UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN MATEMÁTICA

“Modelo matemático de programación no lineal para optimizar utilidades en los créditos en el sistema financiero’’

Tesis para optar el grado académico de
Doctor en Matemática

Autor:
Garay Santisteban, Jonhy Saturnino

Asesor:
Dr. Cedrón León, Ernesto Antonio
DNI N°: 32966495
Código ORCID: 0000-0002-3198-831X

Línea de Investigación:
Problemas de optimización

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2023

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE TESIS

Yo, **Cedrón León Ernesto Antonio**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: **“Modelo matemático de programación no lineal para optimizar utilidades en los créditos en el sistema financiero”**, elaborada por el magister **Garay Santisteban Jonhy Saturnino** para obtener el Grado Académico de **Doctor en Matemática**, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 28 de diciembre del 2023

....

Dr. Cedrón León Ernesto Antonio
ASESOR
CODIGO ORCID: 0000-0002-3198-831X
DNI N° 32966495

CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

MODELO MATEMÁTICO DE PROGRAMACIÓN NO LINEAL PARA OPTIMIZAR UTILIDADES EN LOS CRÉDITOS EN EL SISTEMA FINANCIERO

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN MATEMÁTICA

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

…………………………………………..

Dr. Morales Marchena Herón Juan

PRESIDENTE

CODIGO ORCID: 0000-0002-5394-0958

DNI N° 328837715

………………………………………

Dr. Moore Flores Teodoro

SECRETARIO

CODIGO ORCID: 0000-0002-1755-3459

DNI N° 32763522

………………………………………

Dr. Cedrón León Ernesto Antonio

VOCAL

CODIGO ORCID: 0000-0002-3198-831X

DNI N° 32966495

UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los veintiocho días del mes de diciembre del año 2023, siendo las 11:30 horas, en el aula multimedia N° P-1 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador conformado por los docentes: Dr. Herón Juan Morales Marchena (Presidente), Dr. Teodoro Moore Flores (Secretario), Dr. Ernesto Antonio Cedrón León (Vocal); designados mediante Resolución Directoral N° 304-2023-EPG-UNS de fecha 07.11.2023, con la finalidad de evaluar la tesis titulada: ***"MODELO MATEMÁTICO DE PROGRAMACIÓN NO LINEAL PARA OPTIMIZAR UTILIDADES EN LOS CRÉDITOS EN EL SISTEMA FINANCIERO";*** presentado por el tesista **Mg. Jonhy Saturnino Garay Santisteban,** egresado del programa de **Doctorado en Matemática.**

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 350-2023-EPG-UNS de fecha 21 de diciembre de 2023.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como: APROBADO asignándole la calificación de: DIECINUEVE.

Siendo las 13:00 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Dr. Herón Juan Morales Marchena
Presidente

Dr. Teodoro Moore Flores
Secretario

Dr. Ernesto Antonio Cedrón León
Vocal - Asesor

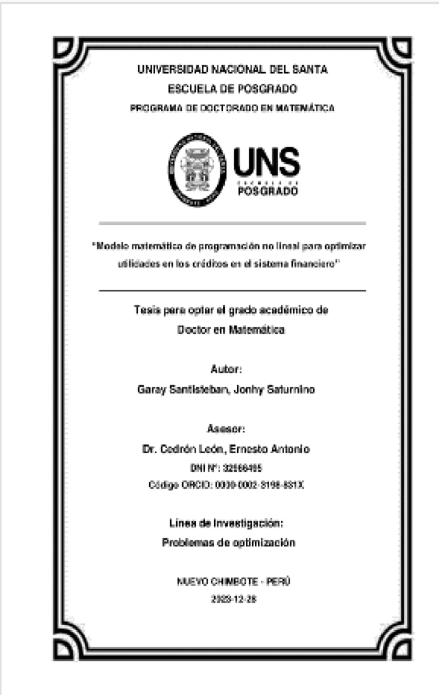
turnitin

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	JONHY SATURNINO GARAY SANTISTEBAN
Título del ejercicio:	Investigaciones
Título de la entrega:	Modelo matemático de programación no lineal para optimiz...
Nombre del archivo:	Tesis_Doctoral_-_UNS_-_Jonhy_Garay_Santisteban_-_2023.docx
Tamaño del archivo:	1.52M
Total páginas:	115
Total de palabras:	21,587
Total de caracteres:	116,085
Fecha de entrega:	17-ene.-2024 01:32a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2206901411


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN MATEMÁTICA

UNS
POSGRADO

"Modelo matemático de programación no lineal para optimizar utilidades en los créditos en el sistema financiero"

Tesis para optar el grado académico de
Doctor en Matemática

Autor:
Garay Santisteban, Jonhy Saturnino

Asesor:
Dr. Cedrón León, Ernesto Antonio
DNI N°: 32966485
Código ORCID: 0000-0002-3198-831X

Línea de investigación:
Problemas de optimización

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2023-12-28

Modelo matemático de programación no lineal para optimizar utilidades en los créditos en el sistema financiero

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	15%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorios.unimet.edu.ve Fuente de Internet	2%
3	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
4	scielo.cl Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repository.unipiloto.edu.co Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

A la memoria de mi querido padre que me acompaño y apoyo a lo largo de mi vida.

A mi hijo quien es el motor de mi vida.

Son razones que me impulsan a conseguir mis ideales y objetivos como profesional.

Jonhy

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

Página

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos en el sistema financiero. La hipótesis planteada consistió en que el Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos en el sistema financiero. La investigación fue aplicada pre experimental de enfoque cuantitativo, la población y muestra estuvieron conformada por cuatro tipos de créditos, se utilizó como instrumento a la hoja de registro de datos. El Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos en promedio general de 279,118.1 soles con un porcentaje promedio del 2.66% de incrementó en las rentabilidades. También optimizó las utilidades en el Crédito Agropecuario con un incremento de 96 005,10 soles, equivalente al 2,98%. Optimizó las utilidades en el Crédito Hipotecario con un incremento de 717 677,30 soles, equivalente al 3,88%. Optimizó las utilidades en el Crédito Informal con un incremento de 10 531,50 soles, equivalente al 1,11%. Optimizó las utilidades en el Crédito Formal con un incremento de 292 258,60 soles equivalente al 2,68%.

Palabras claves: Modelo matemático; Programación no lineal; créditos del sistema financiero; utilidades.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine to what extent the mathematical model of nonlinear programming optimizes profits on credits in the financial system. The hypothesis proposed was that the mathematical model of non-linear programming optimizes the profits on credits in the financial system. The research was applied pre-experimental with a quantitative approach, the population and sample were made up of four types of credits, the data recording sheet was used as an instrument. The non-linear mathematical programming model using the LINGO software optimized the profits on the loans in a general average of 279,118.1 soles with an average percentage of 2.66% increase in profitability. It also optimized profits in Agricultural Credit with an increase of 96,005.10 soles, equivalent to 2.98%. Optimized profits in Mortgage Credit with an increase of 717,677.30 soles, equivalent to 3.88%. Optimized profits in Informal Credit with an increase of 10,531.50 soles, equivalent to 1.11%. Optimized profits in Formal Credit with an increase of 292,258.60 soles, equivalent to 2.68%.

Keywords: Mathematical model; Nonlinear programming; credits from the financial system; utilities.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Descripción del problema de investigación

El sistema financiero a nivel internacional tiene como una de sus funciones principales el otorgamiento de créditos a las personas naturales y jurídicas, previo un estudio exhaustivo de la capacidad de pago de cada uno de los clientes que solicitan dicho crédito, en el estudio se analizan las conductas crediticias y el historial de pagos, así como el análisis de riesgo, el otorgamiento de crédito es evaluado y analizado, determinando a priori el riesgo de crédito que dicha operación implica; asimismo, se analiza las disponibilidad de la masa monetaria para la asignación de dinero para cada tipo de préstamo (Ciccarelli, Maddaloni & Peydró, 2015). El problema fundamental que afrontan las instituciones financieras respecto a la atención a los servicios de créditos es el conocimiento de cómo maximizar las utilidades por cada uno de los tipos de créditos que realiza, ello implica optimizar los costos y los ingresos que se generan por cada tipo de crédito (Espinoza y Vásquez, 2016).

Debido a que las ecuaciones de préstamo o de otorgamiento de créditos son no lineal, los problemas de optimización se complican, es por ello que, generalmente la mayoría de instituciones financieras no han implementado soluciones para este tipo de transacciones (Sotelo, 2010. p. 48). Una variable que vuelve más complejo el problema es el comportamiento de la demanda de créditos en sus diversos tipos, en estas circunstancias, se hace más difícil tomar decisiones óptimas debido a su complejidad, muchas veces, la gerencia de créditos desconocen la cantidad de dinero, el periodo de préstamo y el factor riesgo de cada cliente en cada tipo de crédito para que puedan maximizar las utilidades, ello contribuye a que la institución financiera deje de obtener ingresos por concepto de intereses, falta de rotación de la masa monetaria (Nogales, 2014. p. 39).

A nivel nacional, el sistema financiero peruano, al igual que sus similares internacionales, también tienen como función el otorgamiento de créditos a sus diversos tipos de clientes, para lograr ingresos hacen uso de varios métodos, tales como la publicidad en televisión, redes sociales, entre otros (Sotelo, 2010. p. 54). Se evidencia también que el sistema financiero peruano generalmente no optimiza sus utilidades, los ingresos y costos son tratados bajo los conceptos básicos de la administración moderna sin llegar a la optimización de los componentes de la utilidad. La falta de optimización de cada una de las líneas de crédito permite que las instituciones financieras dejen de percibir mejores ingresos por concepto de intereses, situación que, de continuar sostenidamente en el tiempo pueden generar que el sistema financiero pueda entrar en problemas económicos, y en el largo plazo pueda colapsar (Ávila, 2014.p. 25-27.).

Generalmente, los servicios de créditos que presta una institución financiera nacional son los siguientes: Crédito empresarial, crédito hipotecario, crédito al sector informal y crédito al sector formal. El crédito empresarial está destinado hacia las empresas pequeñas, mediana y a las grandes empresas. Se fundamenta en la capacidad de pago de los clientes y su historial crediticio, la institución otorga créditos en moneda nacional y en moneda extranjera (Dólares americanos). Actualmente la institución financiera desconoce las tasas y el número de periodo de crédito que podría optimizar los ingresos por interés, así como también se desconoce la forma de como optimizar los costos que involucran el proceso de crédito. Este tipo de crédito que presta una institución financiera se presta para modelarlo matemáticamente debido a que la función objetivo estaría conformado por la sumatoria de los ingresos menos la sumatoria de los egresos, sujeto a las restricciones de monto de capital prestado, temporalidad, número de periodos, etc.

El crédito hipotecario está dirigido generalmente a las personas naturales que desean comprar un lote o una vivienda. Las restricciones para este tipo de crédito son los siguientes: El monto mínimo es de 10 mil soles, el monto máximo es de un millón de soles en promedio. Otra restricción es la cantidad de garantía, lo cual en promedio es el 150% del valor de crédito solicitado, los costos incurridos son los costos de desgravamen, costos operativos, etc.

El crédito al sector formal está dirigido a personas naturales o jurídicas que disponen de negocios formales direccionados hacia la producción, comercio o prestación de servicios y que se enmarquen dentro de los tipos de crédito Corporativo, Gran Empresas y Mediana Empresas. El monto mínimo es de S/ 300 001 soles o $ 90 000, mientras que el máximo es del 10% del patrimonio efectivo del crédito solicitado. El plazo mínimo es de 90 días, el plazo máximo es de 24 meses para capital de trabajo y 120 meses activo fijo. La frecuencia de pago: Cuota Fija (Semanal, Quincenal, Mensual, etc.) / Cuota única.

El crédito al sector informal está dirigido a personas naturales que disponen de negocios informales y que se dedican al comercio ambulatorio, a los negocios callejeros, o cualquier otro tipo de actividad informal. El monto mínimo es de S/ 1000 soles o $ 250, mientras que el máximo es del 10% de la garantía que puede ofrecer al sistema financiero. El plazo mínimo es de un mes, el plazo máximo es de tres meses. La frecuencia de pago: Cuota Fija (Semanal, Quincenal, Mensual, etc.) / Cuota única.

1.1.2. Formulación del problema de investigación

La gerencia de la institución financiera obtiene utilidades por cada uno de los créditos agropecuarios, créditos hipotecarios, créditos informales y créditos formales, el problema es que estas utilidades no son los óptimos, en ese sentido, la empresa está perdiendo ingresos y utilidades debido a que estos créditos no están siendo adecuadamente gestionados o asignados de manera óptima, para ello, se ha propuesto el modelamiento matemático no lineal en función al número de periodos del crédito, sin tomar en cuenta los créditos solicitados exactamente por un año, ya que en ese caso serían lineales. El aporte de la presente investigación consiste en modelar matemáticamente cada tipo de crédito y cada modelo calcular los valores optimo en función a la cantidad de capital, tasa de interés, numero de periodos, interés ganado, todo ello, teniendo en cuenta las restricciones para cada modelo. Teniendo en cuenta que el desarrollo de un modelo de programación no lineal es muy complejo, se ha optado por aplicar el software LINGO para ejecutar a cada modelo y en función a ello comparar los resultados en función a los objetivos específicos.

Problema general

¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos en el sistema financiero?

Problemas específicos

- ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos agropecuarios en el sistema financiero?
- ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos hipotecarios en el sistema financiero?
- ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector informal en el sistema financiero?
- ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector formal en el sistema financiero?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos en el sistema financiero.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos agropecuarios en el sistema financiero.
- Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos hipotecarios en el sistema financiero.
- Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector informal en el sistema financiero.
- Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector formal en el sistema financiero.

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos en el sistema financiero.

1.3.2. Hipótesis específicas

- El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos agropecuarios en el sistema financiero.
- El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos hipotecarios en el sistema financiero.
- El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos al sector informal en el sistema financiero.
- El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos al sector formal en el sistema financiero.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica económicamente debido a que la optimización de las utilidades de los diversos tipos de créditos del sistema financiero conduce al incremento de las utilidades de los créditos agropecuario, hipotecarios, créditos del sector informal, y créditos del sector formal, y como parte de ellos, se optimiza los ingresos y egresos de cada tipo de crédito.

La presente investigación se justifica socialmente debido a que la optimización de las utilidades de los diversos tipos de créditos del sistema financiero beneficiará a las instituciones financieras con el incremento de las utilidades esto cuando implementen el modelo de programación no lineal, a los empleados de las instituciones financieras debido a la posibilidad de incremento de sus sueldos y salarios; y al obtener más utilidades las instituciones financieras, estas pagarán más impuestos, en este caso, el Estado podrá invertir en la atención de las necesidades prioritarias de la población más vulnerable del país.

Se justifica metodológicamente debido a que la presente investigación va a alcanzar los métodos de formulación de los modelos matemáticos de programación no lineal de cada uno de los tipos de créditos y del modelo general, asimismo, se alcanzará la metodología de aplicación de un software para la solución de la optimización no lineal de cada uno de los tipos de créditos.

Se justifica en la práctica porque los operadores y créditos del sistema financiero podrán aplicar el software informático para optimizar a cada uno de los tipos de créditos cuando ellos crean conveniente realizarlo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Carranza y Moncada (2019) en la tesis denominada "Optimización de las Utilidades en la Empresa DM&E S.A.S mediante un Modelo de Programación Lineal que permita mejorar su Rendimiento Operacional", realizada en la Universidad Piloto de Colombia; se plantearon como objetivo general la optimización de las utilidades en la empresa en estudio mediante un modelo de programación lineal con fines de mejora del rendimiento operacional. Concluyeron que inicialmente se encontró pérdidas y con el proceso de optimización se generaron rentabilidades en el intervalo (0; 669,6) que representó el 66% del total de los productos. Que 33 productos correspondieron a los productos que generaban pérdidas, que de esa cantidad de productos se encontró que 26 estuvieron dentro del intervalo considerable de pérdida de (-669,6; 0). Esta investigación antecedente se relaciona con la presente investigación en el objetivo de aplicar la programación lineal en el proceso de optimización de utilidades en un sistema financiero, en ese sentido, tanto la metodología y sus conclusiones servirán de análisis y discusión para la presente investigación.

