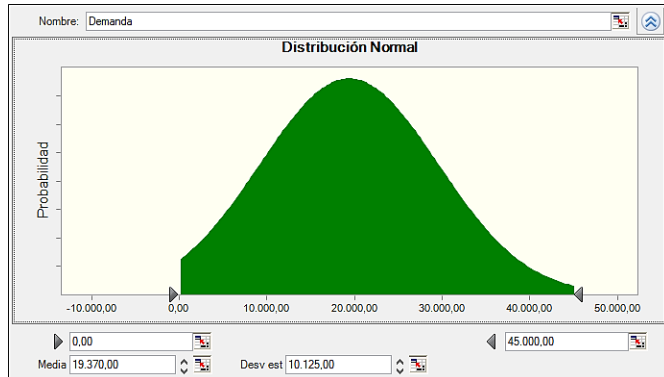


Fig. 7 Ingreso de datos a Oracle Crystal Ball respecto a la distribución de las ventas (expresadas en cajas)

El software calculó los costos totales del plan agregado con estrategia de persecución, luego de haber modificado aleatoriamente, mediante el método de Montecarlo, los volúmenes de ventas mensual. La Fig. 8 muestra los resultados donde se indica una probabilidad del 95.10% de que los costos, del plan agregado con estrategia de persecución, no excedan los \$ 311,753 dólares, es decir, que solo se emplearía un 93% respecto al monto presupuestado para dicho plan (Tabla 2). Asimismo, también se puede notar que los costos se ajustan a una distribución Beta.

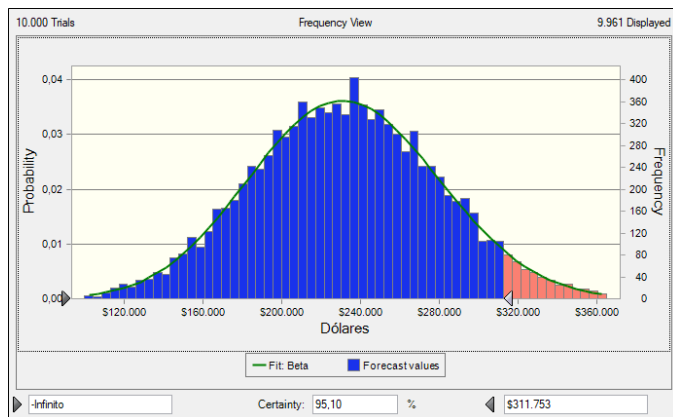


Fig. 8 Simulación por método de Montecarlo respecto a los costos totales empleando un plan de persecución ante 10,000 escenarios aleatorios en el volumen de las ventas

Otro punto importante que se evaluó fue la diferencia que podría generarse entre los planes diseñados ante distintos escenarios en las ventas; es decir, la probabilidad de que el plan de persecución de la demanda no sea idóneo dependiendo de la variabilidad de las ventas. Ante ello, se realizó una simulación que comparó los costos por caja producida entre en el plan de persecución y el plan de sobretiempos (al ser el plan que presentó menor diferencia en los índices económicos). La Fig. 9 muestra que existe un 95.04% de probabilidad de que, antes distintos cambios en los volúmenes de ventas, el plan de persecución genere un mayor beneficio económico en comparación con el plan que contempla sobretiempos; es decir, en 9504 casos simulados, de un total 10000, la diferencia entre ambos planes fue superior a los 0.05 dólares por caja producida.

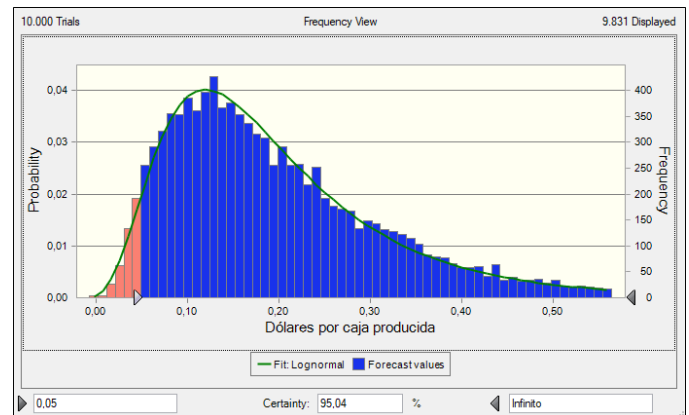


Fig. 9 Simulación por método de Montecarlo respecto a la diferencia en los costos por caja producida entre el plan de persecución y el plan con sobretiempos ante 10,000 escenarios aleatorios en el volumen de las ventas

