

# Integer and Binary Linear Programming and its impact on the increase in profits and sales decision of the hair products of “Frank Olivos Salón y Spa”

Quispe-Vásquez Luis, Doctor en Ciencias<sup>1</sup>, Ccasa- Johanson Luisa, Estudiante Ing. Industrial<sup>2</sup>, Noriega-Leiva Marianela, Estudiante Ing. Industrial<sup>3</sup>

1-3 Universidad Privada del Norte, Perú, luisquiva05@gmail.com, n00264539@upn.pe, n00194122@upn.pe

*Abstract- The present investigation was carried out in order to determine the impact of the application of Integer and Binary Linear Programming on the profits and the sales decision of hair products, in the hair salon “FRANK OLIVOS SALÓN Y SPA”, dedicated to the sector. hair care, with the sale of various hair products from different brands. For this purpose, Integer Linear Programming was applied to achieve optimal solutions and increased profits, and Binary Programming was applied to decide which hair products to invest in in greater quantities. For which integer linear programming modeling was carried out and applied, characterized in that an optimization problem is modeled using only linear inequalities, where for each problem each of the decision variables and restrictions are specified, having integer values as a result., achieving greater efficiency in hair salon management by finding optimal solutions through the various stages of the problem. Likewise, binary programming also intervened, characterized by being efficient in “Yes or No” type decision-making problems, thus allowing the most optimal decisions to be made in the hair salon with respect to hair products. Both models maximized profits and improved decision-making about which hair products to invest in.*

*Keywords Integer linear programming, binary programming, model, utilities, production plan.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LEIRD).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LEIRD).  
**DO NOT REMOVE**

# La Programación Lineal Entera y Binaria y su impacto en el incremento de las utilidades y decisión de venta de los productos capilares de “Frank Olivos Salón y Spa”

Integer and Binary Linear Programming and its impact on the increase in profits and sales decision of the hair products of “Frank Olivos Salón y Spa”

Quispe-Vásquez Luis, Doctor en Ciencias<sup>1</sup>, Ccasa- Johanson Luisa, Estudiante Ing. Industrial<sup>2</sup>, Noriega-Leiva Marianela, Estudiante Ing. Industrial<sup>3</sup>

1-3 Universidad Privada del Norte, Perú, luisquiva05@gmail.com, n00264539@upn.pe, n00194122@upn.pe

**Resumen-** La presente investigación fue realizada con el fin de determinar el impacto de la aplicación de la Programación Lineal Entera y Binaria, estas herramientas esenciales permiten tomar decisiones estratégicas, maximizar utilidades en cuanto a la decisión de venta de los productos capilares, en la peluquería “FRANK OLIVOS SALÓN Y SPA”, dedicada al sector de cuidado del cabello, mediante la venta de diversos productos capilares de marcas como L’oreal(Kérastase, L’oreal profesional, Redken) y Wella. Para ello se aplicó la Programación Lineal Entera para alcanzar soluciones óptimas e incremento de utilidades y la Programación Binaria para decidir en qué productos capilares invertir en mayor cantidad. Para lo cual se realizó y aplicó un modelamiento de programación lineal entera, caracterizada porque se modela un problema de optimización utilizando, únicamente, inecuaciones lineales, donde para cada problema se especifica cada una de las variables de decisión y las restricciones teniendo de resultado valores enteros, logrando una mayor eficiencia en la gestión de inventarios de la peluquería al encontrar soluciones óptimas a través de las diversas etapas del problema. Así mismo, también intervino la programación binaria, caracterizada por ser eficiente en problemas de tipo de toma de decisiones “Si o No”, permitiendo de esta forma tomar las decisiones más óptimas en la peluquería con respecto a los productos capilares. Ambos modelamientos maximizaron utilidades y mejoraron la toma de decisiones sobre en qué productos capilares invertir.

**Palabras Claves:** programación lineal entera, programación binaria, modelo, utilidades, decisión de venta.

**Abstract-** The present investigation was carried out in order to determine the impact of the application of Integer and Binary Linear Programming on the profits and the sales decision of hair products, in the hair salon “FRANK OLIVOS SALÓN Y SPA”, dedicated to the sector. hair care, with the sale of various hair products from different brands. For this purpose, Integer Linear Programming was applied to achieve optimal solutions and increased profits, and Binary Programming was applied to decide which hair products to invest in in greater quantities. For which integer linear programming modeling was carried out and applied, characterized in that an optimization problem is modeled using only linear inequalities, where for each problem each of the decision variables and restrictions are specified, having integer values as a result. , achieving greater efficiency in hair salon management by finding optimal solutions through the various stages of the problem. Likewise, binary programming also intervened, characterized by being efficient in “Yes or No” type decision-making problems, thus allowing the most optimal decisions to be made in the hair salon with respect to hair products. Both models maximized profits and improved decision-making about which hair products to invest in.

**Keywords** Integer linear programming, binary programming, model, utilities, production plan.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas se desarrollan en un mundo lleno de cambios, ya que las perspectivas son inciertas, rodeadas por las turbulencias del sector financiero, la elevada inflación, los efectos desatados por la invasión rusa de Ucrania y los tres años de COVID-19 [1]. De acuerdo con Ref. [2] las empresas se están enfrentando a nuevos desafíos producto de un contexto como el que vivimos y seguimos viviendo; volátil, incierto, complejo y ambiguo, es por esto, que las empresas se deben enfrentar con prudencia a la hora de abordar los riesgos del negocio, pero al mismo tiempo con osadía, para reinventar y cambiar el tablero estratégico, siendo las seis magnitudes claves que deben ser movilizadas para una óptima gestión: finanzas, operaciones, tecnología, organización, modelo de negocio y reputación. Debido a estos desafíos que las empresas se vienen enfrentando deben tomar decisiones, siendo estas decisiones empresariales que se toman en un contexto competitivo basándose principalmente en elementos cuantitativos que, a partir de modelos de decisión, permiten obtener información que facilitan la optimización de estas decisiones [3].

En el contexto actual de volatilidad e incertidumbre global, empresas como L’Oréal y Wella están navegando por un paisaje empresarial complejo, marcado por desafíos financieros significativos, alta inflación y las repercusiones de eventos geopolíticos como la invasión rusa de Ucrania y la persistente pandemia de COVID-19. A pesar de estos obstáculos, tanto L’Oréal como Wella han demostrado una notable capacidad de adaptación y resiliencia. L’Oréal, con ventas globales alcanzando los 20,57 millones de euros en el año 2023, ha reportado un crecimiento especialmente robusto en Latinoamérica, donde registró ventas de 1450,4 millones de euros [4]. De este total 2313,7 millones de euros provienen de productos profesionales, impulsados por éxitos como la gama anticasma Symbiose de Kérastase; formando parte del portafolio de L’Oréal; siendo esta línea bien recibida por los consumidores contribuyendo significativamente a sus ventas globales. Por otro lado, Redken, también parte de L’Oréal, ha respondido a las demandas del mercado con iniciativas innovadoras como el Metal Detox de L’Oréal Professionnel. Este producto, enfocado en la purificación del cabello, ha sido bien recibido por los consumidores y ha contribuido a mantener la competitividad de Redken en el mercado global de cuidado capilar profesional. Ambas marcas, bajo el paraguas de L’Oréal, han demostrado una resiliencia notable al enfrentar los desafíos económicos y geopolíticos actuales, al mismo tiempo que han aprovechado oportunidades estratégicas para mantener un crecimiento sostenido y una posición sólida en el mercado global de productos para el cuidado capilar profesional. De igual forma, este desempeño destaca la habilidad de L’Oréal para capitalizar nuevas oportunidades y fortalecer su posición en mercados clave a pesar del entorno desafiante. Por otro lado, Wella ha respondido a la creciente demanda en el cuidado del cuero cabelludo con productos innovadores de alto rendimiento, como el Nioxin Ultimate Power Serum, recomendado por el 91% de los usuarios. Esta estrategia no solo ha contribuido a aumentar sus ventas, sino que también refleja su capacidad

para adaptarse a las tendencias del mercado y mantener un crecimiento sostenido [5].

Ambas empresas, mediante una gestión estratégica cuidadosa y audaz, han logrado no solo sobrellevar las turbulencias del mercado global, sino también capitalizar nuevas oportunidades de negocio y mantener una trayectoria de éxito continuo en el competitivo sector de productos profesionales para el cuidado capilar.