José De Carvalho (2018) en la investigación doctoral denominada "Programación estocástica. Aplicación a la Gestión de activos y pasivos", realizada en la Universidad Complutense de Madrid, España; se planteó como objetivo general aplicar la programación probabilística para Gestión de Activos y Pasivos de un Fondo de Pensiones. Concluyó que el patrimonio libre total deseado fue de 52,188 euros en SS, en SB fue de 50,396 euros, y que el valor mínimo se encontró en 13,750 euros, en el caso de BB el valor fue el encontrado más alto. En el caso de BS se tuvo un patrimonio integral deseado de 16,543 euros. Que el valor de la optimización fue de 33,2192 euros, monto de rentabilidad anual deseado de la inversión, y que significó un 22,36% de los beneficios anuales en el caso de que salió como lo previsto. La investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, pero con diferente metodología que fue programación estocástica frente a programación no lineal, no obstante, se relaciona con la optimización de utilidades, coindicen además en el espacio que es una institución financiera, por lo tanto, la metodología y sus conclusiones van a contribuir en el desarrollo de la presente investigación.

Vaca (2017) en la tesis doctoral denominada "Evaluación de estimadores Basados en modelos para el Cálculo del riesgo de crédito Bancario en entidades Financieras", realizada en la Universidad Miguel Hernández de Elche, España; se planteó como objetivo general estudiar comparativamente los métodos de riesgo de crédito bancario LDA, CART, LMN., MLOGIT y LSVM en donde se trató de encontrar la eficacia computacional usando el error cuadrático medio y la tasa de acierto, así como la eficiencia computacional en función del tiempo medio de ejecución. Aplicó modelos de cálculos de riesgos en volúmenes disimiles de registros y variables. Trabajó con N = 2 000 a N = 50 000 registros y con valores de p = 1 a p = 100 variables con la finalidad de generar una cantidad máxima de posibles de requerimientos de préstamos. Concluyó que, en el proceso de cálculo de la eficiencia y eficacia, los métodos que demostraron mayor eficacia fueron LMM y GLMlogit, y que los modelos LDA, LMM y GLMlogit fueron los métodos informáticos más recientes, luego del método CART. Se encontró que LMM fue más eficiente, y para cantidades menores fue mejor el método GLMlogit. Que RMSE, LMM, GLMlogit y LDA lograron mejores resultados. Se descartó LDA debido a que LMM demostró mayor eficacia. Se encontró que LDA demostró mejor eficiencia, pero demostró menos eficacia. Que el LMM fue análogo a GLMlogit, cuando se trabajó con grandes datos, LMM fue mejor y obtuvo mejores resultados en función del RMSE. En ese sentido, el autor propuso al LMM y GLMlogit como mejores métodos de evaluación de riesgo de crédito. Esta investigación antecedente no tuvo como objetivo la optimización de utilidades, pero sí de las evaluaciones de riesgos, también difiere en cuanto a la metodología ya que aplicó modelos de cálculos de riesgo, se relaciona con la presente investigación en la optimización de recursos financieros, en ese sentido, servirá de análisis y discusión para la presente investigación.

Mattig (2015) en la investigación denominada "Programación no lineal aplicada a problemas de decisión bajo incertidumbre", realizada en la Universidad Autónoma de Buenos Aires. Argentina, se planteó como objetivo la demostración de la aplicación económica de la programación no lineal desde la perspectiva de los modelos teóricos. Concluyó demostrativamente haciendo uso de las condiciones de Khun Tucker que la utilidad deseada que se genera al gastar una unidad adicional del activo financiero no sea superior al costo marginal de gastarlo debió cumplir condiciones de valores de tasas. Que, el consumo de una cantidad positiva de activo financiero α, en ese sentido, la utilidad marginal de invertir en dicho activo fue superior al costo marginal de dicho activo. Que el agente no puede invertir más capital que el que tiene. Que la utilidad marginal de una unidad más de capital inicial es positiva o nula. Ello significó que, proporcionarle una unidad de capital inicial debe suministrarle más bienestar o mantenerse en estado situacional inicial. Se encontró que en el caso de que el cliente no invierte todo su capital inicial, entonces la asignación de una unidad más de capital inicial le fue indiferente. Que la tasa neta de retorno fue más baja del activo riesgoso, en ese sentido, el capital en el activo libre se optimizó. La investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, aplicó la misma metodología que la presente investigación, esto es la programación no lineal, por lo tanto, se relaciona con la optimización de utilidades, coindicen además en el espacio que es una institución financiera, por lo tanto, la metodología y sus conclusiones van a contribuir en el desarrollo de la presente investigación.

Nogales (2014) en la tesis doctoral denominada "Mixed Integer Nonlinear Optimization. Applications to Competitive Location and Supervised Classification"., realizada en la Universidad de Sevilla, España, concluyó que los resultados computacionales mostraron que ambos enfoques de división fueron capaces de resolver problemas de tamaño bastante realista hasta p = 4 instalaciones, mientras que para p = 5 sólo pequeño los problemas se resuelven. Para valores pequeños de p, ambos enfoques son comparables, y cuando el número de instalaciones aumenta, el enfoque de super conjunto supera a la enumeración acercarse. Que para valores altos de p y para ambos enfoques, algunos problemas permanecen sin resolver porque se alcanza el límite de tamaño MaxList. Que con ambos enfoques podrían aplicarse a diferentes ubicaciones de instalaciones p problemas en las redes, como el problema de la mediana p con la demanda continua en una red. La investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, aplicó la misma metodología que la presente investigación, esto es la programación no lineal, no obstante, no abordó la optimización de utilidades, sin embargo, aporta con la metodología de optimización, la misma que será tenida en cuenta en el desarrollo de la presente investigación.

Pérez (2005) en la investigación denominada “Modelo matemático de programación no-lineal para la optimización de los costos de fabricación de vigas de concreto armado”, realizada en la Universidad Metropolitana de Caracas, Venezuela; se planteó como objetivo general el desarrollo de un modelo matemático de programación no lineal para optimizar el costo de viga de concreto armado fundamentado en los precios de los diferentes materiales que pueden afectar el diseño, y lograr con ello la geometría óptima de la sección del concreto armado. Concluyó que el ahorro logrado fue entre 0.5% y 1%, esto no fue muy significativo. Que la geometría de las secciones de vigas normalmente se limitó a las necesidades de diseño, en ese sentido, escasamente se va a conseguir menos costos. Que la optimización fue útil solo si el número de elementos de concreto reforzado sea bastante grande, recomendó para concretos prefabricados o en construcciones en grandes volúmenes. Que, aunque no se logró ahorro significativo en la optimización de los costos en las secciones de viga de concreto, se comprobó que el método trabaja adecuadamente. La investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, aplicó la misma metodología que la presente investigación, esto es la programación no lineal, no obstante, no abordó la optimización de utilidades, sin embargo, aporta con la metodología de optimización, la misma que será tenida en cuenta en el desarrollo de la presente investigación.

Castillo (2007) en la tesis de maestría denominada “Aplicación de la programación no lineal para la determinación de la cartera óptima de inversión: una aplicación al mercado de valores peruano”, realizada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima Perú; se planteó como objetivo realizar la propuesta del Modelo de Markowitz para determinar la optimización de las carteras de inversión fundamentándose en la conducta racional del inversionista, avalando máxima rentabilidad en situaciones de riesgo, desde la perspectiva de la Programación no Lineal. Concluyó que la Teoría moderna de carteras de Harry Markowitz demostró que la totalidad de la información requerida con la finalidad de seleccionar la mejor cartera en un determinado grado de riesgo depende del rendimiento esperado de la inversión; distribución normal y correlaciones de los activos de la cartera. Que se logró obtener la ecuación de la recta de 0.00038082 + 0.14140253 σp, lo que significa que, si existe mayor rendimiento o ganancia esperada, existirá mayor nivel de riesgo. Que cuando el riesgo es 3% y la rentabilidad es 0.14%., también se logró que con un nivel de riesgo: 4%, la rentabilidad 0.43%. que la cartera satisfizo los siguientes requisitos: Eficiencia y optimalidad. Que casi la totalidad de las acciones mostraron rentabilidades promedio positivas y/o menores a la tasa libre de riesgo. Que los portafolios óptimos fundados a través del modelo de Markowitz tuvieron una alta concentración en escasas acciones. La investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, aplicó la misma metodología, esto es la programación no lineal, por lo tanto, se relaciona con la optimización de utilidades, coindicen además en el espacio que es una institución financiera, por lo tanto, la metodología y sus conclusiones van a contribuir en el desarrollo de la presente investigación.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Fundamentos teóricos de la optimización no lineal

La Programación no lineal abarca un conjunto de técnicas y métodos que son usados para optimizar una función objetivo, sean de maximización o de minimización. El modelo matemático es similar al de una de programación lineal con la diferencia de que uno o más de sus variables presentan exponente diferente de uno. Presenta una función objetivo, restricciones y la condición de no negatividad, debido a que una de sus variables es diferente de cero, lo hace más compleja. (Eppen et al, 2000). Generalmente, un modelo de programación no lineal presenta en la función objetivo o en una o más restricciones una variable con exponente diferente de uno.

La programación no lineal tiene como propósito suministrar los constituyentes para hallar los puntos óptimos para una función objetivo. En el diseño, la función objetivo y las restricciones presentan variables con exponente diferente de uno, es decir no lineales, cuando se desea optimizar la función objetivo o las limitaciones restrictivas del modelo, o ambas, poseen escritura de ecuaciones diferenciales no lineales, esto significa que pertenecen a ecuaciones con variables que tienen un exponente mayor que uno (Hillier y Lieberman, 2010; Taha,1997).

La programación no lineal se aplica a un vasto grupo de problemas de la ingeniería, de las matemáticas y de la aplicación de la tecnología, así como también a los problemas de optimización de los sistemas de créditos, su aplicación es amplia, no obstante, actualmente, las investigaciones realizadas demuestran que todavía se han llevado a cabo un método sistemático fácil de comprender, que presente utilidad práctica precisa. La programación no lineal es conceptuada como programación cuadrática debido a que es el modelo de mayor presencia y desarrollo, (Eppen et al, 2000).

En un modelo de programación no lineal, ciertas veces ocurren asuntos en que se tienen que maximizar o minimizar funciones no lineales que tienen restricciones lineales; en este caso, el modelo se puede resolver siempre en cuando en la hipótesis se admita que la utilidad marginal no es constante, ello conlleva a que la función objetivo es no lineal.

También se pueden presentar casos en que se tienen que maximizar modelos de programación no lineales que disponen de restricciones lineales; se puede resolver en los casos en que se admita la hipótesis de que la utilidad marginal no es constante, si esto sucede, la función objetivo no será lineal (Eppen et al, 2000).

Forma general de un modelo de Programación No Lineal

$$
\begin{aligned}
& Max(Min)\ f(x_1;x_2;\cdots;x_n) \\
Sujeto\ a: & \\
& g_1(x_1;x_2;\cdots;x_n)\ (\leq;=;\geq)\ b_1 \\
& g_2(x_1;x_2;\cdots;x_n)\ (\leq;=;\geq)\ b_1 \\
& \ \vdots \quad\ \vdots \qquad\qquad\quad \vdots \qquad \vdots \\
& g_m(x_1;x_2;\cdots;x_n)\ (\leq;=;\geq)\ b_m
\end{aligned}
$$

En donde una o más variables de la función objetivo o de las restricciones puede tener como exponente diferente a uno.

En un sistema de programación matemática de tipo no lineal, la función $f(x_1;x_2;\cdots;x_n)$ es la función objetivo del modelo de Programación no lineal y las restricciones no lineales $g_i(x_1;x_2;\ldots;x_n)(\leq;=;\geq)b,\ \ para\ i=1;2;..;m$ contribuyen a que el modelo sea no lineal, asimismo, se considera que las funciones son diferenciables. Las particularidades y los atributos de los modelos de los modelos de programación no lineal son distintas a sus pares lineales, y los métodos algorítmicos que va a permitir optimizar son diferentes a los que se aplican en modelos lineales.

Funciones convexas y cóncavas

La estimación de los atributos de concavidad y convexidad de la región factible p de la función en general va a permitir el establecimiento de que, si una solución óptima local le corresponde a la solución óptima global, esto hace referencia a la mejor solución del problema. En el caso de que se conozca que la función objetivo disponga propiedades que pueden definir posteriormente, el cálculo del óptimo puede apresurarse aplicando algoritmos de optimización adecuados (Pérez, 2005; Sydsaeter, 1996).

Matemáticamente, la curva de una función es rigurosamente cóncava, cuando la línea que une los pares de puntos de la función, se ubica completamente dentro de la función, en caso contrario, se dice que la curva de la función es rigurosamente convexa (Pérez, 2005).

Figura 1: *Conjunto convexo y no convexo*

Situaciones de optimalidad y dualidad de Lagrange

Un conjunto X se denomina conjunto convexo si dados dos puntos x_1 y x_2 en X, entonces $\lambda x_1 + (1-\lambda x_2)$ pertenece al conjunto X para cada $\lambda \in [0;1]$. La convexidad de X se puede interpretar geométricamente en donde para cada punto x_1 y x_2 en X, el segmento de recta que los une, debe pertenecer a X (Winston, 2007).

La situación de optimalidad y dualidad de Lagrange indica que, en el caso de un modelo de programación no lineal, la región factible, región en donde se encuentran los puntos óptimos se encuentran en la línea de la gráfica que son convexas y que satisfacen todas las restricciones del modelo matemático de programación no lineal, mientras que los puntos o curva no convexa no satisface o no se encentra en la región factible del modelo.

Condiciones necesarias de óptimo local

Condiciones de primer orden: **Teorema 1:** Si $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ es una función de clase uno, la condición necearía para que $\vec{x}_0$ sea un óptimo local es que

$\nabla f(\vec{x}_0) = 0$, es decir, el gradiente de la función debe ser igual a cero (Eppen, et al, 2000; Guerrero, 1994).

Condición necesaria de segundo orden: **Teorema 2**: Considerando que $f \in C^2(\mathbb{R}^n)$ y $\vec{x}_0$ es un punto crítico de f en donde la matriz hessiana no es nula. Si $\vec{x}_0$ es un máximo local de f, entonces la forma cuadrática asociada a $Hf(\vec{x}_0)$ es semidefinida positiva (Eppen, et al, 2000).

La forma cuadrática $Q(\vec{x}) = \vec{x}^t Hf(\vec{x}_0)\vec{x}$ es semidefinida como positiva cuando $Q(\vec{x}) \geq 0 \quad \forall \vec{x} \in \mathbb{R}^n$. Es decir, todos los valores propios de $Hf(\vec{x}_0)$ son mayores o iguales a cero.

Debido a que las curvas de un modelo de programación no lineal son muy complejas, el teorema 1 afirma que, la condición necesaria para encontrar un valor óptimo local es el gradiente de la función debe ser igual a cero, caso contrario, el valor optimo no se encontrará en dicha curva o función de clase uno. En el teorema 2, se sostiene que un punto crítico o valor probable de ser el valor optimo del modelo no lineal, para que sea parte de la región factible con valor óptimo, la matriz hessiana debe ser positiva.

Punto de silla: Es el punto sobre una superficie en el que la pendiente es cero, pero no hace referencia a un extremo local máximo o mínimo. También se le considera como un punto sobre una superficie en el que la elevación es máxima en una dirección y mínima en la dirección perpendicular. Matemáticamente, el punto de silla es un punto de una función en el que la primera derivada es nula, mientras que el signo de la segunda derivada (curvatura) depende de la dirección en que se calcule. Si en un punto de una función de dos variables f(x,y) el gradiente es cero, sólo puede tratarse de un máximo respecto de una variable, un mínimo respecto de la otra o un punto de silla. (Eppen, et al, 2000).