Algunos autores optan por el uso de modelos matemáticos que optimizan los resultados para un determinado tamaño de la demanda y con restricciones presentes en el sistema productivo; sin embargo, en algunos casos las soluciones pueden presentar valores no aplicables a la realidad y que por tanto requieran de análisis adicionales para modelar un plan factible [8]. En otros casos, el modelo matemático solo se enfoca en la maximización de resultados incluyendo diversas restricciones, pero con una variable crítica como el costo derivado del número de trabajadores a contratar o despedir [9]. Con el avance tecnológico y con una era computacional sobresaliente, es importante que los estudios sobre planeamiento agregado de la producción incluyan en sus respectivos análisis la incertidumbre que se genera ante comportamientos inestables en la demanda, presentes en ciertas industrias o sectores económicos; lo cual resultó ser muy necesario en el presente estudio ya que el análisis estadístico demostraba escenarios inciertos respecto a los volúmenes de venta de conservas de pescado (enlatados) lo que a su vez es una característica inherente al sector pesquero ya que el desarrollo de esta industria depende, en gran medida, de condiciones climáticas que facilitan la disponibilidad de recursos hidrobiológicos.

IV. CONCLUSIÓN

El mercado de conservas de pescado (enlatados) es una actividad económica importante en el Perú, que genera miles de puestos de trabajo y cuyos volúmenes históricos de producción han alcanzado cifras importantes (véase Fig. 1 y Fig. 2). La región de Ancash se ha convertido en un eje productivo importante para el desarrollo de las actividades pesqueras destinadas al consumo humano directo en el Perú (representa el 66% de la producción nacional de enlatados durante los últimos 19 años), por lo cual, las empresas locales del sector deben orientar sus esfuerzos a la gestión adecuada de sus recursos humanos, tecnológicos y financieros; y en ese sentido, el planeamiento agregado resulta de vital importancia.

En el caso particular de la empresa estudiada, la presente investigación pudo concluir que las ventas presentaban un comportamiento inestable y un alto índice de variabilidad, como consecuencia de las características del sector. En ese sentido, a pesar de que el modelo actual de pronóstico mantiene un valor alto respecto al error porcentual medio absoluto (48%), se pudo evidenciar que en los últimos periodos dicho margen de error mantenía una tendencia a la baja por lo que se estima que en el corto plazo la descomposición de series de tiempo, con modelo multiplicativo y longitud estacional de 6 periodos, se ajustará adecuadamente a la demanda.

Respecto al plan agregado óptimo, se estableció que una estrategia de persecución de la demanda minimizaba los costos totales de producción hasta los \$ 334,957, para un periodo de 5 meses, y los costos unitarios por caja producida hasta los \$ 2.33. Asimismo, la simulación de costos, ante distintos escenarios del comportamiento de la demanda, demostró que existía un 95.10% de probabilidad que los costos asociados al plan agregado con estrategia de persecución no sobrepasen la suma de \$ 311,753 dólares. De la misma manera, al comparar el plan de persecución con el plan de sobretiempos, el cual obtuvo costos muy similares, la simulación de las ventas determinó una probabilidad del 95.04% de que la diferencia entre ambos supere los 0.05 dólares por caja producida.

Finalmente, se demostró que la metodología propuesta para el diseño y evaluación de estrategias de planeamiento agregado, en una empresa dedicada a la fabricación de conservas de pescado en Ancash – Perú, permitiría una adecuada toma de decisiones ante escenarios de incertidumbre basándose en la reducción de costos de producción. En ese sentido, el estudio representa una alternativa viable para la planificación táctica en otras empresas del sector pesquero.

REFERENCIAS

- [1] S. Chopra y P. Meindl, *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación*, 3^{ra} ed., México: Pearson Educación, 2008, pp.218-220.
- [2] Sistemas de consulta, Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.inei.gob.pe/sistemas-consulta/>

- [3] R. Hernández, C. Fernández y M. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 6th ed., México: McGraw-Hill, 2014, pp.152-159.
- [4] J. Taquíá, “Un enfoque bayesiano de planeación agregada orientado al retail marketing”, *Revista digital de la carrera de ingeniería de sistemas*, vol. 1, no. 8, pp. 27-47, agosto 2015
- [5] Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 27979, Diario Oficial El Peruano. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per161561.pdf>
- [6] C. Azofeifa, “Aplicación de la simulación Montecarlo en el cálculo del riesgo usando Excel”, *Tecnología en marcha*, vol. 17, no. 1, pp. 97-109, julio 2004.
- [7] G. López, J. Sifuentes, J. Gutiérrez y E. Morales, “Plan Agregado de Producción y la Productividad en una Planta de Producción de Conservas de Pescado”, *Infinitum*, vol. 6, no. 1, pp. 24-30, junio 2016.
- [8] R. Smith, A. Correa, y J. Aristizába, “Un enfoque de análisis multiobjetivo para la planeación agregada de producción”, *Dyna*, vol. 71, no. 141, pp. 15-27, marzo 2004
- [9] A. Caicedo, A. Criado, y K. Morales, “Modelo matemático para la planeación de la producción en una industria metalmecánica”, *Scientia et Technica*, vol. 24, no. 3, pp. 408-419, septiembre 2019