Ante esta realidad, surge la necesidad de usar métodos cuantitativos para la toma de decisiones en los negocios, como lo es la programación lineal. Esta herramienta ha sido aplicada en diferentes áreas empresariales entre ellas tenemos: la producción, la manufactura, el transporte, la construcción, las telecomunicaciones, la planeación financiera, el cuidado de la salud, la milicia y los servicios públicos [6]. Como señala Ref. [7] la programación lineal es un método matemático de resolución de problemas donde el objetivo es optimizar (maximizar o minimizar) un resultado a partir de la selección de los valores de una agrupación de variables de decisión, respetando restricciones correspondientes a disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas, u otras condiciones que limiten la libertad de elección. Así mismo, la programación lineal, con el pasar del tiempo se ubica como un elemento importante en el desarrollo de la construcción de modelos de optimización. Los conceptos matemáticos deben ser desglosados y adaptados al ámbito empresarial, de tal forma que permitan ahorrar tiempo y analizar diferentes escenarios, para tomar decisiones con muy bajas probabilidades de error [8]. Según George B. Dantzig (1947), quien es ampliamente reconocido como uno de los padres de la programación lineal señala que la programación lineal entera es una extensión de la programación lineal en la que las variables de decisión se restringen a tomar solo valores enteros. Esto se utiliza cuando el problema requiere que las soluciones sean números enteros debido a consideraciones prácticas o de negocio. Por ello, cabe resaltar que la programación binaria es otra técnica de optimización que se centra en tomar decisiones que solo pueden ser "sí" (1) o "no" (0), lo que significa que las variables de decisión solo tienen dos opciones excluyentes. Este enfoque se utiliza en problemas de toma de decisiones dicotómicas, como la asignación de recursos limitados o la elección de elementos de un conjunto. Es especialmente útil cuando las decisiones se deben tomar de manera discreta y excluyente, lo que la convierte en una herramienta esencial en campos como la logística y la planificación [9]. Un modelo de programación lineal entera y binaria se resuelve a través de la formulación matemática, que implica la creación de ecuaciones y restricciones que representan el problema en cuestión. Luego, se utiliza un algoritmo de optimización, para buscar la mejor solución dentro de las restricciones de las variables enteras o binarias. La eficacia del proceso depende de la calidad de la formulación matemática y del algoritmo utilizado para resolver el problema. La Ref. [10] nos señala como se resuelve la programación lineal entera mediante la matematización, realizándose de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Más ó mín } C_1X_1 + \dots + C_nX_n \\ & \text{S. A.} \\ & A_{11}X_1 + \dots + A_{1n}X_n \leq \text{ó } \geq B_1 \\ & \cdot \quad \quad \quad \cdot \\ & \cdot \quad \quad \quad \cdot \\ & \cdot \quad \quad \quad \cdot \\ & A_{m1}X_1 + \dots + A_{mn}X_n \leq \text{ó } \geq B_m \\ & X_i \text{ ENTEROS} \end{aligned}$$

Detallando lo que se presentó anteriormente, debemos tener en cuenta que la función objetivo también juega un rol importante; debido a que, la meta debe ser maximizar o minimizar esa expresión. La función objetivo lineal se puede representar de las siguientes maneras:

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

O también podemos utilizar la notación de sumatorias

$$Z = \sum_{j=1}^n C_jX_j$$

Donde:

$Z =$  Función objetivo lineal

$C_j =$  Precio neto o costo unitario, según sea el modelo

$X_j =$  Actividad o proceso

Donde los coeficientes  $C_1, C_2, \dots, C_n$  son los coeficientes de costo (conocidos) o de ingresos, depende del tipo de problema que estemos resolviendo. Por otro lado,  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son las variables de decisión de tal manera que al determinarse se debe hallar el objetivo dentro de las restricciones que enfrenta la empresa. De igual forma, las restricciones se expresan mediante desigualdades lineales, están compuestas por los coeficientes técnicos ( $A_{ij}$ ) las cuales son las actividades o procesos las cuales también se tomaron en cuenta en la función objetivo [11]

Esto coincide con la Ref. [12] esta nos menciona que, para resolver un modelo de programación binaria mediante la matematización, se realiza de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Maximizar } F(x) = c^t x \\ & \text{Sujeto a: } A x \leq b \\ & x \geq 0, x_1 \in Z \\ & x_j = 0 \text{ ó } 1 \end{aligned}$$

Donde:

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{SI se realiza } j \\ 0 & \text{NO se realiza } j \end{cases}$$

En base a esto, existen programas que nos facilitan estos cálculos, por su parte Ref. [13], nos da a conocer que para poder resolver un modelo de programación lineal (PLE) se puede realizar por hojas de cálculo. El primer paso en la creación de cualquier modelo de hoja de cálculo para un problema de PL es organizar los datos; después se realiza la representación de las variables de decisión, así como de la función objetivo. Luego, se colocan y determinan las restricciones y sus límites. Finalmente, se introducen todos los parámetros en Solver, indicando cuáles son las celdas; en la hoja de cálculo, que representan la función objetivo, las variables de decisión y las restricciones; con esto se da pase a resolver el problema determinando el valor óptimo. De igual manera Ref. [14] señala que para poder resolver un problema de programación binaria (PB), también se puede realizar por una hoja de cálculo en Excel donde en primera instancia se van a seleccionar los variables correspondientes, seguido de esto se va a establecer las variables de decisión dejando estas celdas en blanco, seguido a esto se van a colocar las restricciones en celdas aparte y debemos tener en cuenta que la función objetivo para este problema es la suma producto de las binarias con los otros valores proporcionados. Finalmente, aplicaremos el Solver introduciendo los parámetros correspondientes, para obtener la respuesta frente a las variables de decisión que usamos.

En Perú, el sector comercio ha ido en incremento esto debido a la venta de productos farmacéuticos, medicinales y cosméticos impulsado por el comercio minorista [15]. Según estimaciones del Gremio de Cosmética e Higiene Personal (Copecoh) de la Cámara de Comercio de Lima (CCL) el mercado cosmético ha reportado una performance positiva en el primer trimestre del año 2023 tras alcanzar un crecimiento de 8% respecto a similar periodo del 2022, generando una facturación de S/ 2.000 millones. Donde facial, maquillaje y fragancias son los que obtuvieron los mayores avances con un 18%, 15% y 10%, respectivamente alcanzando ventas conjuntas de S/ 872 millones. En el caso de productos capilares, el valor facturado fue de S/ 406 millones, 4% más de lo que registró en el mismo

periodo del 2022 [16]. En el segundo trimestre las ventas del sectores cosméticos e higiene personal alcanzarán los S/ 4 512 millones durante; el avance de este sector estará impulsado principalmente por categorías como tratamiento facial, fragancias, maquillaje, capilares, higiene personal y tratamiento corporal [17].

Si bien la demanda de productos capilares ha ido en aumento cabe mencionar que se trata de un mercado dominado por las marcas extranjeras, siendo un 76 % de la demanda cubierta por productos importados, mientras que el 24 % restante es atendido por productos nacionales [18]. De acuerdo con Ref. [19] la decisión de compra de los consumidores peruanos se basa en las promociones que se les pueda ofrecer y la facilidad de pago, lo que en un futuro podría poner en riesgo el posicionamiento de las marcas. Es por esto que las empresas, tiendas o peluquerías que venden estos productos deben tomar decisiones estratégicas para atraer a los consumidores cuidando la calidad del producto que ofrecen.

Basándose en lo mencionado anteriormente tenemos en cuenta que es importante que se cuente con métodos matemáticos para la toma de decisiones, como es la programación lineal; ya que tomar decisiones estratégicas ayudará a que las utilidades no se alteran y las ventas incrementen, pero muchas veces no sé toman las mejores decisiones dejándose guiar por su intuición o por creer como se hacen ciertas cosas. La peluquería en estudio no escapa de esta realidad, ya que, si bien se han estado tomando decisiones que podemos considerar como adecuadas no han sido las más óptimas, puesto que, desconocen como maximizar sus utilidades además que no llevan una gestión adecuada de sus ventas. Esto se evidenció en los últimos nueve meses del año 2023, desde enero hasta setiembre, ya que, sus utilidades fueron menos de lo esperado. De igual manera, su problema radica en que desconocen en que productos capilares de las distintas marcas que ofrecen a sus clientes deberían invertir más afectando así a las ganancias posibles e incremento de utilidades, pues, al tener productos almacenados que no se venden no genera ingresos sino pérdidas.

En tal sentido se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera la programación lineal entera y binaria impactará en las utilidades y en la decisión de venta de los productos capilares de “Frank Olivos Salón y Spa”? Además, se ha tomado en cuenta como objetivo general: Aplicar la Programación lineal para determinar su impacto en las utilidades y la Programación Binaria para la decisión de la venta de productos capilares de “Frank Olivos Salón y Spa”. Y como objetivos específicos: Diagnosticar el estado de la empresa inicialmente, así como estimar las mejoras de la propuesta de optimización mediante programación lineal entera y binaria. De igual manera, comparar los resultados obtenidos después de estimar el modelo de programación lineal entera y binaria en la empresa.

## II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio: Descriptiva explicativa, se determinó este tipo de investigación ya que, como lo señala Ref. [20], esta investigación se centra en explicar el por qué ocurre o se manifiesta un determinado fenómeno y en qué condiciones se presenta, o por qué se relacionan dos o más variables, especificando sus características; en este caso esto se realizará en la peluquería en estudio.

Procedimiento:

En las siguientes etapas se describirá el método desarrollado detalladamente durante el periodo en el que se realizó la investigación en la empresa “Frank Olivos Salón y Spa”, y cómo a través del modelo de programación lineal entera y binaria se aplicó la información brindada para lograr la optimización y mejores decisiones.

**Etapa 1.** En la etapa 1 se empezó a realizar el modelo de PLE y PB empezando por la descripción de los distintos periodos del problema. La aplicación se determinó conforme a la marca de productos capilares

que ofrece la peluquería “Frank Olivos Salón y Spa”, teniendo entre ellos: Kérastase, L’Oreal, Redken y Wella. En base a esto se determinó como optimizar las utilidades y ver qué línea de cada marca conviene vender más.

**Etapa 2.** A continuación, se establecieron las variables de decisión por cada marca para aplicar la PLE. Como indica Ref. [10] que para poder resolver este tipo de problemas se puede realizar por matematización, es por esto, que se estableció las variables de decisión para cada línea de cada marca, seguido se establecieron las restricciones y finalmente aplicamos los cálculos respectivos para determinar la función objetivo por cada marca, esto con el fin de obtener la mejor alternativa para optimizar las utilidades en la peluquería “Frank Olivos Salón y Spa”. Así mismo, aplicamos el Solver para hallar las diferentes holguras por cada marca, donde en la hoja Excel se estableció las variables de decisión para cada línea de cada marca, seguido de eso en una celda se detalló la función objetivo donde a través de esta se quiere hallar la maximización de las utilidades generadas de la empresa en estudio en función a cada marca. Seguidamente, se estableció las restricciones en una celda separada. Finalmente se aplicó el Solver llenando cada casilla que requería y así se obtuvo los datos necesarios y se halló las holguras para determinar los productos que quedaron en almacén.