Tipos de Problemas de Programación No lineal

Sin restricciones: En este caso el modelo de programación no lineal no dispone de restricciones, pero sí de función objetivo y solo restricción de no negatividad. Matemáticamente se simboliza como (Hillier & Lieberman, 2010):

$$Max(Min)\ f(x_1; x_2; \cdots; x_n)$$

Las necesidades de la solución de problemas de maximización y minimización se generan en todas las ramas del saber humano, específicamente en las carreras de Ingeniería, Administración, Economía y Estadística. Se debe tener en cuenta que un modelo de programación no lineal puede presentarse con y sin restricciones, y pude darse soluciones en ambos casos (Winston, 2007; López, 1989).

Programación no lineal con restricciones: La formulación de este tipo de problemas responde a la formulación general, inicialmente optimizaba solo funciones objetivas no lineales con restricciones lineales. El estudio del problema con restricciones se inició tratando únicamente el problema con restricciones con signo igual. El problema con restricciones de desigualdad se abordó posteriormente (Hillier & Lieberman, 2010).

Los problemas con restricciones de desigualdad ayudan a reflejar el contexto de forma matemática de manera más clara que los problemas con restricciones con signo igual, debido a que no restringen la selección de los datos de las variables de decisión. No obstante, los problemas que presentan restricciones de igualdad son escasamente realistas porque presentan restricciones en su planteamiento. No obstante, su estudio o conocimiento se torna importante debido a que ha demostrado efectividad en diversas áreas de conocimiento en varias ramas del saber humano, entre ellas, el campo de las finanzas (Taha, 1997).

Para la presente investigación, el modelo de programación no lineal será del tipo con restricciones con desigualdades debido a que los otorgamientos de créditos en sus diversos tipos el sistema financiero exige el cumplimiento de ciertas restricciones de capital, de tasa de interés, de numero de períodos del crédito.

Extensión del método Lagrangiano

Para este tipo de modelo matemático de programación no lineal el método del modelo Lagrangiano se extiende con la finalidad de manejar restricciones de desigualdad. Es aquí en donde entra a tallar el desarrollo de las condiciones de Kuhn Tucker, estas condiciones fundamentan a la teoría básica de la programación no lineal (Taha, 1997).

Condiciones de Kuhn Tucker (K-T)

Sea (P) un problema con restricciones de desigualdad:

$$\begin{aligned} & Opt\ \ f(x_1;x_2;\cdots;x_n) \\ & Sujeto\ a: \\ & g_1(x_1;x_2;\cdots;x_n) \leq 0 \\ & g_2(x_1;x_2;\cdots;x_n) \leq 0 \\ & \ \vdots \quad \vdots \qquad \vdots \\ & g_m(x_1;x_2;\cdots;x_n) \leq 0 \end{aligned}$$

(f, g_i son funciones diferenciables)

Enunciado de las condiciones

Las condiciones de Kuhn Tucker son:

1) $\nabla f(\vec{x}_0) = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \nabla g_i(\vec{x}_0)$

(Los $\lambda_i$reciben el nombre de multiplicadores de Kuhn Tucker)

2) $\lambda_i g_i(\vec{x}_0) = 0\ ,\ \forall i$

3) $\lambda_i \geq 0 \quad \forall_i\ \ (si\ se\ trata\ de\ máximo)$

$\lambda_i \leq 0 \quad \forall_i\ \ (si\ se\ trata\ de\ mínimo)$

5) $g_i(\vec{x}_0) \leq 0\ ,\ \forall i$

Desde la perspectiva geométrica, en un punto probable de valor máximo, el gradiente de la función objetivo es combinación lineal positiva de los gradientes de las restricciones saturadas (cuando un punto satisface la restricción con restricción de igualdad) en $\vec{x}_0$. Asimismo, señalan que en un punto probablemente mínimo, el gradiente de la función objetivo es combinación lineal negativa de los gradientes de las restricciones que se saturan en x_0. (Pérez, 2005).

Nomenclatura:

Se sabe que un punto satisface Kuhn Tucker para máximo cuando satisface las condiciones de Kuhn Tucker con $\lambda_i \geq 0 \quad \forall_i$

Se conoce que un punto satisface Kuhn Tucker para mínimo cuando satisface las condiciones de Kuhn Tucker con $\lambda_i \leq 0 \quad \forall_i$

Explicación:

Condición 1: El gradiente de la función objetivo en $\vec{x}_0$ obligatoriamente debe ser la combinación lineal de los gradientes de las restricciones en $\vec{x}_0$

Condición 2: Exige a que los multiplicadores de Kuhn Tucker relacionados a restricciones no saturadas en $\vec{x}_0$ sean nulos (Winston, 2007):

- En el caso de que la restricción g_i se encuentra saturada en $\vec{x}_0$: $(g_i(\vec{x}_0) = 0)$ entonces: $\lambda_i g_i(\vec{x}_0) = 0$ para cualquier valor de λ_i
- En el caso de que la restricción g_i no se encuentre saturada en $\vec{x}_0$: $(g_i(\vec{x}_0) < 0)$ entonces la única posibilidad para qué $\lambda_i g_i(\vec{x}_0) = 0$ es que $\lambda_i = 0$

Condición 3: En el caso de que el punto satisface la condición de Kuhn Tucker para máximo, todos los multiplicadores tienen que ser positivos. En el caso de que el punto satisface Kuhn Tucker para mínimo, todos los multiplicadores deben ser negativos (Winston, 2007).

Condición 4: El punto $\vec{x}_0$ debe satisfacer todas las restricciones del problema, esto significa que debe pertenecer al conjunto de soluciones factibles del problema (Winston, 2007).

Condiciones necesarias de primer orden de optimalidad local

Las condiciones de Kuhn Tucker son necesarias de optimalidad local, es decir:

$\vec{x}_0$ máximo local $\Rightarrow$ $\vec{x}_0$ satisface las condiciones de Kuhn Tucker para máximo

$\vec{x}_0$ mínimo local $\Rightarrow$ $\vec{x}_0$ satisface las condiciones de Kuhn Tucker para mínimo

Son equivalentes a:

$\vec{x}_0$ no satisface K-T para máximo $\Rightarrow$ $\vec{x}_0$ no es máximo local

$\vec{x}_0$ no satisface K-T para mínimo $\Rightarrow$ $\vec{x}_0$ no es mínimo local

Definitivamente, cuando un punto satisface las condiciones de Kuhn Tucker para máximo, sólo se puede señalar que es un potencial máximo local; si, por el contrario, no las satisface, se entiende que no es máximo local.

Suficiencia y convexidad

Las condiciones de Kuhn Tucker, que son sólo necesarias en general, son también suficientes cuando hay convexidad (Espinoza y Vásquez, 2016; Prawda, 1996):

- $f: D \subset \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$, D conjunto convexo, f convexa

  $\vec{x}_0$ satisface K-T para mínimo $\Leftrightarrow$ $\vec{x}_0$ es mínimo local

- $f: D \subset \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$, D conjunto convexo, f cóncava

  $\vec{x}_0$ satisface K-T para máximo $\Leftrightarrow$ $\vec{x}_0$ es máximo local

Observación:

Se nota que, considerando el teorema local-global, aún se puede indicar que:

- $f: D \subset \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$, D conjunto convexo, f convexa

  $\vec{x}_0$ satisface Kuhn Tucker para mínimo $\Leftrightarrow$ $\vec{x}_0$ mínimo local $\Leftrightarrow$ $\vec{x}_0$ mínimo global

- $f: D \subset \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$, D conjunto convexo, f cóncava

  $\vec{x}_0$ satisface la condición de Kuhn Tucker para máximo $\Leftrightarrow$ $\vec{x}_0$ máximo local $\Leftrightarrow$ $\vec{x}_0$ máximo global.

Si una función vectorial de tamaño m o m-dimensional es derivable en $f(\vec{x})$, entonces la matriz jacobiana $J(\vec{x})$ de la función $f(\vec{x})$ es la matriz de primeras derivadas parciales de la función con respecto a y se denota con (Espinoza y Vásquez, 2016):

$$\left(\nabla f^{T}(\vec{x})\right)^{T}=\begin{bmatrix}\frac{\partial f_1(\vec{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1(\vec{x})}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_1(\vec{x})}{\partial x_2}\\ \frac{\partial f_2(\vec{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2(\vec{x})}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_2(\vec{x})}{\partial x_n}\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \frac{\partial f_m(\vec{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_m(\vec{x})}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_m(\vec{x})}{\partial x_n}\end{bmatrix}=J(\vec{x})$$

y en notación de índices se expresa como $J(\vec{x})=\sum_{i,k=1}^{m,n} J_{ik}(\vec{x})e_i\, e_k^T$

Máximo local (Espinoza y Vásquez, 2016)

Máximos de funciones cóncavas

Sea $f: D \subseteq \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$ diferenciable y cóncavas en D, con D convexo.

- $\vec{x}_0 \in D$ es un máximo (global) si y solo $Df(\vec{x}_0)(\vec{x}_0-\vec{x}) \leq 0,\ \forall \vec{x} \in D$.
- $\vec{x}_0 \in \mathrm{int}(D)$ es un máximo (global) si y solo $Df(\vec{x}_0)=0, (\nabla f(\vec{x}_0)=0)$.

Mínimo local (Espinoza y Vásquez, 2016)

Mínimos de funciones convexas

Sea $f: D \subseteq \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$ diferenciable y convexa en D, con D convexo.

- $\vec{x}_0 \in D$ es un mínimo (global) si y solo $Df(\vec{x}_0)(\vec{x}_0-\vec{x}) \geq 0,\ \forall \vec{x} \in D$.
- $\vec{x}_0 \in \mathrm{int}(D)$) es un mínimo (global) si y solo $Df(\vec{x}_0)=0, (\nabla f(\vec{x}_0)=0)$.

Punto crítico (Espinoza y Vásquez, 2016)

Sea $f: D \subseteq \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$ diferenciable en $\vec{x}_0 \in \mathrm{int}(D)$.

$\vec{x}_0$ es un punto crítico estacionario de f si $Df(\vec{x}_0)=0, (\nabla f(\vec{x}_0)=0)$.

En el caso general los puntos críticos son los únicos puntos del interior de un conjunto que pueden ser óptimos locales de la función:

Sea $f: D \subseteq \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$ diferenciable en $\vec{x}_0 \in \operatorname{int}(D)$.

Si $\vec{x}_0$ es un óptimo local de f entonces $\vec{x}_0$ es un punto crítico de $f, (\nabla f(\vec{x}_0) = 0)$.

Para conocer los puntos críticos no óptimos se debe conocer si la función es convexa en un entorno del punto, en ese caso, serán mínimos locales, en el caso de ser cóncava en un entorno del punto serán máximos locales. Existe una tercera opción y sucede cuando el punto crítico no es óptimo local, en este caso se trata de un punto de silla (Solari, 2017).

Función objetivo dos veces diferenciable

Para este tipo de función objetivo, los puntos críticos son óptimos se determinan el signo de la forma cuadrática ligada a la matriz hessiana de la función objetivo (Solari, 2017).

Condición necesaria de óptimo local de segundo orden:

Sea $f: D \subseteq \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$, dos veces diferenciable con continuidad en un punto crítico, $\vec{x}_0 \in \operatorname{int}(D)$

- Si $\vec{x}_0$ es un mínimo local entonces $Hf(\vec{x}_0)$ es semi definida positiva.
- Si $\vec{x}_0$ es un máximo local entonces $Hf(\vec{x}_0)$ es semi definida negativa.

Condiciones Suficientes de Segundo Orden:

1) Si $Hf(\vec{x}_0)$ es semi definida puede ser un punto de silla y se tiene que ver que sucede en los alrededores del punto.

2) Si $Hf(\vec{x}_0)$ es semi definida positiva solo se puede afirmar que $\vec{x}_0$ es un mínimo local o un punto de silla.
   - Si $Hf(\vec{x})$ existe y es semi definida positiva en un entorno de $\vec{x}_0$ entonces es un mínimo local
   - Si $Hf(\vec{x})$ existe y es semi definida positiva en todo el conjunto factible entonces es un mínimo global (por la convexidad de la función objetivo)

3) Si $Hf(\vec{x}_0)$ es semi definida negativa solo podemos afirmar que x_0 es un máximo local o un punto de silla.
   - Si $Hf(\vec{x})$ existe y es semi definida negativa en un entorno de x_0 entonces es un máximo local
   - Si $Hf(\vec{x})$ existe y es semi definida negativa en todo el conjunto factible entonces es un máximo global (por la concavidad de la función objetivo).

Ventajas de la Programación No Lineal

La programación no lineal presenta dos ventajas: a veces la distribución óptima del presupuesto descarta a los bienes estimados en el presupuesto general; esta realidad se manifiesta en las restricciones del modelo (Moya, 1998). La programación no lineal contribuye con más información que la que aporta el análisis marginal. Define el objetivo y también contribuye con indicar la orientación específica para el logro del objetivo (Prawda, 1996).

Particularidades de los problemas no lineales

Los problemas de los modelos no lineales presentan entre sus particularidades las relaciones no lineales; esto significa que no existe una relación directa y proporcional entre las variables intervinientes. Los problemas de programación no lineal, son conocidos como curvilíneos, esto se debe a que el área que delimita las soluciones factibles lo constituye un gráfico en forma de curva (Taha, 1997).

La función objetivo en la programación no lineal, puede presentarse como cóncavo o convexo. Se manifiesta como cóncavo en el caso de maximizaciones de utilidades, contribuciones, etc. Se manifiesta como convexo en los casos de minimización de recursos, costos, etc. Los problemas de programación no lineal que contienen restricciones lineales, son resueltos de manera más sencilla que los problemas con restricciones no lineales (Hillier y Lieberman, 2010).

La solución óptima en un problema de programación no lineal, no siempre se encuentra en la línea de la curva o puntos extremos, o también conocido como límite de la región factible, puede encontrase también dentro de dicha región, la región no siempre es un polígono, pueden ser círculos elipses o cualquier región curva. Se han evidenciado casos en donde el punto óptimo está en el interior de la región factible (Eppen, et al, 2000; Guerrero, 1994).

Habitualmente se localiza un óptimo local o relativo, pero no el óptimo global o absoluto. Es posible la generación de áreas de factibilidad que no son precisamente convexas (Prawda, 1996).

Dimensiones de la optimización no lineal

Identificación de variables: Consiste en la determinación de cada una de las variables que van a constituir el modelo de programación no lineal, tanto para la función objetivo, como para las restricciones (Winston, 2007).

Formulación: Consiste en la elaboración del modelo de programación no lineal. Considera los elementos del modelo, función objetivo, restricciones y las condiciones de no negatividad (Winston, 2007).

Solución: Consiste en la aplicación de un modelo matemático o un determinado software que va a permitir solucionar el problema de programación no lineal (Winston, 2007).

2.2.2. Fundamentos teóricos de la optimización de recursos financieros

Las utilidades en el sistema financiero

La optimización de las utilidades de una empresa del sistema financiero, en donde se busca optimizar las utilidades de los créditos que presta a los diversos tipos de clientes, es decir, que se puede implementar en cualquier empresa similar a nivel nacional e internacional (Kindleberger, 2015; Rist, 2016).

Estructura de los ingresos

Los ingresos en la institución financiera, en general provienen de los préstamos que otorga a los clientes cuyos negocios pertenecen al sector formal e informal, a los créditos destinados hacia techo propio, vivienda, pequeñas, medianas y grandes empresas. Asimismo, se tienen ingresos por concepto de moras cuando los clientes no pagan a tiempo los prestamos realizados (Hill et al, 2017; Hsu, Tian & Xu, 2014).

Ingresos por créditos

La institución financiera presta un determinado capital a un determinado tiempo y a una determinada tasa de interés, estas tres variables los solicita el cliente en función a sus necesidades (Golin & Delhaise, 2013).

Costos

Los costos o egresos incurridos en la generación de un tipo de crédito los asume el sistema financiero y en otros casos el cliente, y cada tipo de crédito tienen sus costos respectivos, estos costos pueden ser costos de seguros, costos de desgravamen, costos de estudio del crédito, entre otros costos que varían en función del sistema financiero. (Cuadrado & Mancha, 2014). En el caso de que el costo lo asuma el cliente, ello puede conllevar a que no solicite el crédito debido a que no consideraba cubrir esos gastos, es por ello que el sistema financiero debe adoptar política para reducir a lo mínimo los costos de créditos debido a que pueden ahuyentar a los clientes.