**Etapa 3.** Seguido de eso, para determinar que productos de cada marca le conviene vender a la peluquería en estudio se aplicó la PB mediante el método de enumeración completa, este método trata de enumerar todas las soluciones posibles en base a los valores de variables enteras y realizar todas las combinaciones posibles hasta encontrar la combinación que nos dé el mejor valor de la función objetivo y así se satisfagan todas las restricciones del problema en cuestión [21]. A través de este método se podrá elegir y tomar las mejores decisiones de venta de la peluquería “Frank Olivos Salón y Spa”. Los demás resultados obtenidos se detallarán en la siguiente parte.

## III. RESULTADO

### 3.1. Diagnóstico de la empresa.

Se diagnosticó el estado actual de la empresa en cuanto a las ventas de los productos capilares por marca y las utilidades generadas por cada marca en las ventas de los últimos 9 meses, observando que la mayoría de las ventas son de la marca Kerástase. Así mismo el promedio de ventas al mes es de 8 productos capilares. Esto debido a que la peluquería no tiene conocimiento sobre qué productos capilares le conviene ofrecer para obtener mayores utilidades. En la propuesta de optimización mediante programación lineal entera y binaria se propuso una maximización de estas ventas indicando que marcas le conviene más vender a la peluquería para que así inviertan más en ellas.

TABLA I  
VENTA DE PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA KERÁSTASE DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES

KERÁSTASE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	PRECIO POR UNIDAD
BAIN	5	7	5	4	5	3	4	3	7	125
LE FONDANT	2	1	0	2	0	1	1	1	4	135
MASQUE	2	3	2	1	3	2	2	1	1	185
OLEO	0	2	3	3	3	3	4	2	2	185
FUSIO-DOSE	7	5	4	6	2	10	2	4	9	75
ALMACÉN	35	36	35	34	32	31	34	31	35	

En la tabla I se observa que las mayores ventas de la marca Kerástase se realizaron en setiembre, vendiendo 23 unidades de productos capilares, siendo el producto más vendido de la línea Kerástase Bain. Además, se observa que, las ventas de productos capilares más bajas fueron en agosto, ya que solo se vendió 11 unidades. También, se detalla el precio de cada producto de Kerástase, siendo estos: S/ 125 Bain, S/135 Le Fondant, S/185 Masque, S/185 Oleo y S/75 Fusio-Dose. De igual manera, se detalla la venta por cada mes: en enero se vendieron 16 productos, en febrero 19, en marzo 14, en abril 16, en mayo 13, en junio 19, en julio 13, en agosto 11 y en setiembre 23.

**TABLA II**

**VENTA DE PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA L'ORÉAL DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

L'ORÉAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	PRECIO POR UNIDAD
SHAMPOOING	7	4	4	1	3	4	1	3	5	85
SOIN PROFESSIONNEL	4	3	1	1	2	0	1	1	4	95
MASQUE PROFESSIONNEL	2	1	2	0	2	2	1	0	2	105
ALMACÉN	15	14	13	14	15	13	15	12	12	

En la tabla II se observa que en enero se realizaron las mayores ventas de los productos capilares de la marca L'Oreal vendiéndose 13 productos. Así mismo, cabe resaltar que en ese mes la peluquería estuvo cerrada por 15 días, esto debido a vacaciones de los trabajadores. También, se observa que las ventas en abril fueron muy bajas, vendiéndose solo 2 productos de esta marca. De igual manera, en la tabla se detalla los precios de cada línea de esta marca, siendo estos: S/ 85 Shampooing, S/ 95 Soin Professionnel y S/105 Masque Professionnel. De igual manera, se detalla la venta por cada mes: en enero se vendieron 13 productos, en febrero 8, en marzo 7, en abril 2, en mayo 7, en junio 6, en julio 3, en agosto 4 y en setiembre 11.

**TABLA III**

**VENTA DE PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA REDKEN DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

REDKEN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	PRECIO POR UNIDAD
SHAMPOO	3	2	2	1	3	3	3	2	1	85
CONDITIONER	1	0	1	1	2	1	2	1	1	90
MASK	0	2	0	0	1	1	0	0	1	105
ALMACÉN	10	11	11	12	11	12	10	10	12	

En la tabla III se observa que las mayores ventas se realizaron en mayo vendiéndose 6 unidades de diversos productos capilares de la marca Redken. Así mismo, las ventas más bajas fueron abril vendiéndose solo 2 unidades de productos capilares. También, se presenta los precios unitarios de cada línea de la marca Redken, siendo estos: S/ 85 shampoo, S/ 90 conditioner y S/ 105 mask. De igual manera, se detalla la venta por cada mes: en enero se vendieron 4 productos, en febrero 4, en marzo 3, en abril 2, en mayo 6, en junio 5, en julio 5, en agosto 3 y en setiembre 3.

**TABLA IV**

**VENTA DE PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA WELLA DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

WELLA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	PRECIO POR UNIDAD
SHAMPOO	4	1	1	1	1	0	4	1	1	85
ACONDICIONADOR	1	0	0	0	1	0	2	0	1	90
MASK	0	0	1	0	0	1	3	3	0	95
SHAPE CONTROL	1	2	1	0	4	1	3	1	2	95
ALMACÉN	11	10	11	11	12	10	13	10	13	

En la tabla IV se observa que las mayores ventas se realizaron en Julio donde el producto más vendido fue Wella Shampoo vendiéndose 4 unidades de este. Además, las ventas más bajas fueron en abril, ya que, solo se vendió 1 producto; siguiéndole junio donde solo se vendió 2 productos de esta marca. De igual forma, se detalla el precio de cada producto de la línea Wella, siendo estos: S/ 85 Shampoo, S/ 90 acondicionador, S/ 95 Mask y S/ 95 Shape control. De igual manera, se detalla la venta por cada mes: en enero se vendieron 6 productos, en febrero 3, en marzo 3, en abril 1, en mayo 6, en junio 2, en julio 12, en agosto 5 y en setiembre 4.

**TABLA V**

**RENDIMIENTOS Y GASTOS DE PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA KERÁSTASE DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

KERÁSTASE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	RENDIMIENTOS (MILES DE SOLES)
BAIN	5	7	5	4	5	3	4	3	7	5.8
LE FONDANT	2	1	0	2	0	1	1	1	4	6.8
MASQUE	2	3	2	1	3	2	2	1	1	7.5
OLEO	0	2	3	3	3	3	4	2	2	6.1
FUSIO-DOSE	7	5	4	6	2	10	2	4	9	5.9
GASTOS (CIENTOS DE SOLES)	5.1	5.1	5	6	5.2	5.2	6.2	5.2	6.2	

En la tabla V se muestran los rendimientos obtenidos durante los 9 meses en miles de soles obtenidos por cada producto de la marca Kerástase los cuales son: 5 800 para Bain, 6 800 Le Fondat, 7 500 Masque, 6 100 Oleo y 5 900 Fusio – Dose. Así mismo se muestran los gastos incurridos en cientos de soles para adquirir estos productos a los

proveedores por cada mes siendo el más elevado de julio y setiembre.

**TABLA VI**

**RENDIMIENTOS Y GASTOS DE PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA LÓREAL DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

L'ORÉAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	RENDIMIENTOS (MILES DE SOLES)
SHAMPOOING	7	4	4	1	3	4	1	3	5	5.1
SOIN PROFESSIONNEL	4	3	1	1	2	0	1	1	4	5.4
MASQUE PROFESSIONNEL	2	1	2	0	2	2	1	0	2	6.2
GASTOS (CIENTOS DE SOLES)	5.1	6.2	5.1	5.1	5.3	5.5	6.4	5.4	5.4	

En la tabla 6 se muestran los rendimientos obtenidos durante los 9 meses en miles de soles obtenidos por cada producto de la marca L'Oreal los cuales son: 5 100 para Shampooing, 6 800 Soin Professionel y 6 200 Masque Professionel. Así mismo se muestran los gastos incurridos en cientos de soles para adquirir estos productos a los proveedores por cada mes siendo el más elevado el de julio.

**TABLA VII**

**RENDIMIENTOS Y GASTOS DE PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA REDKEN DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

REDKEN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	RENDIMIENTOS (MILES DE SOLES)
SHAMPOO	3	2	2	1	3	3	3	2	1	3.51
CONDITIONER	1	0	1	1	2	1	2	1	1	3.45
MASK	0	2	0	0	1	1	0	0	1	3.65
GASTOS (CIENTOS DE SOLES)	3.01	3.01	3.14	3.14	3.11	3.02	3.11	3.13	3.05	

En la tabla VII se muestran los rendimientos obtenidos durante los 9 meses en miles de soles obtenidos por cada producto de la marca Redken los cuales son: 3 510 para Shampoo, 3 450 Conditioner y 3 650 Mask. Así mismo se muestran los gastos incurridos en cientos de soles para adquirir estos productos a los proveedores por cada mes siendo los más elevados de marzo y abril.

**TABLA VIII**

**RENDIMIENTOS Y GASTOS DE PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA WELLA DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

WELLA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE	RENDIMIENTOS (MILES DE SOLES)
SHAMPOO	4	1	1	1	1	0	4	1	1	5.11
ACONDICIONADOR	1	0	0	0	1	0	2	0	1	5.48
MASK	0	0	1	0	0	1	3	3	0	5.32
SHAPE CONTROL	1	2	1	0	4	1	3	1	2	5.55
GASTOS (CIENTOS DE SOLES)	5.11	5.48	5.48	5.59	5.61	5.21	5.24	5.22	5.31	

En la tabla VIII se muestran los rendimientos obtenidos durante los 9 meses en miles de soles obtenidos por cada producto de la marca Wella los cuales son: 5 110 para Shampoo, 5 480 Acondicionador, 5 3200 Mask y 5 500 Shape Control. También se muestran los gastos incurridos en cientos de soles para adquirir estos productos a los proveedores por cada mes siendo el más elevado el de abril.