El vocablo costo presenta varios significados, actualmente se desconoce una semántica que integre a la totalidad de sus componentes. Categorialmente y desde la perspectiva económica, se halla relacionada con la teoría del valor, es decir, al valor de costo y a la teoría de los precios, y precio de costo. La palabra costo presenta diversos significados (Da Silva et al, 2017): hace referencia a la sumatoria de esfuerzos y gastos de recursos que han implicado un nivel de inversión en la producción de un bien o servicio.

El costo hace referencia a los costos en los aspectos técnicos y tecnológicos de la producción, y generalmente se le denomina costo de inversión, también hace referencia a la probables consecuencias o eventos de naturaleza económica, en este caso, se le conoce como costo de sustitución. La ciencia contable se encarga de realizar los procedimientos con la finalidad de Determinar el costo unitario de un producto, así como de los distintos procesos y actividades que implican la fabricación y venta de un bien o servicio, también para planificar y llevar a cabo la medición del trabajo (Ciccarelli, Maddaloni & Peydró, 2015).

Tipos de costos

Costos fijos: Son los costos que se mantienen inalterables así se incremente el volumen de la producción o el servicio en un tiempo determinado. Son aquellos costos que permanecen constantes durante un periodo de tiempo determinado, sin importar el volumen de producción (Da Silva et al, 2017).

Costos variables: Estos tipos de costos si se alteran o varían cuando se incrementa el volumen de la producción, es decir, si la producción es cero, el costo variable también será cero, por el contrario, si se producen muchas unidades el costo variable es alto (Golin & Delhaise, 2013).

Costos de operación o costos operativos: Para la presente investigación, los costos de operación están dados por los costos que implican solicitar un crédito al sistema financiero, estos son: Costo de seguro, impuesto a las transacciones financieras, y otros específicos de cada tipo de crédito.

Costos de administración: Son los costos que provienen para realizar la función de administración del sistema financiero. Este tipo de costos implica los sueldos del gerente, pagos al personal de plataforma y caja, contadores, auxiliares, secretarias, así como los gastos de oficina en general. En los sistemas financieros, tales como cajas municipales y cooperativas, se toma también como costo de administración a los costos de investigación y desarrollo, refuerzos humanos y selección del personal, relaciones públicas, etc. Asimismo, también se incluyen los costos por morosidad. (Ciccarelli, Maddaloni & Peydró, 2015).

Costo financiero: Son los costos por concepto de pagos o amortizaciones de capital e interés cuando la empresa ha sacado préstamo del sistema financiero en cualquier tipo de unidad monetaria (Chiavenato, 2006).

Costo de comisiones en los créditos financieros:

Costo de encaje bancario: Este costo hacer referencia al porcentaje de los depósitos recibidos por cada entidad financiera y que debe ser depositado y no usado, es una garantía de depósito. De acuerdo a ley, el encaje bancario debe depositarse en efectivo en las bóvedas de la propia institución o en sus cuentas en un banco establecido, esto es para mantener la liquidez de la misma institución financiera.

Gastos operativos

Riesgo del crédito: Es la probabilidad de riesgo que corre quien presta dinero debido a que el prestatario no pueda cumplir con los préstamos de acuerdo con los términos pactados. Las instituciones financieras deben de considerar las relaciones entre el riesgo de crédito y otros riesgos.

Gastos financieros: Son los que se originan como resultado de solicitar un crédito al sistema financiero con fines de financiación o por el cobro de servicios de entidades financieras. Los gastos financieros en los que incurre una institución son los siguientes:

- **Intereses:** son cargos que se generan por el préstamo o crédito de un determinado monto de dinero a una persona natural o jurídica quien lo solicita a una entidad bancaria, financiera. Residen en la aplicación de un determinado porcentaje en función a la cantidad monetaria o importe solicitado como crédito.

- **Comisiones en los créditos financieros**
  Las comisiones que resultan de solicitar un crédito o ahorro en el sistema financiero, estos son:
  Comisiones por apertura de un crédito o préstamo.
  Comisión por mantener una cuenta bancaria.
  Comisión por realizar la cancelación antes de cumplimiento de plazo de un crédito o préstamo.

Comisión por cobro de servicios, esto implica uso de cajero automático, pago o cobro de recibos, transferencias, tarjetas de crédito y otros similares.

Utilidad

La utilidad es el resultado de la diferencia de los ingresos menos los costos o egresos gastados en la generación de ingresos, constituye para cualquier tipo de empresa lograr utilidades significativas un objetivo esencial, específicamente para las empresas privadas, y en especial de las empresas que constituyen el sistema financiero de un determinado país. Da Silva et al (2017) y Chiavenato (2006) manifiestan que la utilidad, desde la perspectiva matemática es la diferencia entre la sumatoria de todos los ingresos logrados dentro de un periodo de ejercicio económico y los gastos en el mismo tiempo de los ingresos.

Toda empresa que busque que sus utilidades sean los planificados previamente, deben cuidar los gastos en cada una de sus dimensiones y tratar de que no sean superiores a los ingresos, esto significa evitar las utilidades negativas denominadas pérdidas del periodo. Con la finalidad de alcanzar utilidades o beneficios, las empresas privadas realizan diversos tipos de esfuerzos físicos, administrativos, operativos y tecnológicos; entre ellos, la aplicación de modelos matemáticos de optimización, los cuales pueden ser lineal y no lineal.

En las instituciones financieras se distinguen a las utilidades brutas, es decir, a aquellas utilidades antes de impuestos y a la utilidad neta, la cual es la utilidad después del pago de impuestos, la cual es la que verdaderamente se desea alcanzar, ya que, con ellas, las empresas toman las diversas decisiones respecto al crecimiento y desarrollo de la institución (Chiavenato, 2006).

Mediante el enfoque de la economía y la administración, la utilidad de cualquier empresa, es calculada mediante la siguiente fórmula matemática:

Utilidad = Ingresos – Egresos.

La fórmula de la utilidad en general o cuando los ingresos y los costos son varios, la fórmula es la siguiente (Ávila, 2014):

$$U = \sum_{i=1}^{n} R_i - \sum_{j=1}^{k} E_j$$

Dónde: R_i identifica a las sumatoria de los ingresos y E_j a las sumatorias de los egresos o costos.

Dimensiones de las utilidades en el sistema financiero

Crédito Agropecuario: Costos de créditos agropecuarios, Ingresos de créditos agropecuarios, Utilidad del crédito agropecuario y las restricciones de acceso al crédito

Crédito Hipotecario: Costos de créditos Hipotecarios, Ingresos de créditos Hipotecarios, Utilidad del crédito Hipotecarios y las restricciones de acceso al crédito.

Crédito del sector informal: Costos de créditos del sector informal, Ingresos de créditos del sector informal, Utilidad del crédito del sector informal y las restricciones de acceso al crédito

Crédito del sector formal: Costos de créditos del sector formal, Ingresos de créditos del sector formal, Utilidad del crédito del sector formal y las restricciones de acceso al crédito.

Minimización de costos: Los egresos o los costos generales en los que incurre un sistema financiero son los siguientes: Costo de personal, costos de útiles de oficina, costos de energía, costos administrativos, costos de gestión de garantías, costo de seguro, y otros costos. Estos costos incurridos en cada tipo de crédito deben ser minimizados mediante el siguiente modelo matemático:

$$Min\ z = \sum_{i=1}^{n} E_i$$

Donde C_i son los diversos costos incurridos en un determinado tipo de crédito

Maximización de ingresos: Los ingresos son generados como resultado de los créditos entregados a los solicitantes mediante el cobro de un interés pactado a una determinada tasa de interés. Los ingresos se obtienen en cada tipo de crédito otorgado a los clientes. La función no lineal se genera en la función objetivo debido a la fórmula de crédito que aplica el sistema financiero, la cual es de tipo interés compuesto. Los ingresos deben ser maximizados mediante el siguiente modelo matemático:

$$Max\ z = \sum_{i=1}^{n} R_i$$

Donde R_i son los diversos ingresos generados en un determinado tipo de crédito

$$V_f = C * \left(1 + \frac{t}{100}\right)^{np}$$

$$I = V_f - C$$

Donde
V_f : es el valor futuro
C : capital prestado
t : es la tasa de interés anualizada
np : es el número de periodo
I : Interés, es lo que gana la institución financiera por dar el crédito

Maximización de utilidades: Las utilidades son generados como resultado de la diferencia entre ingresos y los costos incurridos en cada tipo de crédito. Las utilidades deben ser maximizados mediante el siguiente modelo matemático:

$$Max\ z = \sum_{i=1}^{n} R_i - \sum_{j=1}^{k} E_j$$

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Optimización. Es un proceso matemático relativamente complejo que consiste en minimizar los egresos y maximizar los ingresos, ventas o utilidades. La optimización se fundamenta en que los recursos humanos son escasos, y desde esa perspectiva, se busca que se gaste menos y se obtenga mejores ingresos (Taha, 1997).

Maximización: Es el proceso de obtener los mejores resultados, que matemáticamente no hay solución mejor que el valor maximizado. La maximización busca tener los mejores resultados en los indicadores de los ingresos de una empresa privada, en el caso social se busca maximizar los servicios (Hillier y Lieberman, 2010).

Minimización: Es el proceso de obtener los mejores resultados, que matemáticamente no hay solución mejor que el valor maximizado. La maximización busca tener los mejores resultados en los indicadores de los ingresos de una empresa privada, en el caso social se busca maximizar los servicios (Prawda,1996).

Función objetivo: Es una expresión matemática representada por una variable en donde se almacena los resultados iterativos de la sumatoria del producto de los precios por la cantidad vendida, o de la sumatoria de las diferencias de los ingresos con los costos (Hillier y Lieberman, 2010).

Restricciones: Las restricciones hacen referencia a los recursos escasos utilizados en el proceso de producción o de servicio, son restricciones por que la empresa no los dispone en cantidades grandes o infinitas, son restricciones las horas hombre, el capital, la materia prima, el tiempo, etc. (Hillier y Lieberman, 2010; Pascual y Santos, 2019).

Condiciones de no negatividad: es una restricción teórica que indica que las cantidades restrictivas deben todas mayores a cero (Hillier y Lieberman, 2010; Solari, 2017).

Utilidad: Es una cantidad expresada en unidades monetarias, es un indicador que resulta de la diferencia de las sumatorias de los ingresos con los costos incurridos en dichos ingresos. Es la razón de ser y constituye un objetivo fundamental de cualquier empresa debido a que garantiza su continuidad en el mercado (Kivin, 2017; Lopes & Sebastian, 2008).

Ingresos: Es la sumatoria de los precios de los productos multiplicados por la cantidad vendida. En un sistema financiero, específicamente para los créditos, es el valor futuro de un capital prestado a una tasa de interés elevado al valor del número de periodos.

Egresos: Es la sumatoria de los costos en los que incurre una institución en los procesos de generación de ingresos. En un sistema financiero, específicamente para los créditos, es el valor económico en los que incurre dicha institución para genera ingresos en el proceso de otorgamiento de créditos (Sotelo, 2010; Weber, 1984).

Créditos: Es el proceso económico financiero en donde la institución financiera otorga una cantidad de dinero solicitada a una tasa de interés, por un tiempo determinado, el cliente deberá pagar la tasa de interés correspondientes (Weber, 1984).

Capital: Es la cantidad de dinero que la institución financiera presta a un determinado cliente, y para que sea devuelto en un periodo de tiempo (Weber, 1984).

Tasa de interés: Es un determinado porcentaje que se carga al capital para que genere interés debido al capital prestado, la cantidad está en función de la cantidad de capital y al tiempo o número de periodos prestado (BCE, 2017).

Número de periodos: Es la cantidad de tiempo de préstamo del crédito, la cual puede ser meses, semestre, o año. En la fórmula del cálculo del interés, el número de periodo hace que la función sea no lineal (BCE, 2017).

LINGO 17.0: (LINear Generalize Optimizer) es una aplicación informática o software informático cuya función es resolver problemas de programación matemática de tipo lineal y no lineal, la forma de solución del problema es gráfica, esto significa que presenta formularios para el ingreso de datos y su respectiva salida. Este software también tiene la capacidad de generar gráficos para problemas de programación lineal, en el caso de programación no lineal, el modelo se ingresa sin recurrir al modelo estándar, esto significa que la función objetivo se ingresa similarmente a la formulación matemática y termina con un punto y coma, las restricciones también se ingresan similarmente al modelo matemático y finaliza también con punto y coma. En el ingreso del modelo matemático lineal o no lineal, se pueden ingresar mensajes o escritos indicando qué es lo que hace cada línea de código, los mensajes se presentan de color verde por defecto. Los resultados son presentados en otro formulario en donde se visualizan el valor óptimo, los valores de las variables para el valor óptimo, así como costos y penalizaciones que explican el resultado óptimo del modelo (Arellano, 2016), citado por Izquierdo y Rojas (2016).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Variables de la investigación

- **Definición conceptual**

  Modelo matemático de programación no lineal: Es una expresión matemática cuyas variables pueden tener una o más de ella como exponente diferente a uno, tanto en la función objetivo, como en las restricciones del modelo de programación no lineal (Winston, 2007).

  Utilidades en los créditos en el sistema financiero: Es el resultado de la diferencia de la sumatoria de los ingresos con la sumatoria de los costos, es el proceso de calcular los mejores valores de una variable en función de un conjunto de restricciones (Weber, 1984).

- **Definición operacional**

  Modelo matemático de programación no lineal: La variable Modelo matemático de programación no lineal se va a medir en función de cada uno de los indicadores de las dimensiones identificación de variables, formulación y solución.

  Utilidades en los créditos en el sistema financiero: La variable optimizar utilidades en los créditos en el sistema financiero se va a medir en función de cada una de los indicadores de las dimensiones crédito agropecuario, Crédito Hipotecario, crédito del sector informal y créditos del sector formal.

Cuadro 1:

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Modelo matemático de programación no lineal	Es una expresión matemática cuyas variables pueden tener una o más de ella como exponente diferente a uno, tanto en la función objetivo, como en las restricciones del modelo de programación no lineal (Winston, 2007).	La variable modelo matemático se va a modelar teniendo en cuenta a cada una de los indicadores de las dimensiones de créditos agropecuarios, créditos hipotecarios, créditos al sector informal y créditos al sector formal	Créditos agropecuarios	Diccionarios de variables	Numérica
				Función objetivo	
				Restricciones	
				Restricciones de no negatividad	
			Créditos hipotecarios	Diccionarios de variables	
				Función objetivo	
				Restricciones	
				Restricciones de no negatividad	
			Créditos al sector informal	Diccionarios de variables	
				Función objetivo	
				Restricciones	
				Restricciones de no negatividad	
			Créditos al sector formal	Diccionarios de variables	
				Función objetivo	
				Restricciones	
				Restricciones de no negatividad	
Utilidades en los créditos en el sistema financiero	Es el proceso de encontrar de manera matemática el mejor valor de una función objetivo teniendo en cuenta las restricciones existentes y las de no negatividad (Mattig, 2015)	La variable optimización de utilidades se va a medir en función de los indicadores de cada una de las dimensiones de créditos agropecuarios, hipotecarios, y a os sectores informal y formal	Créditos agropecuarios	Costos	Numérica
				Ingresos	
				Utilidades	
			Créditos hipotecarios	Costos	
				Ingresos	
				Utilidades	
			Créditos al sector informal	Costos	
				Ingresos	
				Utilidades	
			Créditos al sector formal	Costos	
				Ingresos	
				Utilidades	

FUENTE: Elaboración propia

3.1.2. Indicadores de la investigación

Ingresos de los prestamistas, demanda de créditos, oferta de créditos, tasas de interés pasiva y activa, número de periodo del crédito, política económica.