**TABLA IX**

**GANANCIA POR LA VENTA DE LOS PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA KERÁSTASE DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

KERÁSTASE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE
BAIN	625	875	625	500	625	375	500	375	875
LE FONDANT	270	135	0	270	0	135	135	135	540
MASQUE	370	555	370	185	555	370	370	185	185
OLEO	0	370	555	555	555	555	740	370	370
FUSIO-DOSE	525	375	300	450	150	750	150	300	675
TOTALES	1790	2310	1850	1960	1885	2185	1895	1365	2645

En la tabla IX, se muestra las ganancias por la venta de los productos Kerástase, las cuales son: Enero S/ 1790, Febrero S/ 2310, Marzo S/ 1850, Abril S/ 1960, Mayo S/ 1885, Junio S/ 2185, Julio S/ 1895, Agosto S/ 1365 y en Setiembre S/ 2645.

**TABLA X**

**GANANCIA POR LA VENTA DE LOS PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA LÓREAL DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES**

L'ORÉAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETEMBRE
SHAMPOOING	595	340	340	85	255	340	85	255	425
SOIN PROFESSIONNEL	380	285	95	95	190	0	95	95	380
MASQUE PROFESSIONNEL	210	105	210	0	210	210	105	0	210
TOTALES	1185	730	645	180	655	550	285	350	1015

En la tabla X, se muestra las ganancias por la venta de los productos L’Oreal, las cuales son: Enero S/ 1185, Febrero S/ 730, Marzo S/ 645, Abril S/ 180, Mayo S/ 655, Junio S/ 550, Julio S/ 285, Agosto S/ 350y en Setiembre S/ 1015.

$$4X_1 + 1X_2 + 2X_3 + 4X_4 + 2X_5 \leq 34$$

$$3X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 2X_4 + 4X_5 \leq 31$$

$$7X_1 + 4X_2 + 1X_3 + 2X_4 + 9X_5 \leq 35$$

TABLA XI

GANANCIA POR LA VENTA DE LOS PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA LÓREAL DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES

REDKEN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
SHAMPOO	255	170	170	85	255	255	255	170	85
CONDITIONER	90	0	90	90	180	90	180	90	90
MASK	0	210	0	0	105	105	0	0	105
TOTALES	345	380	260	175	540	450	435	260	280

En la tabla XI, se muestra las ganancias por la venta de los productos Redken, las cuales son: Enero S/ 345, Febrero S/ 380, Marzo S/ 260, Abril S/ 175, Mayo S/ 540, Junio S/ 450, Julio S/ 435, Agosto S/ 260 y en Setiembre S/ 280.

TABLA XII

GANANCIA POR LA VENTA DE LOS PRODUCTOS CAPILARES DE LA MARCA WELLA DE LOS ÚLTIMOS 9 MESES

WELLA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
SHAMPOO	340	85	85	85	85	0	340	85	85
ACONDICIONADOR	90	0	0	0	90	0	180	0	90
MASK	0	0	95	0	0	95	285	285	0
SHAPE CONTROL	95	190	95	0	380	95	285	95	190
TOTALES	525	275	275	85	555	190	1090	465	365

En la tabla XII, se muestra las ganancias por la venta de los productos Wella, las cuales son: Enero S/ 525, Febrero S/ 275, Marzo S/ 275, Abril S/ 85, Mayo S/ 555, Junio S/ 190, Julio S/ 1090, Agosto S/ 465 y en Setiembre S/ 365.

TABLA XIII

GANANCIAS TOTALES POR LA VENTA DE LAS DIFERENTES MARCAS

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
3845	3695	3030	2400	3635	3375	3705	2440	4305

En la tabla XIII, se muestra las ganancias totales las cuales son: Enero S/ 3845, Febrero S/ 3695, Marzo S/ 3030, Abril S/ 2400, Mayo S/ 3635, Junio S/ 3375, Julio S/ 3705, Agosto S/ 2440 y en Setiembre S/ 4305.

### 3.2. Desarrollo del modelo de programación lineal entera y binaria para optimizar las utilidades y tomar las mejores decisiones de venta de la peluquería en estudio

En los resultados para la programación lineal se dio a conocer la problemática: “Frank Olivos Salón y Spa” cuenta con 4 marcas de productos capilares: Kérastase, L’Oreal, Redken y Wella. A partir de esto la peluquería desea maximizar sus utilidades. Para esto, se aplicó el modelo de programación lineal entera para cada marca.

#### KERÁSTASE

VARIABLES DE DECISIÓN:

- $X_1$ : Cantidad de Productos Bain a vender  
 $X_2$ : Cantidad de Productos Le Fondant a vender  
 $X_3$ : Cantidad de Productos Masque a vender  
 $X_4$ : Cantidad de Productos Oleo a vender  
 $X_5$ : Cantidad de Productos Fusio – Dose a vender

$$Máx Z = 125X_1 + 135X_2 + 185X_3 + 185X_4 + 75X_5$$

S. A.

$$5X_1 + 2X_2 + 2X_3 + 0X_4 + 7X_5 \leq 35$$

$$7X_1 + 1X_2 + 3X_3 + 2X_4 + 5X_5 \leq 36$$

$$5X_1 + 0X_2 + 2X_3 + 3X_4 + 4X_5 \leq 35$$

$$4X_1 + 2X_2 + 1X_3 + 3X_4 + 6X_5 \leq 34$$

$$5X_1 + 0X_2 + 3X_3 + 3X_4 + 2X_5 \leq 32$$

$$3X_1 + 1X_2 + 2X_3 + 3X_4 + 10X_5 \leq 31$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \text{ ENTEROS}$$

Quedándonos que:

$$X_1 = 0; X_2 = 6; X_3 = 9; X_4 = 1; X_5 = 0$$

Dónde:

$$Máx Z = 125(0) + 135(6) + 185(9) + 185(1) + 75(0)$$

$$Máx Z = 2 660$$

#### L’OREAL

VARIABLES DE DECISIÓN:

- $X_1$ : Cantidad de Productos Shampooing a vender  
 $X_2$ : Cantidad de Productos Son Professionnel a vender  
 $X_3$ : Cantidad de Productos Masque Professionnel a vender

$$Máx Z = 85X_1 + 95X_2 + 105X_3$$

S. A.

$$7X_1 + 4X_2 + 2X_3 \leq 15$$

$$4X_1 + 3X_2 + 1X_3 \leq 14$$

$$4X_1 + 1X_2 + 2X_3 \leq 13$$

$$1X_1 + 1X_2 + 0X_3 \leq 14$$

$$3X_1 + 2X_2 + 2X_3 \leq 15$$

$$4X_1 + 0X_2 + 2X_3 \leq 13$$

$$1X_1 + 1X_2 + 1X_3 \leq 15$$

$$3X_1 + 1X_2 + 0X_3 \leq 12$$

$$5X_1 + 4X_2 + 2X_3 \leq 12$$

$$X_1, X_2, X_3 \text{ ENTEROS}$$

Quedándonos que:

$$X_1 = 0; X_2 = 0; X_3 = 6$$

Dónde:

$$Máx Z = 85(0) + 95(0) + 105(6)$$

$$Máx Z = 630$$

#### REDKEN

VARIABLES DE DECISIÓN:

- $X_1$ : Cantidad de Productos Shampoo a vender  
 $X_2$ : Cantidad de Productos Conditioner a vender  
 $X_3$ : Cantidad de Productos Mask a vender

$$Máx Z = 85X_1 + 90X_2 + 105X_3$$

S. A.

$$3X_1 + 1X_2 + 0X_3 \leq 10$$

$$2X_1 + 0X_2 + 2X_3 \leq 11$$

$$2X_1 + 1X_2 + 0X_3 \leq 11$$

$$1X_1 + 1X_2 + 0X_3 \leq 12$$

$$3X_1 + 2X_2 + 1X_3 \leq 11$$

$$3X_1 + 1X_2 + 1X_3 \leq 12$$

$$3X_1 + 2X_2 + 0X_3 \leq 10$$

$$2X_1 + 1X_2 + 0X_3 \leq 10$$

$$1X_1 + 1X_2 + 1X_3 \leq 12$$

$$X_1, X_2, X_3 \text{ ENTEROS}$$

Quedándonos que:

$$X_1 = 0; X_2 = 3; X_3 = 5$$

Dónde:

$$\text{Máx } Z = 85(0) + 90(3) + 105(5)$$

$$\text{Máx } Z = 795$$

WELLA

VARIABLES DE DECISIÓN:

$X_1$ : Cantidad de Productos Shampoo a vender

$X_2$ : Cantidad de Productos Acondicionador a vender

$X_3$ : Cantidad de Productos Mask a vender

$X_4$ : Cantidad de Productos Shape Control a vender

$$\text{Máx } Z = 85X_1 + 90X_2 + 95X_3 + 95X_4$$

S. A.

$$4X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 1X_4 \leq 12$$

$$1X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 2X_4 \leq 10$$

$$1X_1 + 0X_2 + 1X_3 + 1X_4 \leq 11$$

$$1X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 \leq 12$$

$$1X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 4X_4 \leq 12$$

$$0X_1 + 0X_2 + 1X_3 + 1X_4 \leq 10$$

$$4X_1 + 2X_2 + 3X_3 + 3X_4 \leq 13$$

$$1X_1 + 0X_2 + 3X_3 + 1X_4 \leq 10$$

$$1X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 2X_4 \leq 13$$

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  ENTEROS

Quedándonos que:

$$X_1 = 0; X_2 = 5; X_3 = 0; X_4 = 1$$

Dónde:

$$\text{Máx } Z = 85(0) + 90(5) + 95(0) + 95(1)$$

$$\text{Máx } Z = 545$$

Después de determinar la maximización, se procedió a aplicar el Solver para hallar las holguras y establecer la cantidad de productos que se quedaron en almacén cada mes. Para que la peluquería en estudio tenga una visión más clara de esto.