3.2. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue de tipo aplicada porque se aplicó los fundamentos teóricos de la Programación no lineal, los fundamentos teóricos de la optimización de recursos financieros desde la perspectiva de la minimización de costos, maximización de ingresos y utilidades; asimismo fue pre experimental debido a que se aplicó un modelo de programación no lineal con la finalidad de optimizar las utilidades en los créditos del sistema financiero (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

3.3. DISEÑO O ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación fue pre experimental porque se manipuló la variable modelo de programación no lineal para ver los resultados en la variable utilidades en los créditos del sistema financiero, así mismos fue contínua porque se realizaron dos observaciones durante todo el proceso investigativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

El esquema del diseño de investigación es el siguiente:

$$G: O_1 \quad X \quad O_2$$

Donde:

G es el grupo único o experimental

O_1 es la primera observación antes de la aplicación de X,

X es modelo de programación no lineal

O_2 es la segunda observación después de la aplicación de X,

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población Objetivo: La población hace referencia a todos los elementos que presentan las características que se desea estudiar (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Para la presente investigación, se estudió los tipos de créditos de los sistemas financieros, en ese sentido, el estudio estuvo constituido por los 08 tipos de créditos que oferta dichos sistemas financieros.

Muestra: La muestra es una parte de la población, cuyos elementos deben ser representativos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.176). Para la presente investigación, la muestra estuvo constituida por 04 tipos de créditos, Crédito agropecuario, Crédito hipotecario, Crédito al sector informal y crédito al sector formal, del sistema financiero.

Criterio de inclusión: Los tipos de créditos fueron seleccionados en función de la frecuencia de la demanda y a la masa monetaria asignada como crédito, es decir los créditos más solicitados y por mayor monto prestado. Los créditos deberán estar debidamente registrados.

Criterio de exclusión: Los tipos de créditos no fueron seleccionados por menor frecuencia de créditos y a los créditos menos solicitados, los créditos que presentan menores montos prestados, así como a aquellos créditos que no estén debidamente registrados.

3.5. ACTIVIDADES DEL PROCESO INVESTIGATIVO

Las actividades que se desarrollaron con la finalidad de concretizar la presente investigación fueron las siguiente:

Captación de datos: Se obtuvieron datos de los registros históricos de cada uno de los tipos de créditos, para ello se utilizó la hoja de registro de datos, en donde se llenaron datos de capital, tasa de interés, número de periodos, costos por tipo de crédito y las utilidades por tipo de crédito.

Modelo de programación no lineal: Para este caso, se crearon los diccionarios de variables, la cual consiste en identificar las variables del modelo. Se modelo la función, las restricciones, y las restricciones de no negatividad por cada tipo de crédito.

Modelo general: Consiste en la unificación del modelo por cada tipo de crédito, se alcanza con la finalidad de visualizar el modelo completo del área de créditos de institución financiera.

Optimización de los créditos: Para este caso, se ha optimizado a cada uno de los modelos de créditos haciendo uso del software LINGO 17, se ha hallado el óptimo de las utilidades y se ha comparado con las utilidades iniciales para valorar la variación o mejora de la optimización no lineal.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron las siguientes fuentes de información:

Hoja de registro de datos: Este instrumento se utilizó en dos tiempos, antes y después, en el antes para registrar los datos de ingresos por créditos, capital, costos, restricciones de cada línea de crédito, así como también los valores de las optimizaciones por cada tipo de crédito. En el después para recoger todos los datos generados en los resultados de la aplicación del modelo matemático de programación no lineal.

Hoja de diccionario de variables: Este instrumento sirvió para identificar los nombres de las variables durante la construcción del modelo de programación no lineal.

3.7. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos fueron procesados utilizando un software LINGO y Microsoft Excel, la información recolectada se procesó estadísticamente, para lo cual se tabuló y se generaron tablas y figuras. Para el desarrollo de la presente investigación, se utilizó la estadística descriptiva para la elaboración y presentación de datos, para la comparación de grupos, utilizando Microsoft Excel.

3.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

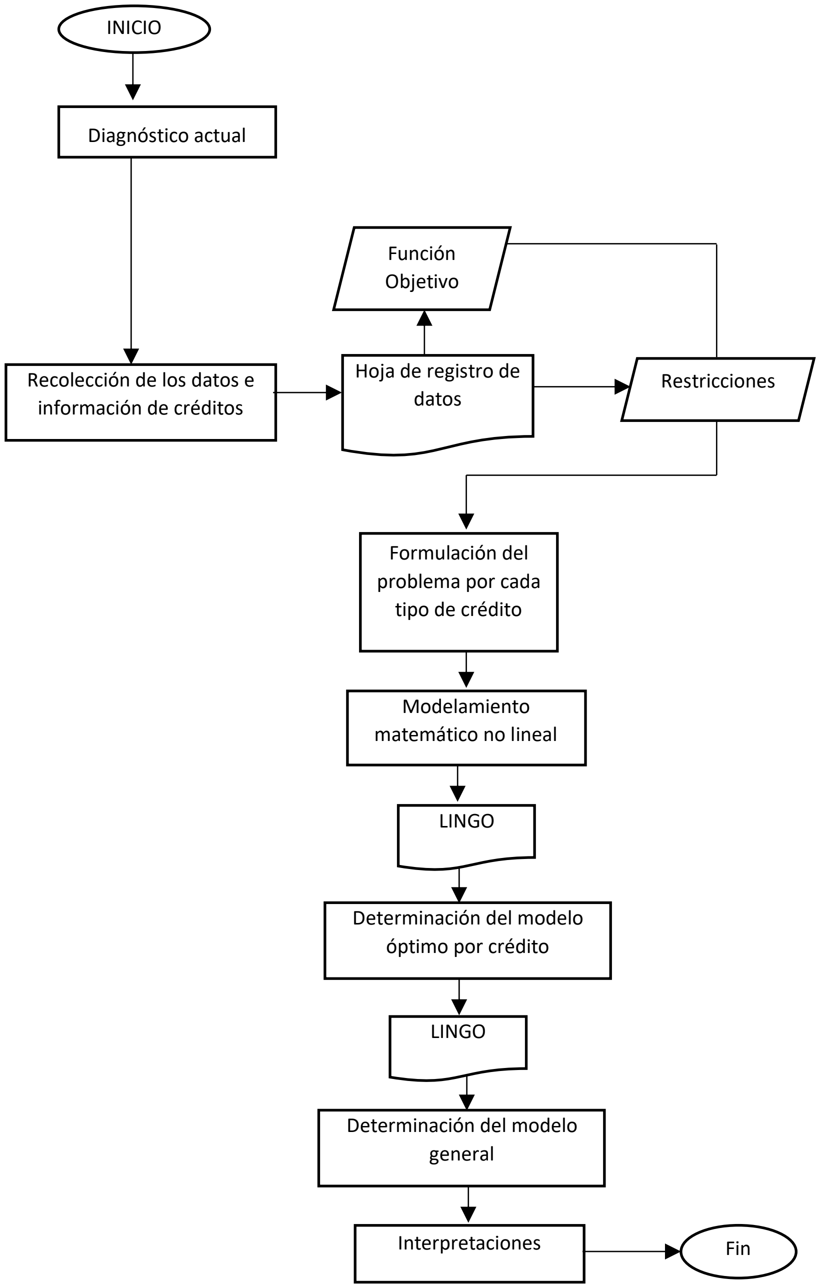


Figura 2: *Técnicas de procesamiento y análisis de los datos*

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Respuesta al objetivo específico 1

Objetivo específico 1: Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos agropecuarios en el sistema financiero.

Diseño de solución del Créditos Agropecuarios

Cuadro 2:

Variables para crédito agropecuario

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	XCA_j	Capital en soles solicitado como Crédito Agropecuario por cliente *j*
02	ICA_j	Intereses generados de Crédito Agropecuario en el cliente *j*
03	TCA_j	Tasa de interés de Crédito Agropecuario para cliente *j*
04	$CANP_j$	Numero de periodos solicitado en el Crédito Agropecuario en el cliente *j*
05	$ICCA_j$	Ingresos compensatorios por morosidad en el Crédito Agropecuario en el cliente *j*
06	$CAPC_j$	Pago de Comisiones generado en el Crédito Agropecuario en el cliente *j*
07	$CATEAC_j$	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago en el cliente *j*
EGRESOS		
01	CAD_j	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de Crédito Agropecuario en el cliente *j* (80)
02	$CAGM_j$	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad en el cliente *j* (20)
03	$CAITF_j$	Impuesto a las Transacciones Financieras de Crédito Agropecuario en el cliente *j*. Es el 0.005% de XCA_j
04	$CAOC_j$	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Agropecuario en el cliente j (50)
UTILIDADES		
01	UCA	Utilidad de Crédito Agropecuario
RESTRICCIONES		

01	XCA_j	Restricciones de cantidad de dinero de Crédito Agropecuario a prestar en el cliente *j*. Monto mínimo 300 soles, Monto máximo según evaluación: 500 000 soles.
02	$CATEA_j$	Tasa efectiva anual a aplicar al Crédito Agropecuario. Tasa mínima 30.0%, tasa máxima 40.0% en el cliente *j*
03	$CANP_j$	Restricciones de Numero de periodo de Crédito Agropecuario. Plazo mínimo 1 año, Plazo máximo 12 años.
04	$CASD_j$	Restricción de seguro de desgravamen de Crédito Agropecuario. (20 soles)

FUENTE: Elaboración Propia

Modelo matemático del crédito Agropecuario:

Los componentes de ingresos y egresos en el crédito agropecuario para un solo cliente son los siguientes:

$$Vf = C * \left(1 + \frac{t}{100}\right)^{np}$$

$$\boldsymbol{I = Vf - C}$$

$$I = C * \left(1 + \frac{t}{100}\right)^{np} - C$$

Donde:

Vf = Valor futuro

C = Capital prestado o crédito prestado

np = número de periodos

t = tasa de interés anualizada

I = Interés, es lo que gana la institución financiera por dar el crédito

El modelo de utilidad por el crédito para un solo cliente de crédito agropecuario es la siguiente:

$$U_{CA} = (C * \left(1 + \frac{t}{100}\right)^{np} - C + ICCA + CAPC) - (CAD + CAGM + CAITF + CAOC)$$

El modelo de utilidad por el crédito para varios clientes de crédito agropecuario es la siguiente:

$$UCA = \left(\sum_{j=1}^{m} XCA_j * \left(1 + \frac{CATEA_j}{100}\right)^{CANP_j} - XCA_j + \sum_{j=1}^{m} (ICCA_j + CAPC_j)\right) - \sum_{j=1}^{m} \left(CAD_j + CAGM_j + CAITF_j + CAOC_j\right)$$

Función Objetivo

$$max\, UCA = \left(\sum_{j=1}^{m} XCA_j * \left(1 + \frac{CATEA_j}{100}\right)^{CANP_j} - XCA_j + \sum_{j=1}^{m} (ICCA_j + CAPC_j) \right) - \sum_{j=1}^{m} \left(CAD_j + CAGM_j + CAITF_j + CAOC_j\right)$$

sujeto a:

$XCA_j \geq 300$; (X1)

$XCA_j \leq 500\,000$; (X1)

$CATEA_j \geq 30\%$ (tasa de interés, es t en la formula) ; (X2)

$CATEA_j \leq 40\%$; (X2)

$CANP_j \geq 1$

$CANP_j \leq 12$

$ICCA_j \leq 300$; (X3)

$CAPCj, \leq 50$; (X4)

$CADj \leq 80$; (X5)

$CAGMj \geq 20$; (X6)

$CAITF_j \leq 0.005 * XCAj$; (X7)

$CAOC_j \leq 50$; (X8)

$\forall\ XCA_j, CATEA_j, CANP_j, CAPC, CADj, CAGMj, CAOC_j, CAITF_j \geq 0$

Utilidades del Crédito Agropecuario antes del Modelo de Programación no lineal

Cuadro 3:
Utilidad del Crédito Agropecuario antes del modelo matemático de programación no lineal.

N°	CAPITAL	TASA	NP	UTILIDAD
1	120000.0	30%	5	325551.6
2	78000.0	30%	2	53820.0
3	45000.0	30%	5	122081.9
4	20000.0	30%	2	13800.0
5	136000.0	30%	5	368958.5
6	10000.0	30%	2	6900.0
7	80000.0	30%	2	55200.0
8	130000.0	30%	5	352680.9
9	21000.0	30%	2	14490.0
10	70000.0	30%	3	83790.0
11	25000.0	30%	2	17250.0
12	110000.0	30%	5	298422.3
13	150000.0	30%	5	406939.5
14	15000.0	30%	3	17955.0
15	125000.0	30%	5	339116.3
16	30000.0	30%	2	20700.0
17	80000.0	30%	2	55200.0
18	130000.0	30%	3	155610.0
19	90000.0	30%	6	344412.8
20	140000.0	30%	3	167580.0

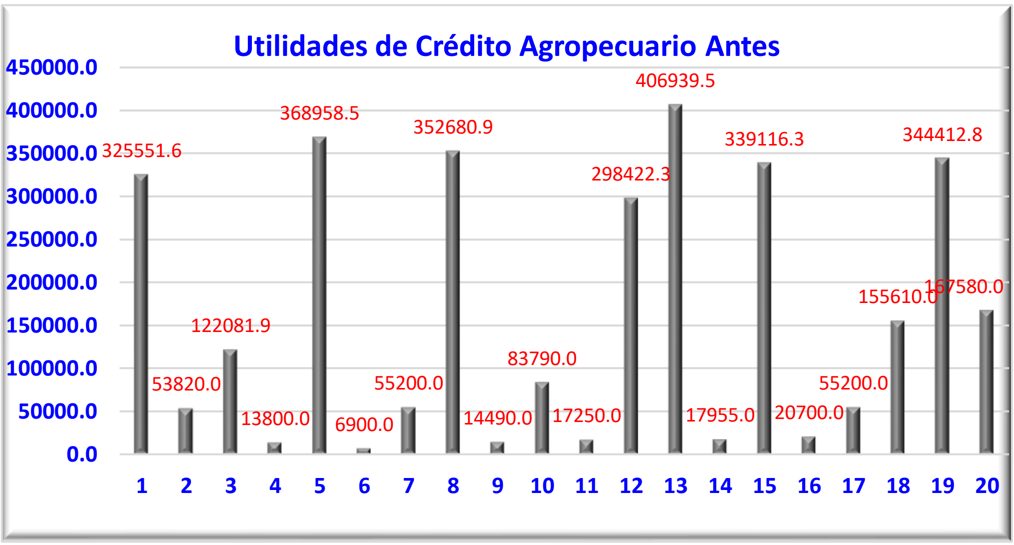


Figura 3: *Utilidades del Crédito Agropecuario antes del modelo matemático de programación no lineal.*

Las utilidades del Crédito Agropecuario en el sistema financiero antes del modelo matemático de programación no lineal, se han tomado de los datos históricos de los registros de la institución y con una tasa de 30%, y se ha tomado con periodos más solicitados, los cuales fueron de 2, 3, 5 y 6 años; se encontró las utilidades indicadas en la tabla y gráfico, en donde la utilidad menor encontrada fue de 6900 soles generado por un capital de 10,000.0 soles por un periodo de 2 años, la mayor utilidad encontrada fue 406,939.5 soles generado por un capital de 150,000.0 soles por un periodo de 5 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 6 años.

Utilidades del Crédito Agropecuario después del Modelo de Programación no lineal, haciendo uso del software LINGO

Cuadro 4:
Utilidades del Crédito Agropecuario después del modelo matemático de programación no lineal

N°	CAPITAL	TASA	NP	UTILIDAD
1	120000.0	30%	5	525718.0
2	78000.0	30%	2	75210.0
3	45000.0	30%	5	197350.8
4	20000.0	30%	2	43530.0
5	136000.0	30%	5	595770.6
6	10000.0	30%	2	9930.0
7	80000.0	30%	2	77130.0
8	130000.0	30%	5	569501.2
9	21000.0	30%	2	20490.0
10	70000.0	30%	3	122410.0
11	25000.0	30%	2	24330.0
12	110000.0	30%	5	481936.4
13	150000.0	30%	5	657066.0
14	15000.0	30%	3	26790.0
15	125000.0	30%	5	547610.0
16	30000.0	30%	2	29130.0
17	80000.0	30%	2	77130.0
18	130000.0	30%	3	227050.0
19	90000.0	30%	6	587988.2
20	140000.0	30%	3	244490.0

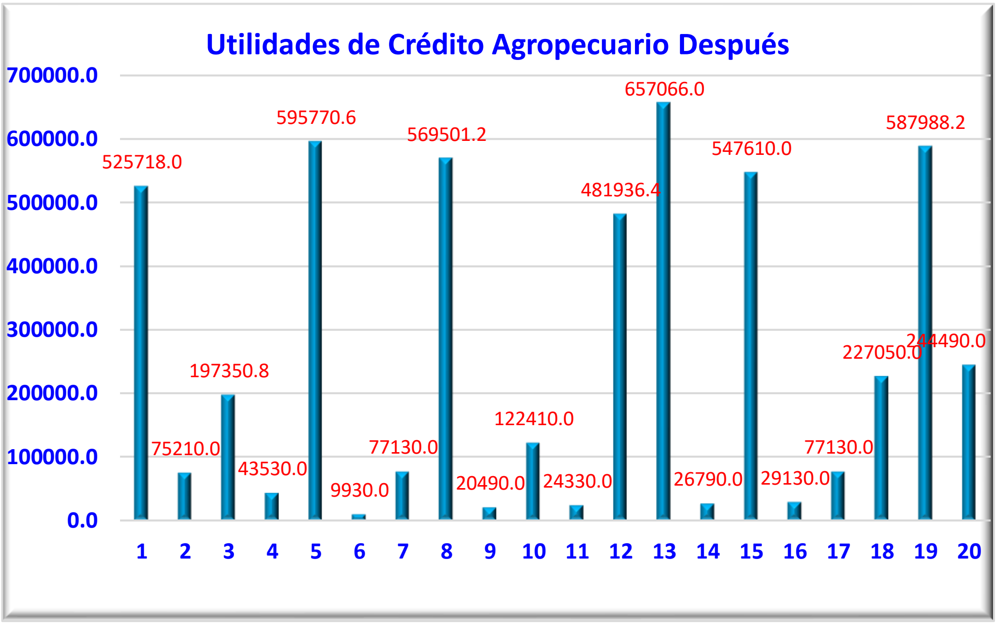


Figura 4: *Utilidades del Crédito Agropecuario después del modelo matemático de programación no lineal.*

Las utilidades del Crédito Agropecuario en el sistema financiero después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado mediante el modelo indicado, se utilizó una tasa de 30%, y se han tomado los mismos periodos más solicitados igual que en el antes, los cuales fueron de 2, 3, 5 y 6 años, también se han tomado los mismos monto de capital; se encontró las utilidades indicadas en la tabla y gráfico, en donde la utilidad menor encontrada fue de 9930.0 soles generado por un capital de 10,000.0 soles por un periodo de 2 años, la mayor utilidad encontrada fue 657,066.0 soles generado por un capital de 150,000.0 soles por un periodo de 5 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 6 años.

Diferencia de utilidad de Crédito Agropecuario entre el antes y después del modelo matemático de programación no lineal

Cuadro 5:
Diferencia en cantidad y porcentaje de utilidad de Crédito Agropecuario antes y después del modelo matemático de programación no lineal.

N°	Antes	Después	Diferencia	%
1	325551.6	525718.0	200166.4	10.4
2	53820.0	75210.0	21390.0	1.1
3	122081.9	197350.8	75269.0	3.9
4	13800.0	43530.0	29730.0	1.5
5	368958.5	595770.6	226812.1	11.8
6	6900.0	9930.0	3030.0	0.2
7	55200.0	77130.0	21930.0	1.1
8	352680.9	569501.2	216820.3	11.3
9	14490.0	20490.0	6000.0	0.3
10	83790.0	122410.0	38620.0	2.0
11	17250.0	24330.0	7080.0	0.4
12	298422.3	481936.4	183514.1	9.6
13	406939.5	657066.0	250126.5	13.0
14	17955.0	26790.0	8835.0	0.5
15	339116.3	547610.0	208493.7	10.9
16	20700.0	29130.0	8430.0	0.4
17	55200.0	77130.0	21930.0	1.1
18	155610.0	227050.0	71440.0	3.7
19	344412.8	587988.2	243575.4	12.7
20	167580.0	244490.0	76910.0	4.0
TOTAL	**3220458.7**	**5140561.2**	**1920102.5**	**100.0**

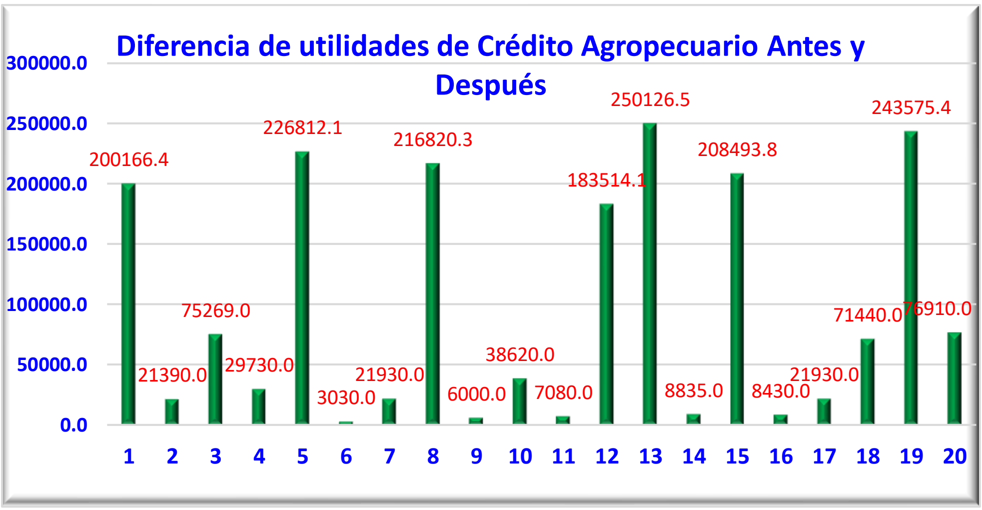


Figura 5: *Diferencia en cantidad de utilidades de Crédito Agropecuarios antes y después del modelo matemático de programación no lineal.*

Las diferencias en soles de las utilidades del Crédito Agropecuario en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado restando las utilidades obtenidas en el después menos el antes, la menor diferencia de utilidad encontrada fue 3030.0 soles, esto fue generado por un capital de 10,000.0 soles para u n periodo de 2 años, la mayor diferencia de utilidad encontrada fue 250,126.5 soles esto fue generado por un capital de 150,000.0 soles por un periodo de 5 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 6 años.

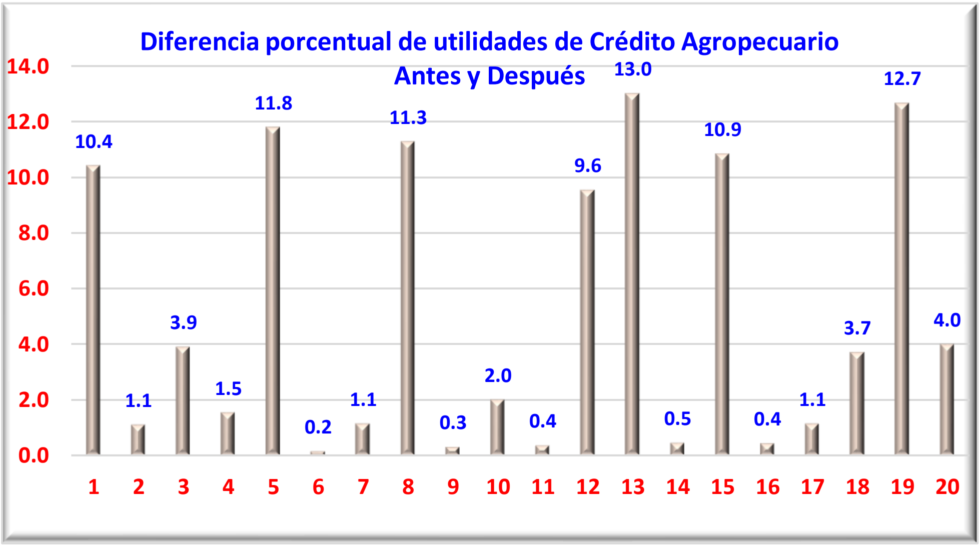


Figura 6: *Diferencia porcentual de utilidades de Crédito Agropecuario antes y después del modelo matemático de programación no lineal*

Las diferencias porcentuales de las utilidades del Crédito Agropecuario en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado con la diferencia de utilidad obtenida en el después menos el antes multiplicado por 100 dividido entre la diferencia de utilidad total obtenida, se encontró la menor diferencia de utilidad con un porcentaje de 0.2%, la mayor diferencia porcentual de utilidad encontrada fue 13.0%. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 6 años.

El promedio de utilidad obtenido en el Crédito Agropecuario fue 96,005.1 soles y el promedio porcentual de incremento fue 2.98%, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal optimizó las utilidades en un 2.98%

4.1.2. Respuesta al objetivo específico 2

Objetivo específico 2: Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos hipotecarios en el sistema financiero.

Diseño de solución del Créditos Hipotecario

Cuadro 6:

Variables para crédito Hipotecario

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	XCH_j	Capital en soles solicitado como Crédito Hipotecario por cliente *j*
02	ICH_j	Intereses generados de Crédito Hipotecario en el cliente *j*
03	TCH_j	Tasa de interés de Crédito Hipotecario para cliente *j*
04	$CHNP_j$	Numero de periodos solicitado en el Crédito Hipotecario en el cliente *j*
05	$ICCH_j$	Ingresos compensatorios por morosidad en el Crédito Hipotecario en el cliente *j*
06	$CHPC_j$	Pago de Comisiones generado en el Crédito Hipotecario en el cliente *j*
07	$CHTEAC_j$	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago en el cliente *j*
EGRESOS		
01	CHD_j	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de Crédito Hipotecario en el cliente *j* (200)
02	$CHGM_j$	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad en el cliente *j* (150)
03	$CHITF_j$	Impuesto a las Transacciones Financieras de crédito Hipotecario en el cliente *j*. Es el 0.005% de XCH_j
04	$CHOC_j$	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Hipotecario en el cliente *j* (70)
UTILIDADES		
01	UCH	Utilidad de Crédito Hipotecario

RESTRICIONES		
01	XCH_j	Restricciones de cantidad de dinero de Crédito Hipotecario a prestar en el cliente *j*. Monto mínimo 5000 soles, Monto máximo según evaluación: 300 000 soles.
02	$CHTEA_j$	Tasa efectiva anual a aplicar al Crédito Hipotecario. Tasa mínima 40%, tasa máxima 50% en el cliente *j*
03	$CHNP_j$	Restricciones de Numero de periodo de Crédito Hipotecario. Plazo mínimo 1 año, Plazo máximo 30 años.
04	$CHSD_j$	Restricción de seguro de desgravamen de Crédito Hipotecario. 200 del capital prestado en un año.

Fuente: Elaboración Propia

Modelo matemático del Crédito Hipotecario:

El modelo de utilidad por el crédito para un solo cliente de Crédito Hipotecario es la siguiente:

$$U_{CH} = \left(C * \left(1 + \frac{t}{100}\right)^{np} - C + ICCH + CHPC\right) - (CHD + CHGM + CHITF + CHOC)$$

El modelo de utilidad por el crédito para varios clientes de Crédito Hipotecario es la siguiente:

$$UCH = \left(\sum_{j=1}^{m} XCH_j * \left(1 + \frac{CHTEA_j}{100}\right)^{CHNP_j} - XCH_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCH_j + CHPC_i)\right) - \sum_{j=1}^{m}\left(CHD_j + CHGM_j + CHITF_j + CHOC_j\right)$$

Función Objetivo

$$max\,UCH = \left(\sum_{j=1}^{m} XCH_j * \left(1 + \frac{CHTEA_j}{100}\right)^{CHNP_j} - XCH_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCH_j + CHPC_i)\right) - \sum_{j=1}^{m}\left(CHD_j + CHGM_j + CHITF_j + CHOC_j\right)$$

sujeto a:

$XCH_j \quad \geq 5000$; (X1)

$XCH_j \quad \leq 300\,000$; (X1)

$CHTEA_j \quad \geq 40\%$; (X2)

$CHTEA_j \quad \leq 50\%$; (X2)

$CHNP_j \quad \geq 1$

$CHNP_j \quad \leq 30$

$\text{ICCHj} \quad \leq 500$; (X3)

$\text{CHPCj} \quad \leq 200$; (X4)

$\text{CHDj} \quad \leq 200$; (X5)

$\text{CHGMj} \quad \geq 150$; (X6)

$CHITF_j \quad \leq 0.005 * XCHj$; (X7)

$CHOC_j \quad \leq 70$; (X8)

$\forall \; XCH_j, CHTEA_j, ICCHj, CHDj, CHNP_j, \text{CHDj}, \text{CHGMj}, CHOC_j, CHITF_j \quad \geq 0$

Utilidades del Crédito Hipotecario antes del Modelo de Programación no lineal

Cuadro 7:
Utilidad del Crédito Hipotecario antes del modelo matemático de programación no lineal

N°	CAPITAL	TASA	NP	UTILIDAD
1	120000.0	40%	5	525388.8
2	95000.0	40%	6	620305.9
3	80000.0	40%	5	350259.2
4	55000.0	40%	10	1535900.6
5	110000.0	40%	5	481606.4
6	40000.0	40%	5	175129.6
7	85000.0	40%	5	372150.4
8	140000.0	40%	7	1335789.1
9	150000.0	40%	8	2063683.6
10	75000.0	40%	6	489715.2
11	48000.0	40%	10	1340422.3
12	135000.0	40%	7	1288082.3
13	105000.0	40%	5	459715.2
14	55000.0	40%	5	240803.2
15	125000.0	40%	6	816192.0
16	138000.0	40%	4	392140.8
17	65000.0	40%	5	284585.6
18	115000.0	40%	10	3211428.5
19	92000.0	40%	6	600717.3
20	140000.0	40%	8	1926104.7

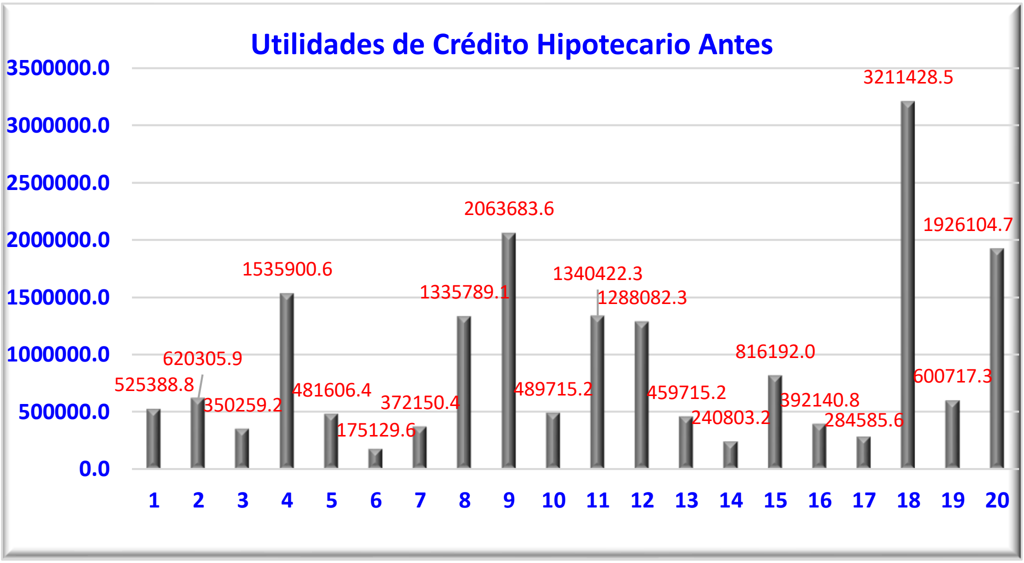


Figura 7: *Utilidades del Crédito Hipotecario antes del modelo matemático de programación no lineal*

Las utilidades del Crédito Hipotecario en el sistema financiero antes del modelo matemático de programación no lineal, se han tomado de los datos históricos de los registros de la institución y con una tasa de 40%, y se ha tomado con periodos más solicitados, los cuales fueron de 5 a 10 años; se encontró las utilidades indicadas en la tabla y gráfico, en donde la utilidad menor encontrada fue de 175,129.6 soles generado por un capital de 40,000.0 soles por un periodo de 5 años, la mayor utilidad encontrada fue 3,211,428.5 soles generado por un capital de 11,500.0 soles por un periodo de 10 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 5 a 10 años.