En el caso de Kerástase se determinaron las variables de decisión y las restricciones como se muestra a continuación:

$X_1$  = CANTIDAD DE PRODUCTOS BAIN A VENDER

$X_2$  = CANTIDAD DE PRODUCTOS LE FONDANT A VENDER

$X_3$  = CANTIDAD DE PRODUCTOS MASQUE A VENDER

$X_4$  = CANTIDAD DE PRODUCTOS OLEO A VENDER

$X_5$  = CANTIDAD DE PRODUCTOS FUSIO – DOSE A VENDER

VARIABLES	BAIN	LE FONDANT	MASQUE	OLEO	FUSIO-DOSE	
	X1	X2	X3	X4	X5	
VALOR FINAL	0	6	9	1	0	FO (MAX) 0
UTILIDAD	85	135	185	185	75	

RESTRICCIONES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
	5	7	5	4	5	3	4	3	7	0
	2	1	0	2	0	1	1	1	4	0
	2	3	2	1	3	2	2	1	1	0
	0	2	3	3	3	3	4	2	9	0
	7	5	4	6	2	10	2	4	2	0
	3	3	3	3	2	3	2	1	1	0
	4	1	1	2	1	2	4	2	2	0
	3	1	1	1	2	1	4	4	1	0
	7	4	1	2	9	2	9	9	2	0
										35
										36
										35
										34
										32
										31
										34
										31
										35

Fig. 1 Establecimiento de las variables de decisión, función objetivo y restricciones de cada mes empelando Excel para la marca Kerástase .

La figura anterior muestra las diferentes variables con las cuáles se está trabajando, las utilidades, la función objetivo y las restricciones para cada mes con sus respectivos datos.

Seguido de esto se aplicó Solver llenando cada parámetro requerido

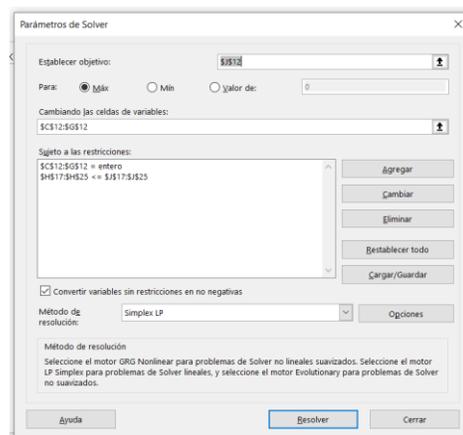


Fig. 2 Establecimiento de los parámetros en Solver para Kerástase

Obteniendo como resultado para la marca Kerástase lo que se muestra a continuación:

VARIABLES	BAIN	LE FONDANT	MASQUE	OLEO	FUSIO-DOSE	
	X1	X2	X3	X4	X5	
VALOR FINAL	0	6	9	1	0	FO (MAX) 2660
UTILIDAD	125	135	185	185	75	

RESTRICCIONES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
	5	7	5	4	5	3	4	3	7	30
	2	1	0	2	0	1	1	1	4	35
	2	3	2	1	3	2	2	1	1	21
	0	2	3	3	3	3	4	2	9	24
	7	5	4	6	2	10	2	4	2	30
	3	3	3	3	2	3	2	1	1	27
	4	1	1	2	1	2	4	2	2	28
	3	1	1	1	2	1	4	4	1	17
	7	4	1	2	9	2	9	9	2	35
										35
										36
										35
										34
										32
										31
										31
										34
										31
										35

Fig. 3 Resultados obtenidos después de aplicar el Solver para la marca Kerástase

La figura anterior muestra la ganancia máxima de S/2660 para la marca Kerástase, donde los valores que toman las variables son los siguientes:  $X_1 = 0$ ;  $X_2 = 6$ ;  $X_3 = 9$ ;  $X_4 = 1$  y  $X_5 = 0$ .

Luego se procedió a establecer las holguras, mediante una sustracción obteniendo lo siguiente:

VARIABLES	BAIN	LE FONDANT	MASQUE	OLEO	FUSIO-DOSE	
	X1	X2	X3	X4	X5	
VALOR FINAL	0	6	9	1	0	FO (MAX) 2660
UTILIDAD	125	135	185	185	75	

RESTRICCIONES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE		HOLGURAS
	5	7	5	4	5	3	4	3	7	30	5
	2	1	0	2	0	1	1	1	4	35	1
	2	3	2	1	3	2	2	1	1	21	14
	0	2	3	3	3	3	4	2	9	24	10
	7	5	4	6	2	10	2	4	2	30	2
	3	3	3	3	2	3	2	1	1	27	4
	4	1	1	2	1	2	4	2	2	28	6
	3	1	1	1	2	1	4	4	1	17	14
	7	4	1	2	9	2	9	9	2	35	0
										35	
										36	
										35	
										34	
										32	
										31	
										34	
										31	
										35	

Fig. 4 Cálculo de las Holguras para la marca Kerástase

La figura muestra las holguras de los productos disponibles en almacén, en cada uno de los meses; donde Marzo, Abril y Agosto presentan una cantidad considerable en relación con los otros meses generando mayores costos por producto almacenado sin obtener liquidez por la venta del producto.

El mismo procedimiento se aplicó para las 3 marcas restantes; L'Oreal, Redken y Wella. Lo que se obtuvo se procederá a detallar a continuación.

### Solución de la marca L'Oreal

X1	CANTIDAD DE PRODUCTOS SHAMPOING A VENDER				
X2	CANTIDAD DE PRODUCTOS SON PROFESSIONNEL A VENDER				
X3	CANTIDAD DE PRODUCTOS MASQUE PROFESSIONNEL A VENDER				

	SHAMPOING	SOIN PROFESSIONNEL	MASQUE PROFESSIONNEL		
VARIABLES	X1	X2	X3		
VALOR FINAL	0	0	6	FO (MAX)	630
UTILIDAD	85	95	105		

RESTRICCIONES						HOLGURAS	
ENERO	7	4	2	12	<=	15	3
FEBRERO	4	3	1	6	<=	14	8
MARZO	4	1	2	12	<=	13	1
ABRIL	1	1	0	0	<=	14	14
MAYO	3	2	2	12	<=	15	3
JUNIO	4	0	2	12	<=	13	1
JULIO	1	1	1	6	<=	15	9
AGOSTO	3	1	0	0	<=	12	12
SEPTIEMBRE	5	4	2	12	<=	12	0

Fig. 5 Cálculo de las Holguras para la marca L'Oreal

Se muestra las holguras de los productos disponibles en almacén, donde los meses de Abril y Agosto presentan mayor cantidad de productos almacenados.

### Solución de la marca Redken

X1	CANTIDAD DE PRODUCTOS SHAMPOO A VENDER			
X2	CANTIDAD DE PRODUCTOS ACONDICIONADOR A VENDER			
X3	CANTIDAD DE PRODUCTOS MASK A VENDER			

	SHAMPOO	CONDITIONER	MASK		
VARIABLES	X1	X2	X3		
VALOR FINAL	0	3	5	FO (MAX)	795
UTILIDAD	85	90	105		

RESTRICCIONES						HOLGURAS	
ENERO	3	1	0	3	<=	10	7
FEBRERO	2	0	2	10	<=	11	1
MARZO	2	1	0	3	<=	11	8
ABRIL	1	1	0	3	<=	12	9
MAYO	3	2	1	11	<=	11	0
JUNIO	3	1	1	8	<=	12	4
JULIO	3	2	0	6	<=	10	4
AGOSTO	2	1	0	3	<=	10	7
SEPTIEMBRE	1	1	1	8	<=	12	4

Fig. 6 Cálculo de las Holguras para la marca Redken

Se muestra las holguras de los productos disponibles en almacén, donde los meses de Marzo y Abril presentan mayor cantidad de productos almacenados.

### Solución de la marca Wella

X1	CANTIDAD DE PRODUCTOS SHAMPOO A VENDER			
X2	CANTIDAD DE PRODUCTOS ACONDICIONADOR A VENDER			
X3	CANTIDAD DE PRODUCTOS MASK A VENDER			
X4	CANTIDAD DE PRODUCTOS SHAPE CONTROL A VENDER			

	SHAMPOO	ACONDICIONADOR	MASK	SHAPE CONTROL		
VARIABLES	X1	X2	X3	X4		
VALOR FINAL	0	5	0	1	FO (MAX)	545
UTILIDAD	85	90	95	95		

RESTRICCIONES						HOLGURAS		
ENERO	4	1	0	1	6	<=	12	6
FEBRERO	1	0	0	2	2	<=	10	8
MARZO	1	0	1	1	1	<=	11	10
ABRIL	1	0	0	0	0	<=	12	12
MAYO	1	1	0	4	9	<=	12	3
JUNIO	0	0	1	1	1	<=	10	9
JULIO	4	2	3	3	13	<=	13	0
AGOSTO	1	0	3	1	1	<=	10	9
SEPTIEMBRE	1	1	0	2	7	<=	13	6

Fig. 7 Cálculo de las Holguras para la marca Wella

Se muestra las holguras de los productos disponibles en almacén, donde los meses de Marzo y Abril presentan mayor cantidad de productos almacenados.

Después se aplicó la Programación Binaria, para esto aplicamos el método de enumeración completa para cada marca, esto nos ayudará a definir en que marca invertir, obteniendo lo que se presenta a continuación.

### KERÁSTASE

#### VARIABLES DE DECISIÓN

Para asignar las variables Xi como binarias indicamos lo siguiente:

$X_i$  1, SI se selecciona el producto  $i$ : 1, 2, 3, 4, 5  
0, NO se selecciona el producto

1: Bain, 2: Le Fondant, 3: Masque, 4: Oleo, 5: Fusio-Oleo

Definimos Z que representa los ingresos por la venta de los productos en los últimos 9 meses, los datos se obtienen de la tabla 5; y como el objetivo es maximizar las utilidades estos ingresos ayudan a construir la siguiente función objetivo.

$$\text{Máx } Z = 5.8X_1 + 6.8X_2 + 7.5X_3 + 6.1X_4 + 5.9X_5$$

Para construir las restricciones nos guiamos de la cantidad de los productos vendidos cada mes, estos datos se encuentran en la tabla 5, por la variable Xi, la suma de esto tiene que ser menor o igual a los gastos incurridos en la adquisición de los productos, datos que también se encuentran en la tabla 5.

S.A.

$$5X_1 + 2X_2 + 2X_3 + 0X_4 + 7X_5 \leq 5.1$$

$$7X_1 + 1X_2 + 3X_3 + 2X_4 + 5X_5 \leq 5.1$$

$$5X_1 + 0X_2 + 2X_3 + 3X_4 + 4X_5 \leq 5$$

$$4X_1 + 2X_2 + 1X_3 + 3X_4 + 6X_5 \leq 6$$

$$5X_1 + 0X_2 + 3X_3 + 3X_4 + 2X_5 \leq 5.2$$

$$3X_1 + 1X_2 + 2X_3 + 3X_4 + 10X_5 \leq 5.2$$

$$4X_1 + 1X_2 + 2X_3 + 4X_4 + 2X_5 \leq 6.2$$

$$3X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 2X_4 + 4X_5 \leq 5.2$$

$$7X_1 + 4X_2 + 1X_3 + 2X_4 + 9X_5 \leq 6.2$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 \text{ BINARIAS}$$

Aplicamos el método de enumeración completa

Este método nos indica que vamos a enumerar todas las combinaciones posibles, para esto analizamos todas las posibles combinaciones que existen donde cada una de las Xi puede tomar el valor 1, 0, como tenemos 2 posibilidades y 5 variables obtenemos 32 posibles combinaciones y lo plasmamos en una tabla de verdad como se muestra a continuación.

$$2^5 = 32$$

TABLA XIII  
TABLA DE VERDAD PARA KERÁSTASE

	X1	X2	X3	X4	X5	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Z
1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
2	1	1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
3	1	1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
4	1	1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
5	1	1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
6	1	1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
7	1	1	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
8	1	1	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
9	1	0	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
10	1	0	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
11	1	0	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
12	1	0	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
13	1	0	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
14	1	0	0	1	0	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	-
15	1	0	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
16	1	0	0	0	0	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	-
17	0	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
18	0	1	1	1	0	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	-
19	0	1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
20	0	1	1	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	14.3
21	0	1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
22	0	1	0	1	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	12.9
23	0	1	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
24	0	1	0	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6.8
25	0	0	1	1	1	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	-
26	0	0	1	1	0	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	X	-
27	0	0	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
28	0	0	1	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7.5
29	0	0	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
30	0	0	0	1	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6.1
31	0	0	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
32	0	0	0	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0

La tabla XIII muestra las variables las cuales son: X1, X2, X3, X4 y X5, todas las posibles combinaciones que en este caso son 32 y si estas combinaciones están cumpliendo con las restricciones o no; para ello se

coloca una “x” o un “check”; en caso de que cumplan con todas las restricciones se calcula Z para que se seleccione el mayor valor de todos.

Se selecciona el mayor valor, ya que estamos maximizando. Entonces nos queda lo siguiente:

$$X_1 = 0; X_2 = 1; X_3 = 1; X_4 = 0; X_5 = 0$$

### L'OREAL

#### VARIABLES DE DECISIÓN

Para asignar las variables Xi como binarias indicamos lo siguiente:

$$X_i \begin{cases} 1, \text{SI el producto se selecciona } i: 1, 2, 3 \\ 0, \text{NO se selecciona el producto } i: 1, 2, 3 \end{cases}$$

1: Shampooing, 2: Soin Professionnel, 3: Masque Professionnel

Definimos Z que representa los ingresos por la venta de los productos en los últimos 9 meses, los datos se obtienen de la tabla 6; y como el objetivo es maximizar las utilidades estos ingresos ayudan a construir la siguiente función objetivo.

$$Máx Z = 5.1X_1 + 5.4X_2 + 6.2X_3$$

Para construir las restricciones nos guiamos de la cantidad de los productos vendidos cada mes, estos datos se encuentran en la tabla 6, por la variable Xi, la suma de esto tiene que ser menor o igual a los gastos incurridos en la adquisición de los productos, datos que también se encuentran en la tabla 6.

#### S.A.

$$\begin{aligned} 7X_1 + 4X_2 + 2X_3 &\leq 5.1 \\ 4X_1 + 3X_2 + 1X_3 &\leq 6.2 \\ 4X_1 + 1X_2 + 2X_3 &\leq 5.1 \\ 1X_1 + 1X_2 + 0X_3 &\leq 5.1 \\ 3X_1 + 2X_2 + 2X_3 &\leq 5.3 \\ 4X_1 + 0X_2 + 2X_3 &\leq 5.5 \\ 1X_1 + 1X_2 + 1X_3 &\leq 6.4 \\ 3X_1 + 1X_2 + 0X_3 &\leq 5.4 \\ 5X_1 + 4X_2 + 2X_3 &\leq 5.4 \end{aligned}$$

$$X_1, X_2, X_3 \text{ BINARIAS}$$

Aplicamos el método de enumeración completa

Este método nos indica que vamos a enumerar todas las combinaciones posibles, para esto analizamos todas las posibles combinaciones que existen donde cada una de las Xi puede tomar el valor 1, 0, como tenemos 2 posibilidades y 3 variables obtenemos 8 posibles combinaciones y lo plasmamos en una tabla de verdad como se muestra a continuación.

$$2^3 = 8$$

TABLA XIV  
TABLA DE VERDAD PARA L'OREAL

	X1	X2	X3	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Z
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
2	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
3	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
4	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
5	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
6	0	1	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5.4
7	0	0	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6.2
8	0	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0

La tabla XIV muestra las variables las cuales son: X1, X2 y X3, todas las posibles combinaciones que en este caso son 8 y si estas combinaciones están cumpliendo con las restricciones o no; para ello se coloca una “x” o un “check”; en caso de que cumplan con todas las

restricciones se calcula Z para que se seleccione el mayor valor de todos.

Se selecciona el mayor valor, ya que estamos maximizando. Entonces nos queda lo siguiente:

$$X_1 = 0; X_2 = 0; X_3 = 1$$

### REDKEN

#### VARIABLES DE DECISIÓN

Para asignar las variables Xi como binarias indicamos lo siguiente:

$$X_i \begin{cases} 1, \text{SI el producto se selecciona } i: 1, 2, 3 \\ 0, \text{NO se selecciona el producto } i: 1, 2, 3 \end{cases}$$

1: Shampoo, 2: Conditioner, 3: Mask

Definimos Z que representa los ingresos por la venta de los productos en los últimos 9 meses, los datos se obtienen de la tabla 7; y como el objetivo es maximizar las utilidades estos ingresos ayudan a construir la siguiente función objetivo.

$$Máx Z = 3.51X_1 + 3.45X_2 + 3.65X_3$$

Para construir las restricciones nos guiamos de la cantidad de los productos vendidos cada mes, estos datos se encuentran en la tabla 7, por la variable Xi, la suma de esto tiene que ser menor o igual a los gastos incurridos en la adquisición de los productos, datos que también se encuentran en la tabla 7.

#### S.A.

$$\begin{aligned} 3X_1 + 1X_2 + 0X_3 &\leq 3.01 \\ 2X_1 + 0X_2 + 2X_3 &\leq 3.01 \\ 2X_1 + 1X_2 + 0X_3 &\leq 3.14 \\ 1X_1 + 1X_2 + 0X_3 &\leq 3.14 \\ 3X_1 + 2X_2 + 1X_3 &\leq 3.11 \\ 3X_1 + 1X_2 + 1X_3 &\leq 3.02 \\ 3X_1 + 2X_2 + 0X_3 &\leq 3.11 \\ 2X_1 + 1X_2 + 0X_3 &\leq 3.13 \\ 1X_1 + 1X_2 + 1X_3 &\leq 3.05 \end{aligned}$$

$$X_1, X_2, X_3 \text{ BINARIAS}$$

Aplicamos el método de enumeración completa

Este método nos indica que vamos a enumerar todas las combinaciones posibles, para esto analizamos todas las posibles combinaciones que existen donde cada una de las Xi puede tomar el valor 1, 0, como tenemos 2 posibilidades y 3 variables obtenemos 8 posibles combinaciones y lo plasmamos en una tabla de verdad como se muestra a continuación.

$$2^3 = 8$$

TABLA XV  
TABLA DE VERDAD PARA REDKEN

	X1	X2	X3	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Z
1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
2	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
3	1	0	1	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	-
4	1	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3.51
5	0	1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7.1
6	0	1	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3.45
7	0	0	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3.65
8	0	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0

La tabla XV muestra las variables las cuales son: X1, X2 y X3, todas las posibles combinaciones que en este caso son 8 y si estas combinaciones están cumpliendo con las restricciones o no; para ello se coloca una “x” o un “check”; en caso de que cumplan con todas las restricciones se

calcula Z para que se seleccione el mayor valor de todos.  
Se selecciona el mayor valor, ya que estamos maximizando. Entonces nos queda lo siguiente:

$$X_1 = 0; X_2 = 1; X_3 = 1$$

## WELLA

### VARIABLES DE DECISIÓN

Para asignar las variables Xi como binarias indicamos lo siguiente:

$$X_i \begin{cases} 1, & \text{SI el producto se selecciona} \\ 0, & \text{NO se selecciona el producto} \end{cases} \quad i: 1, 2, 3, 4$$

1: Shampoo, 2: Acondicionador, 3: Mask, 4: Shape control

Definimos Z que representa los ingresos por la venta de los productos en los últimos 9 meses, los datos se obtienen de la tabla 5; y como el objetivo es maximizar las utilidades estos ingresos ayudan a construir la siguiente función objetivo.

$$\text{Máx } Z = 5.11X_1 + 5.48X_2 + 5.32X_3 + 5.55X_4$$

Para construir las restricciones nos guiamos de la cantidad de los productos vendidos cada mes, estos datos se encuentran en la tabla 8, por la variable Xi, la suma de esto tiene que ser menor o igual a los gastos incurridos en la adquisición de los productos, datos que también se encuentran en la tabla 8.