Utilidades del Crédito Hipotecario después del Modelo de Programación no lineal, haciendo uso del software LINGO

Cuadro 8:
Utilidades de Crédito Hipotecario después del modelo matemático de programación no lineal

N°	CAPITAL	TASA	NP	UTILIDAD
1	120000.0	40%	5	791800.0
2	95000.0	40%	6	987659.4
3	80000.0	40%	5	528050.0
4	55000.0	40%	10	3117127.0
5	110000.0	40%	5	725862.5
6	40000.0	40%	5	264300.0
7	85000.0	40%	5	561018.8
8	140000.0	40%	7	2252581.0
9	150000.0	40%	8	3694886.0
10	75000.0	40%	6	779846.9
11	48000.0	40%	10	2720472.0
12	135000.0	40%	7	2172152.0
13	105000.0	40%	5	692893.8
14	55000.0	40%	5	363206.2
15	125000.0	40%	6	1299378.0
16	138000.0	40%	4	561175.0
17	65000.0	40%	5	429143.8
18	115000.0	40%	10	6517029.0
19	92000.0	40%	6	956487.5
20	140000.0	40%	8	3448597.0

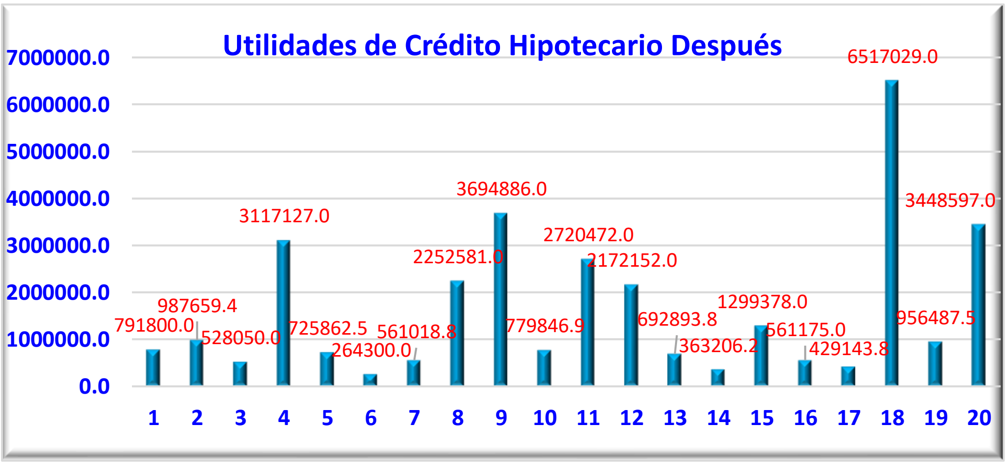


Figura 8: *Utilidades de Crédito Hipotecario después del modelo matemático de programación no lineal*

Las utilidades del Crédito Hipotecario en el sistema financiero después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado mediante el modelo indicado, se utilizó una tasa de 40%, y se han tomado los mismos periodos más solicitados igual que en el antes, los cuales fueron de 5 a 10 años, también se han tomado los mismos montos de capital; se encontró las utilidades indicadas en la tabla y gráfico, en donde la utilidad menor encontrada fue de 264,300.0 soles generado por un capital de 40,000.0 soles por un periodo de 5 años, la mayor utilidad encontrada fue 6,517,029.0 soles generado por un capital de 115,000.0 soles por un periodo de 10 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 5 a 10 años.

Diferencia de utilidad de Crédito Agropecuario entre el antes y después del modelo matemático de programación no lineal

Cuadro 9:
Diferencia en cantidad y porcentaje de utilidad de Crédito Hipotecario antes y después del modelo matemático de programación no lineal.

N°	Antes	Después	Diferencia	%
1	525388.8	791800.0	266411.2	1.9
2	620305.9	987659.4	367353.5	2.6
3	350259.2	528050.0	177790.8	1.2
4	1535900.6	3117127.0	1581226.4	11.0
5	481606.4	725862.5	244256.1	1.7
6	175129.6	264300.0	89170.4	0.6
7	372150.4	561018.8	188868.4	1.3
8	1335789.1	2252581.0	916791.9	6.4
9	2063683.6	3694886.0	1631202.4	11.4
10	489715.2	779846.9	290131.7	2.0
11	1340422.3	2720472.0	1380049.7	9.6
12	1288082.3	2172152.0	884069.7	6.2
13	459715.2	692893.8	233178.6	1.6
14	240803.2	363206.2	122403.0	0.9
15	816192.0	1299378.0	483186.0	3.4
16	392140.8	561175.0	169034.2	1.2
17	284585.6	429143.8	144558.2	1.0
18	3211428.5	6517029.0	3305600.5	23.0
19	600717.3	956487.5	355770.2	2.5
20	1926104.7	3448597.0	1522492.3	10.6
TOTAL	18510120,7	32863665.9	**14353545.2**	**100.0**

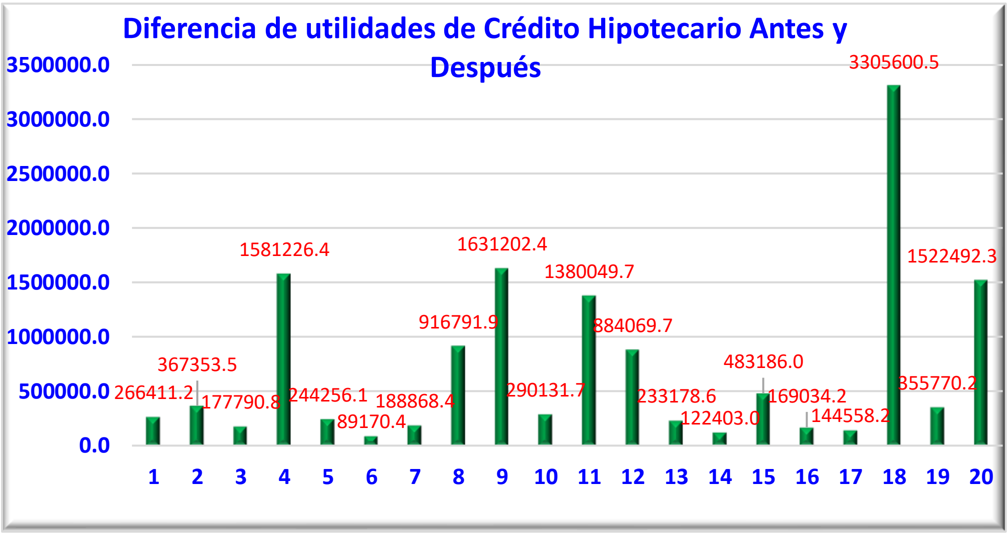


Figura 9: *Diferencia en cantidad de utilidades de Crédito Hipotecario antes y después del modelo matemático de programación no lineal*

Las diferencias en soles de las utilidades del Crédito Hipotecario en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado restando las utilidades obtenidas en el después menos el antes, se encontró la menor diferencia de utilidad encontrada fue 89,170.4 soles, la mayor diferencia de utilidad encontrada fue 3,305,600.5 soles. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 5 a 10 años.

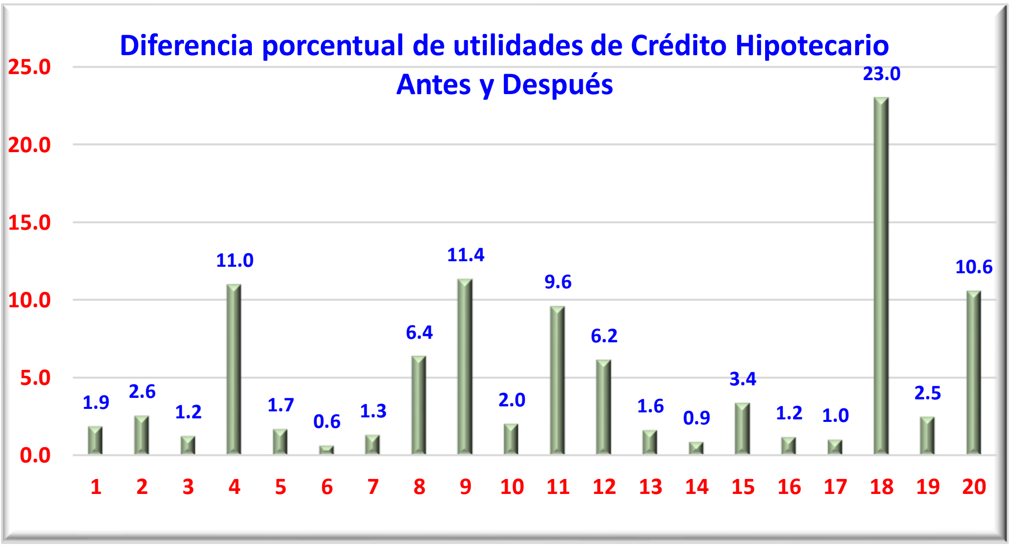


Figura 10: *Diferencia porcentual de utilidades de Crédito Hipotecario después del modelo matemático de programación no lineal*

Las diferencias porcentuales de las utilidades del Crédito Hipotecario en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado con la diferencia de utilidad obtenida en el después menos el antes multiplicado por 100 dividido entre la diferencia de utilidad total obtenida, se encontró la menor diferencia de utilidad con un porcentaje de 0.6%, la mayor diferencia porcentual de utilidad encontrada fue 23.0%. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 5 a 10 años.

El promedio de utilidad obtenido en el Crédito Hipotecario fue 717,677.3 soles y el promedio porcentual de incremento fue 3.88%, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal optimizó las utilidades en un 3.88%

4.1.3. Respuesta al objetivo específico 3

Objetivo específico 3: Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector informal en el sistema financiero.

Diseño de solución del Crédito del Sector Informal

Cuadro 10:

Variables para crédito del sector informal.

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	$XCSI_j$	Capital en soles solicitado como Crédito Sector Informal por cliente *j*
02	$ICSI_j$	Intereses generados de Crédito Sector Informal en el cliente *j*
03	$TCSI_j$	Tasa de interés de Crédito Sector Informal para cliente *j*
04	$CSINP_j$	Numero de periodos solicitado en el Crédito Sector Informal en el cliente *j*
05	$ICCSI_j$	Ingresos compensatorios por morosidad en el Crédito Sector Informal en el cliente *j*
06	$CSIPC_j$	Pago de Comisiones generado en el Crédito Sector Informal en el cliente *j*

07	$CSITEAC_j$	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago en el cliente *j*
EGRESOS		
01	$CSID_j$	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de Crédito Sector Informal en el cliente *j* (50)
02	$CSIGM_j$	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad en el cliente *j* (60)
03	$CSIITF_j$	Impuesto a las Transacciones Financieras de crédito Sector Informal en el cliente *j*. Es el 0.005% de $XCSI_j$
04	$CSIOC_j$	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Sector Informal en el cliente *j* (40 soles)
UTILIDADES		
01	UCSI	Utilidad de Crédito Sector Informal
RESTRICCIONES		
01	$XCSI_j$	Restricciones de cantidad de dinero de Crédito Sector Informal a prestar en el cliente *j*. Monto mínimo 300 soles, Monto máximo según evaluación: 200 000 soles.
02	$CSITEA_j$	Tasa efectiva anual a aplicar al Crédito Sector Informal. Tasa mínima 30%, tasa máxima 40% en el cliente *j*
03	$CSINP_j$	Restricciones de Numero de periodo de Crédito Sector Informal. Plazo mínimo 1 año, Plazo máximo 10 años.
04	$CSISD_j$	Restricción de seguro de desgravamen de Crédito Sector Informal. (80 soles).

Fuente: Elaboración Propia

Modelo matemático del Crédito del Sector Informal:

El modelo de utilidad por el crédito para un solo cliente de Sector Informal es la siguiente:

$$U_{CSI} = (C * \left(1 + \frac{t}{100}\right)^{np} - C + ICCSI + SIPC) - (CSID + CSIGM + CSIITF + CSIOC)$$

El modelo de utilidad por el crédito para varios clientes de Sector Informal es la siguiente:

$$UCSI = \left(\sum_{j=1}^{m} XCSI_j * \left(1 + \frac{CSITEA_j}{100}\right)^{CSINP_j} - XCSI_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCSI_j + CSIPC_j)\right) - \sum_{j=1}^{m}(CSID_j + CSIGM_j + j + CSIOC_j)$$

Función Objetivo

$$max\ UCSI = \left(\sum_{j=1}^{m} XCSI_j * \left(1+\frac{CSITEA_j}{100}\right)^{CSINP_j} - XCSI_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCSI_j + CSIPC_j)\right) - \sum_{j=1}^{m}\left(CSID_j + CSIGM_j + j + CSIOC_j\right)$$

sujeto a:

$XCSI_j \quad \geq 300$; (X1)

$XCSI_j \quad \leq 200000$; (X1)

$CSITEA_j \quad \geq 30\%$; (X2)

$CSITEA_j \quad \leq 40\%$; (X2)

$CSINP_j \quad \geq 1$

$CSINP_j \quad \leq 10$

ICCSIj $\quad < 300$; (X3)

CIPCj $\quad < 150$; (X4)

CSIDj $\quad \leq 50$; (X5)

CSIGMj $\quad \geq 60$; (X6)

$CSIITF_j \quad \leq 0.005 * XCSI_j$; (X7)

$CSIOC_j \quad \leq 40$; (X8)

$\forall\ XCSI_j, CSITEA_j, CSINP_j,$ CSIDj, CSIGMj, $CSIOC_j, CSIITF_j \quad \geq 0$

Utilidades del Crédito del sector Informal antes del Modelo de Programación no lineal

Cuadro 11:
Utilidades del Crédito del Sector Informal antes del modelo matemático de programación no lineal.

N°	CAPITAL	TASA	NP	UTILIDAD
1	10000.0	35%	2	8225.0
2	15000.0	35%	3	21905.6
3	8000.0	35%	2	6580.0
4	12000.0	35%	2	9870.0
5	25000.0	35%	3	36509.4
6	9000.0	35%	2	7402.5
7	45000.0	35%	2	37012.5
8	50000.0	35%	4	116075.3
9	14000.0	35%	3	20445.3

10	20000.0	35%	5	69680.7
11	5000.0	35%	3	7301.9
12	27000.0	35%	3	39430.1
13	30000.0	35%	5	104521.0
14	35000.0	35%	3	51113.1
15	42000.0	35%	4	97503.3
16	11000.0	35%	2	9047.5
17	19500.0	35%	4	45269.4
18	17000.0	35%	3	24826.4
19	38000.0	35%	5	132393.3
20	43000.0	35%	4	99824.8

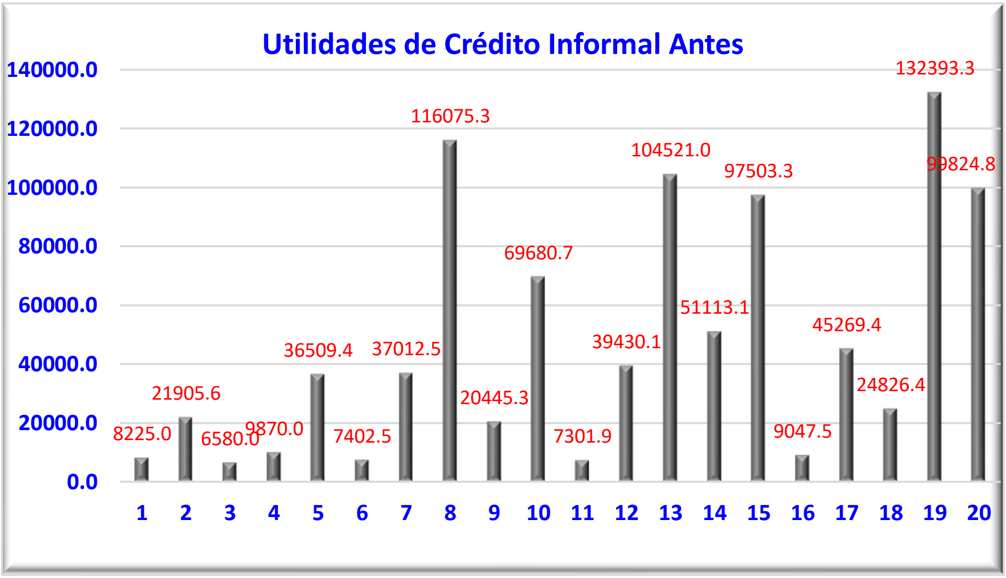


Figura 11: *Utilidades de Crédito del Sector Informal antes del modelo matemático de programación no lineal*

Las utilidades del Crédito Informal en el sistema financiero antes del modelo matemático de programación no lineal, se han tomado de los datos históricos de los registros de la institución y con una tasa de 35%, y se ha tomado con periodos más solicitados, los cuales fueron de 2 a 5 años; se encontró las utilidades indicadas en la tabla y gráfico, en donde la utilidad menor encontrada fue de 6,580.0 soles generado por un capital de 8,000.0 soles por un periodo de 2 años, la mayor utilidad encontrada fue 132,393.3 soles generado por un capital de 38,000.0 soles por un periodo de 5 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 5 años.