S. A.

$$4X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 1X_4 \leq 5.11$$

$$1X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 2X_4 \leq 5.48$$

$$1X_1 + 0X_2 + 1X_3 + 1X_4 \leq 5.48$$

$$1X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 \leq 5.59$$

$$1X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 4X_4 \leq 5.61$$

$$0X_1 + 0X_2 + 1X_3 + 1X_4 \leq 5.21$$

$$4X_1 + 2X_2 + 3X_3 + 3X_4 \leq 5.24$$

$$1X_1 + 0X_2 + 3X_3 + 1X_4 \leq 5.22$$

$$1X_1 + 1X_2 + 0X_3 + 2X_4 \leq 5.31$$

Aplicamos el método de enumeración completa

Este método nos indica que vamos a enumerar todas las combinaciones posibles, para esto analizamos todas las posibles combinaciones que existen donde cada una de las Xi puede tomar el valor 1, 0, como tenemos 2 posibilidades y 4 variables obtenemos 16 posibles combinaciones y lo plasmamos en una tabla de verdad como se muestra a continuación.

$$2^4 = 16$$

TABLA XVI  
TABLA DE VERDAD PARA WELLA

	X1	X2	X3	X4	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Z
1	1	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
2	1	1	1	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	-
3	1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
4	1	1	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	-
5	1	0	1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	-
6	1	0	1	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	-
7	1	0	0	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	-
8	1	0	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5.11
9	0	1	1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	-
10	0	1	1	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10.8
11	0	1	0	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	11.03
12	0	1	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5.48
13	0	0	1	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	-
14	0	0	1	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5.32
15	0	0	0	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5.55
16	0	0	0	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0

La tabla XVI muestra las variables las cuales son: X1, X2, X3 y X4, todas las posibles combinaciones que en este caso son 16 y si estas combinaciones están cumpliendo con las restricciones o no; para ello se coloca una "x" o un "check"; en caso de que cumplan con todas las restricciones se calcula Z para que se seleccione el mayor valor de

todos.

Se selecciona el mayor valor, ya que estamos maximizando. Entonces nos queda lo siguiente:

$$X_1 = 0; X_2 = 1; X_3 = 0; X_4 = 1$$

Finalmente, sintetizando la solución de la problemática, se recomienda a la peluquería "Frank Olivos Salón y Spa", vender los siguientes productos para incrementar sus utilidades:

De la marca KERÁSTASE

- 6 productos capilares LE FONDANT
- 9 productos capilares MASQUE

De la marca L'OREAL

- 6 productos capilares MASQUE PROFESIONNEL

De la marca REDKEN

- 3 productos capilares CONDITIONER
- 5 productos capilares MASK

De la marca WELLA

- 5 productos capilares ACONDICIONADOR
- 1 producto capilar SHAPE CONTROL

Para así obtener la máxima utilidad de S/ 4630 en la venta de productos capilares.

Así mismo, con respecto a las holguras se detallan las siguientes interpretaciones:

De la marca KERÁSTASE

- En el mes de enero se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 5 en almacén.
- En el mes de febrero se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 1 en almacén.
- En el mes de marzo se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 14 en almacén.
- En el mes de abril se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 10 en almacén.
- En el mes de mayo se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 2 en almacén.
- En el mes de junio se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 4 en almacén.
- En el mes de julio se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 6 en almacén.
- En el mes de agosto se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 14 en almacén.
- En el mes de septiembre se vendieron todos los productos quedando 0 productos en almacén.

De la marca L'OREAL

- En el mes de enero se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 3 en almacén.
- En el mes de febrero se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 8 en almacén.
- En el mes de marzo se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 1 en almacén.
- En el mes de abril se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 14 en almacén.
- En el mes de mayo se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 3 en almacén.
- En el mes de junio se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 1 en almacén.
- En el mes de julio se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 9 en almacén.
- En el mes de agosto se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 12 en almacén.

- En el mes de septiembre se vendieron todos los productos quedando 0 productos en almacén.

De la marca REDKEN

- En el mes de enero se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 7 en almacén.
- En el mes de febrero se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 1 en almacén.
- En el mes de marzo se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 8 en almacén.
- En el mes de abril se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 9 en almacén.
- En el mes de mayo se vendieron todos los productos quedando 0 productos en almacén.
- En el mes de junio se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 4 en almacén.
- En el mes de julio se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 4 en almacén.
- En el mes de agosto se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 7 en almacén.
- En el mes de septiembre se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 4 en almacén.

De la marca WELLA

- En el mes de enero se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 6 en almacén.
- En el mes de febrero se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 8 en almacén.
- En el mes de marzo se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 10 en almacén.
- En el mes de abril se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 12 en almacén.
- En el mes de mayo se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 3 en almacén.
- En el mes de junio se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 9 en almacén.
- En el mes de julio se vendieron todos los productos quedando 0 productos en almacén.
- En el mes de agosto se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 9 en almacén.
- En el mes de septiembre se vendieron la mayoría de los productos solo quedando 6 en almacén.

**3.3. Comparación el antes y después del estado de la empresa en función a la estimación de la propuesta de optimización**

A la peluquería en estudio se les aportó la solución a los objetivos planteados en la investigación para la propuesta de optimización, lo que le generó un gran beneficio a nivel de decisión, ya que, va a tener conocimiento sobre en qué productos capilares debe invertir para así logara maximizar sus utilidades.

ANTES	DESPUÉS
La peluquería no tenía conocimiento sobre en qué producto de las cuatro marcas que maneja (Kerástase, L’Oreal, Redken y Wella) debía invertir en mayor cantidad. Por eso, frente a su desconocimiento no tenía idea cómo maximizar sus utilidades y, por ende, generar mayores ingresos, ya que los ingresos de los últimos 9 meses fueron menores a lo esperado como se ve la tabla 13.	La peluquería ahora tiene claridad y conocimiento sobre qué productos de cada marca debe invertir, sabiendo cuántos productos de cada una vender al mes para maximizar las utilidades. Obteniendo así una ganancia esperada de 4630 soles, mucho mayor de la que se registró en los 9 meses anteriores.

IV. DISCUSIÓN

La aplicación de un método cuantitativo para la toma de decisiones en la peluquería “FRANK OLIVOS SALÓN Y SPA” como lo es; tanto la

programación lineal entera como la programación binaria, coinciden con la Ref. [3] donde señala que el método cuantitativo nos permite tomar decisiones en un escenario de incertidumbre donde se desarrollará expresiones matemáticas que describan los objetivos, restricciones y otras relaciones que existen en el problema.

En esta investigación se desarrolló una propuesta para maximizar las utilidades de la peluquería “FRANK OLIVOS SALÓN Y SPA” mediante la programación lineal entera y programación binaria, obteniendo una utilidad máxima de S/ 4630 en la venta de productos capilares. Concordando así con Ref. [22] donde se menciona que tanto la programación lineal entera como la programación binaria son fundamentales para la toma de decisiones asignando óptimamente los recursos que conducen a la consecución de un objetivo de la empresa u organización.

Si bien los resultados obtenidos, como la utilidad máxima, son positivos y reflejan la eficacia de los modelos de programación lineal entera y binaria, es necesario reconocer que estos modelos podrían no funcionar de manera tan eficaz en escenarios alternativos; por ejemplo, en un entorno de mercado altamente volátil o en épocas de baja demanda, los resultados podrían variar considerablemente. En tales casos, sería necesario ajustar los modelos para que sean más flexibles y se adapten mejor a cambios en las condiciones del mercado. Para ello, un análisis de la evolución de mercados permitirá evaluar cómo las variaciones en los parámetros clave como los costos o la demanda afectan los resultados, siendo altamente beneficioso para anticipar estos escenarios y ajustar las estrategias de optimización de manera proactiva.

De igual manera, el resultado de la investigación nos permitió determinar la mejora y optimización de las utilidades para la peluquería, coincidiendo con el estudio de Carranza, D. y Moncada, L. quienes realizaron su investigación titulada “Optimización de las Utilidades en la Empresa DM&E S.A.S mediante un Modelo de Programación Lineal que permita mejorar su Rendimiento Operacional”; estableciendo que el uso de métodos de optimización en la sección financiera ayuda en la planificación presupuestaria, el uso racional de los fondos, la gestión eficaz de los recursos, para desarrollar un mejor análisis financiero de nuevas oportunidades de inversión, para predecir durante un cierto período de tiempo los márgenes de beneficio, que se pueden analizar mediante el uso de programación lineal [23].

Así mismo, en esta investigación aplicamos el modelo de programación binaria, ayudando en toma de decisiones sobre en qué productos de cada marca la peluquería debe invertir; concordando así con el trabajo de Cordero, J. y Ottati, F. donde muestran que la programación binaria se utiliza en problemas de asignación o de toma de decisiones enfocadas a hacer o no una tarea [24].

Además, es crucial profundizar en el análisis del contexto económico en el que opera la peluquería; donde, factores macroeconómicos como la inflación, las tasas de interés, y las condiciones del mercado local de productos capilares y servicios de belleza pueden afectar significativamente tanto los costos operativos como el poder adquisitivo de los clientes [25]. Por ejemplo, una mayor competencia o cambios en las preferencias de los consumidores podrían requerir ajustes en las estrategias de inversión y en la asignación de recursos, lo que haría necesario modificar los modelos implementados para reflejar estas nuevas dinámicas del mercado.

Así mismo, la inflación podría afectar rápidamente los costos de productos e insumos, impactando directamente las variables de nuestro modelo, mientras que las fluctuaciones en las tasas de interés influirían en las decisiones de inversión y expansión del negocio [26]. De igual forma, el poder adquisitivo de los clientes, influenciado por las condiciones económicas generales, es otro factor crítico que podría alterar la demanda de servicios de belleza, especialmente en períodos de

recesión. Además, debemos tener en cuenta que el mercado local de belleza está en constante evolución, con nuevos competidores y tendencias cambiantes que requieren modelos flexibles y adaptables.

## V. CONCLUSIONES

- El diagnóstico del estado y situación de la peluquería en cuanto a sus utilidades generadas para la aplicación de la propuesta de optimización mediante programación lineal entera y programación binaria indicó que sus utilidades generadas por la venta de los productos capilares de las distintas marcas vendidas en los últimos 9 meses no eran las máximas utilidades que se podía obtener. Esto perjudicaba a la peluquería evitando generar la máxima rentabilidad, y se debía a que no tenía conocimiento sobre en qué productos capilares debería invertir de forma mensual; ya que, se observó que las ventas de los productos capilares de la empresa se realizaban de acuerdo con lo que el cliente adquiriría mensualmente, y los productos que no se lograban vender se quedaban almacenados, desfavoreciendo a la peluquería.
- La optimización de acuerdo con la estimación de las utilidades alcanzó un incremento mayor a lo examinado en los datos históricos de la peluquería. Así como, también se logró determinar que productos de cada marca conviene invertir hallando la cantidad de cada producto que se debe adquirir, beneficiando así a la rentabilidad de la peluquería.
- La comparación del antes y después del estado de la peluquería en función a una estimación de la propuesta de optimización, demostró que después de la propuesta, resultaba de gran importancia y provecho el conocer en qué productos capilares de las distintas marcas invertir, porque de esta manera no se realizarían gastos en productos que no se venden y esto beneficiaría a las ganancias obtenidas por la empresa. Asimismo, esto ahorra costos de almacenamiento y también evita pérdidas de los productos no vendidos.

## REFERENCIAS

- [1] Fondo Monetario Internacional (2023). *UNA RECUPERACIÓN ACCIDENTADA*. <https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>
- [2] Prialé, M. (2022). 4 retos a los que se enfrentan las empresas en 2023. *Universidad del Pacífico*. <https://www.up.edu.pe/prensa/noticias/4-retos-a-los-que-se-enfrentan-las-empresas-en-2023>
- [3] Abad, E.; Gonzáles, M. & López, E. (2022). El proceso de toma de decisiones basado en métodos cuantitativos: análisis de tendencias en el ámbito corporativo. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 34. [www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/5135](http://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/5135)
- [4] L'OREAL GROUPE (2022). *L'Oréal en crecimiento económico a un ritmo sostenible en 2022*. <https://www.loreal.com/es-es/espaa/news/finance/crecimiento-de-loreal-2022/>
- [5] Businesswire (2023). Wella Company celebra su aniversario con un crecimiento sostenido durante tres años consecutivos. <https://www.businesswire.com/news/home/20231129092930/es/>
- [6] Díaz, M. (2007). *PROGRAMACIÓN LINEAL COMO HERRAMIENTA PARA TOMA DE DECISIONES FINANCIERAS*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5137584.pdf>
- [7] Alvarado, J. (2009). LA PROGRAMACIÓN LINEAL APLICACIÓN DE LA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. *Rev. Reflexiones*, 88(1). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/reflexiones/article/view/11511/10857>
- [8] Díaz, G. (2007). PROGRAMACIÓN LINEAL COMO HERRAMIENTA PARA TOMA DE DECISIONES FINANCIERAS. *Sotavento*, N° 10, 60 – 67. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/sotavento/article/view/1600>
- [9] Puente, M. & Gavilánez, O. (2018). PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA TOMA DE DECISIONES. *Dirección de Publicaciones Científicas*, vol. 17; 83. <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2019-09-19-210805-58%20Libro%20Programacio%CC%81n%20Lineal%20final.pdf>
- [10] Blanco, V. (2014). *Programación Matemática Software*. <https://softcm.files.wordpress.com/2014/04/mc2.pdf>
- [11] Alvarado, J. (2008). LA PROGRAMACIÓN LINEAL APLICACIÓN DE LA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. *Rev. Reflexiones*, 88 (1): 89-105. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28615/La%20Programacion%20Lineal%20Aplicacion%20De%20La%20Pequeñas%20y%20Mediana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [12] Serve, S. (2014). *Programación Lineal Entera Binaria*. <https://www.slideserve.com/zed/programacion-lineal-entera-binaria>
- [13] Xabadu (2008). *Cómo resolver una binaria en Solver*. <https://www.comolohago.cl/como-resolver-una-binaria-en-solver/>
- [14] Hernández, E. & Montufar, M. (2010). Aplicaciones de la optimización lineal usando hojas de cálculo. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/icbi/asignatura/AAIngenieria/aplicaciones\\_de\\_la\\_optimizacion\\_lineal.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/icbi/asignatura/AAIngenieria/aplicaciones_de_la_optimizacion_lineal.pdf)
- [15] INEI (2023). *Sector comercio se incrementó 2,34% en mayo de este año y mantuvo tendencia positiva por vigésimo quinto mes*. <https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/sector-comercio-se-incremento-234-en-mayo-de-este-ano-y-mantuvo-tendencia-positiva-por-vigesimo-quinto-mes-11682/>
- [16] Ybáñez, I. (2023). *Mercado peruano de cosméticos creció 8% en primer trimestre luego de facturar S/ 2.000 millones*. <https://www.infobae.com/peru/2023/05/18/mercado-peruano-de-cosmeticos-crecio-8-en-primer-trimestre-luego-de-facturar-s-2000-millones/>
- [17] La Cámara (2023). *Sector cosméticos e higiene facturará más de S/4 500 millones en segundo semestre de 2023*. <https://lacamara.pe/sector-cosmeticos-e-higiene-facturara-mas-de-s-4500-millones-en-segundo-semestre-de-2023/>
- [18] García, P. (2022). *El mercado de cosmética e higiene personal en Perú*. <https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/065/documentos/2022/10/documentos-anexos/DOC2022915927.pdf>
- [19] Universidad de las Américas Puebla (2009). *Metodología de Investigación*. [http://caterina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmk/munoz\\_m\\_m/capitulo3.pdf](http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmk/munoz_m_m/capitulo3.pdf)
- [20] Alvarado, D. Bocángel, G.; Jesús, I.; Ortíz, L. & Rosas, C. *Investigación de Operaciones*. 1 ed. Perú: Biblioteca Nacional del Perú, 2021. <https://www.unheval.edu.pe/webs/repositoriounheval/descargar?file=bb463899cd9f132d80a0082f45d5f9cd0b174f4ae0cb3fcb75457c04b5ea512deb1ed24feb2e460748c062860a09fdcd7f3aa70c2046ca485e716152e2fe5e4ab1316cd8ae9c5cb60c80e2d4653ab121511>
- [21] González, J. (2010). *Programación lineal básica con Excel. Parte I: Marco Teórico Básico de la Programación Lineal*. <http://www.jggomez.eu/K%20Informatica/3%20Excel/03%20Mis%20Temas/H%20Solver/1%20Apoyo%20a%20la%20toma%20de%20decisiones%20con%20Solver%20I.pdf>
- [22] Carranza, D. & Moncada, L. (2019). Optimización de las Utilidades en la Empresa DM&E S.A.S mediante un Modelo de Programación Lineal que permita mejorar su Rendimiento Operacional [Tesis de grado]. *Repositorio de la Universidad Piloto de Colombia*. <http://repositorio.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6428/Optimizaci%C3%B3n%20de%20las%20Utilidades%20en%20la%20Empresa%20DM%26E%20S.A.S%20mediante%20un%20Modelo%20de%20Programaci%C3%B3n%20Lineal%20que%20permita%20mejorar%20su%20Rendimiento%20Operacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [23] Buján, A. (2023). *Función objetivo*. <http://www.encyclopediainfinanciera.com/definicion-funcion-objetivo.html>
- [24] Cordero, J. & Ottati, F. (2018). Propuesta de modelo de programación lineal binaria entera para la solución del problema de asignación de horarios de clase. *Universidad del Azuay*. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8497/1/14215.pdf>
- [25] Correa, M. (2021). Variables macroeconómicas que influyen sobre las empresas. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/revistaimef/VARIABLES-macroeconomicas-que-influyen-sobre-las-empresas-20210929-0054.html>
- [26] Conent, B. (2024). Desafíos y adaptaciones de las empresas ante la inflación. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/economia/Desafios-y-adaptaciones-de-las-empresas-ante-la-inflacion--20240823-0049.html>