Utilidades del Crédito del sector Informal después del Modelo de Programación no lineal, haciendo uso del software LINGO

Cuadro 12:
Utilidades del Crédito del Sector Informal después del modelo matemático de programación no lineal.

N°	CAPITAL	TASA	NP	UTILIDAD
1	10000.0	35%	2	10240.0
2	15000.0	35%	3	26800.0
3	8000.0	35%	2	8320.0
4	12000.0	35%	2	12160.0
5	25000.0	35%	3	44240.0
6	9000.0	35%	2	9280.0
7	45000.0	35%	2	43840.0
8	50000.0	35%	4	142720.0
9	14000.0	35%	3	25056.0
10	20000.0	35%	2	75955.4
11	5000.0	35%	3	9360.0
12	27000.0	35%	2	46560.0
13	30000.0	35%	5	131987.2
14	35000.0	35%	3	61680.0
15	42000.0	35%	4	119987.2
16	11000.0	35%	2	11200.0
17	19500.0	35%	4	56051.2
18	17000.0	35%	3	30288.0
19	38000.0	35%	5	167013.1
20	43000.0	35%	4	122828.8

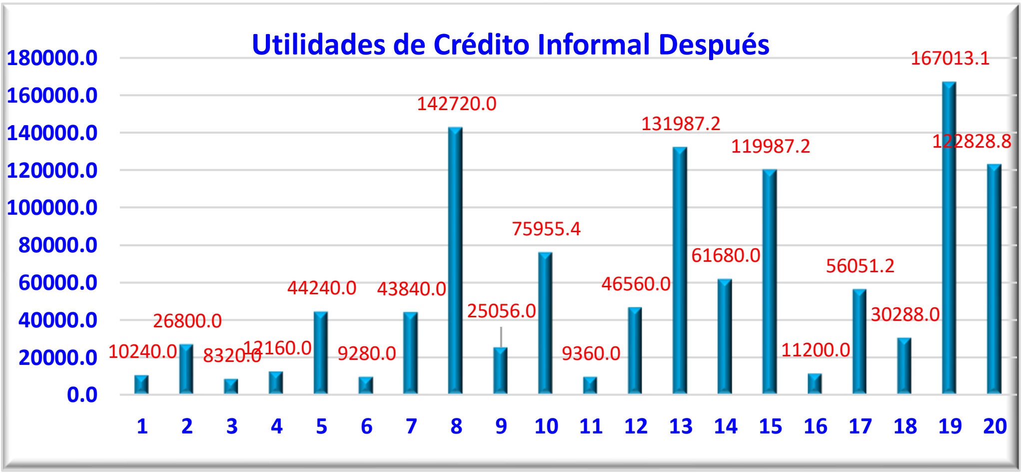


Figura 12: *Utilidades del Crédito del Sector Informal después del modelo matemático de programación no lineal*

Las utilidades del Crédito Informal en el sistema financiero después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado mediante el modelo indicado, se utilizó una tasa de 35%, y se han tomado los mismos periodos más solicitados igual que en el antes, los cuales fueron de 2 a 5 años, también se han tomado los mismos montos de capital; se encontró las utilidades indicadas en la tabla y gráfico, en donde la utilidad menor encontrada fue de 8,320.0 soles generado por un capital de 8,000.0 soles por un periodo de 2 años, la mayor utilidad encontrada fue 167,013.1 soles generado por un capital de 38,000.0 soles por un periodo de 5 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 5 años.

Diferencia de utilidad de Crédito del Sector Informal entre el antes y después del modelo matemático de programación no lineal

Cuadro 13:
Diferencia en cantidad y porcentaje de utilidad de Crédito del Sector Informal antes y después del modelo matemático de programación no lineal.

N°	Antes	Después	Diferencia	%
1	8225.0	10240.0	2015.0	1.0
2	21905.6	26800.0	4894.4	2.3
3	6580.0	8320.0	1740.0	0.8
4	9870.0	12160.0	2290.0	1.1
5	36509.4	44240.0	7730.6	3.7
6	7402.5	9280.0	1877.5	0.9
7	37012.5	43840.0	6827.5	3.2
8	116075.3	142720.0	26644.7	12.6
9	20445.3	25056.0	4610.7	2.2
10	69680.7	75955.4	6274.7	3.0
11	7301.9	9360.0	2058.1	1.0
12	39430.1	46560.0	7129.9	3.4
13	104521.0	131987.2	27466.2	13.0
14	51113.1	61680.0	10566.9	5.0
15	97503.3	119987.2	22483.9	10.7
16	9047.5	11200.0	2152.5	1.0
17	45269.4	56051.2	10781.8	5.1
18	24826.4	30288.0	5461.6	2.6
19	132393.3	167013.1	34619.8	16.4
20	99824.8	122828.8	23004.0	10.9
TOTAL	**944937.1**	**1155566.9**	**210629.8**	**100.0**

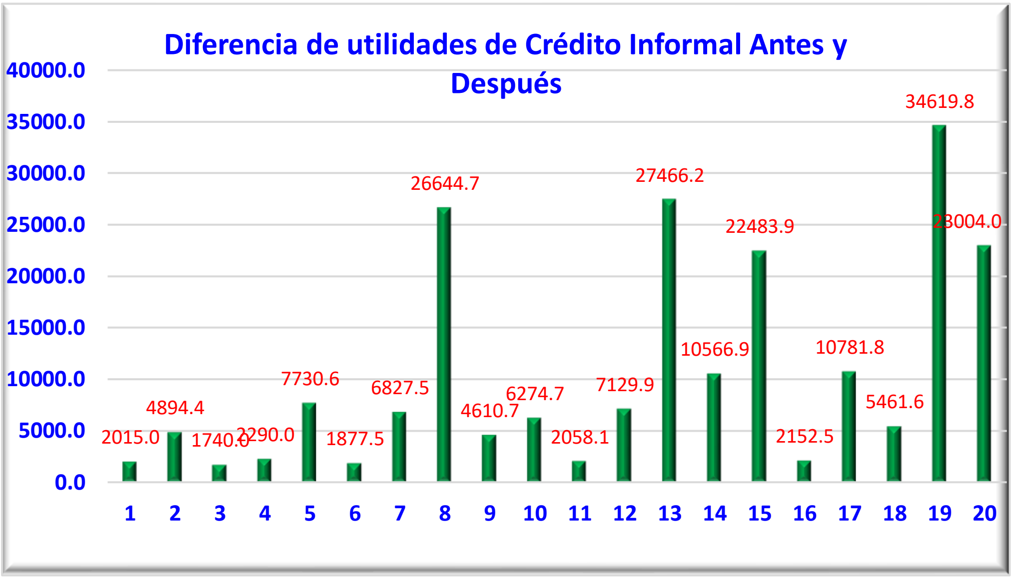


Figura 13: *Diferencia en cantidad de utilidades de Crédito del Sector Informal antes y después del modelo matemático de programación no lineal.*

Las diferencias en soles de las utilidades del Crédito Informal en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado restando las utilidades obtenidas en el después menos el antes, se encontró la menor diferencia de utilidad encontrada fue 1,740.0 soles, la mayor diferencia de utilidad encontrada fue 34,619.8 soles. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 5 años.

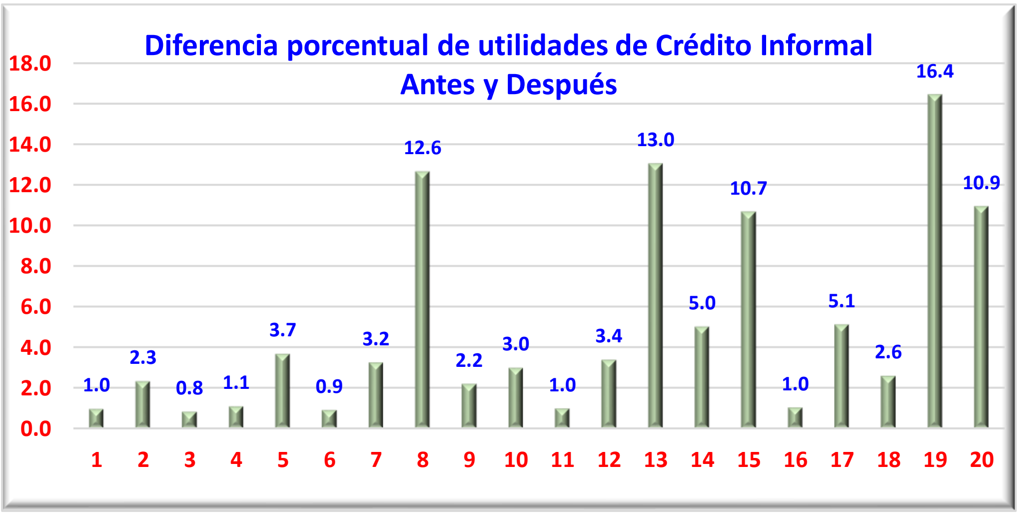


Figura 14: *Diferencia porcentual de utilidades de Crédito del Sector Informal antes y después del modelo matemático de programación no lineal*

Las diferencias porcentuales de las utilidades del Crédito Informal en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado con la diferencia de utilidad obtenida en el después menos el antes multiplicado por 100 dividido entre la diferencia de utilidad total obtenida, se encontró la menor diferencia de utilidad con un porcentaje de 0.8%, la mayor diferencia porcentual de utilidad encontrada fue 16.4%. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 5 años.

El promedio de utilidad obtenido en el Crédito Informal fue 10,531.5 soles y el promedio porcentual de incremento fue 1.11%, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal optimizó las utilidades en un 1.11%

4.1.4. Respuesta al objetivo específico 4

Objetivo específico 4: Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector formal en el sistema financiero.

Diseño de solución del Créditos del Sector Formal

Cuadro 14:

Variables para crédito del sector formal

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	$XCSF_j$	Capital en soles solicitado como Crédito Sector Formal por cliente *j*
02	$ICSF_j$	Intereses generados de Crédito Sector Formal en el cliente *j*
03	$TCSF_j$	Tasa de interés de Crédito Sector Formal para cliente *j*
04	$CSFNP_j$	Numero de periodos solicitado en el Crédito Sector Formal en el cliente *j*
05	$ICCSF_j$	Ingresos compensatorios por morosidad en el Crédito Sector Formal en el cliente *j*

06	$CSFPC_j$	Pago de Comisiones generado en el Crédito Sector Formal en el cliente *j*
07	$CSFITEAC_j$	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago en el cliente *j*
EGRESOS		
01	$CSFD_j$	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de Crédito Sector Formal en el cliente *j* (300)
02	$CSFGM_j$	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad en el cliente *j* (150)
03	$CSFITF_j$	Impuesto a las Transacciones Financieras de crédito Sector Formal en el cliente *j*. Es el 0.005% de $XCSF_j$
04	$CSFOC_j$	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Sector Formal en el cliente *j* (200 soles)
UTILIDADES		
01	UCSF	Utilidad de Crédito Sector Formal
RESTRICCIONES		
01	$XCSF_j$	Restricciones de cantidad de dinero de Crédito Sector Formal a prestar en el cliente *j*. Monto mínimo 100 000 soles, Monto máximo según evaluación: 1 000 000 soles.
02	$CSFTEA_j$	Tasa efectiva anual a aplicar al Crédito Sector Formal. Tasa mínima 40%, tasa máxima 50% en el cliente *j*
03	$CSFNP_j$	Restricciones de Numero de periodo de Crédito Sector Formal. Plazo mínimo 1 año, Plazo máximo 20 años.
04	$CSFSD_j$	Restricción de seguro de desgravamen de Crédito Sector Formal. (400 soles).

Fuente: Elaboración Propia

Modelo matemático del Crédito Sector Formal:

El modelo de utilidad por el crédito para un solo cliente de Sector Formal es la siguiente:

$$U_{CSF} = \left(C * \left(1 + \frac{t}{100}\right)^{np} - C + ICCSF + CSFPC\right) - (CSFD + CSFGM + CSFITF + CSFOC)$$

El modelo de utilidad por el crédito para varios clientes de Sector Formal es la siguiente:

$$UCSF = \left(\sum_{j=1}^{m} XCSF_i * \left(1 + \frac{CSFTEA_j}{100}\right)^{CSFNP_j} - XCSF_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCSF_j + CSFPC_j)\right) - \sum_{j=1}^{m}(CSFD_j + CSFGM_j + CSFITF_j + CSFOC_j)$$

Función Objetivo

$$max\ UCSF = \left(\sum_{j=1}^{m} XCSF_j * \left(1 + \frac{CSFTEA_j}{100}\right)^{CSFNP_j} - XCSF_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCSF_j + CSFPC_j)\right) - \sum_{j=1}^{m}\left(CSFD_j + CSFGM_j + CSFITF_j + CSFOC_j\right)$$

sujeto a:

$XCSF_j \geq 10000$; (X1)

$XCSF_j \leq 1000000$; (X1)

$CSFTEA_j \geq 40\%$; (X2)

$CSFTEA_j \leq 50\%$; (X2)

$CSFNP_j \geq 1$

$CSFNP_j \leq 20$

$ICCSF_j \leq 400$; (X3)

$CSFPC_j \leq 200$; (X4)

CSFDj ≤ 300 ; (X5)

CSFGMj ≥ 150 ; (X6)

$CSFITF_j \leq 0.005 * XCSF_j$; (X7)

$CSFOC_j \leq 200$; (X8)

$\forall\ XCSF_j, CSFTEA_j, CSFNP_j$, CSFDj, CSFGMj, $CSFOC_j, CSFITF_j \geq 0$

Utilidades del Crédito del sector formal antes del Modelo de Programación no lineal

Cuadro 15:

Utilidades del Crédito del Sector Formal antes del modelo matemático de programación no lineal.

N°	CAPITAL	TASA	NP	UTILIDAD
1	65000.0	45%	5	351632.7
2	50000.0	45%	4	171025.3
3	45000.0	45%	6	373235.1
4	80000.0	45%	6	663529.2
5	95000.0	45%	7	1185264.3
6	35000.0	45%	2	38587.5
7	60000.0	45%	2	66150.0
8	58000.0	45%	5	313764.6
9	105000.0	45%	7	1310028.9

10	93000	45%	5	503105.3
11	32000	45%	4	109456.2
12	55000	45%	3	112674.4
13	114000	45%	8	2113659.8
14	87000	45%	4	297584.0
15	115000	45%	5	622119.4
16	46000	45%	3	94236.8
17	122000	45%	6	1011882.0
18	92500	45%	4	316396.8
19	83600	45%	3	171265.1
20	128000	45%	6	1061646.6

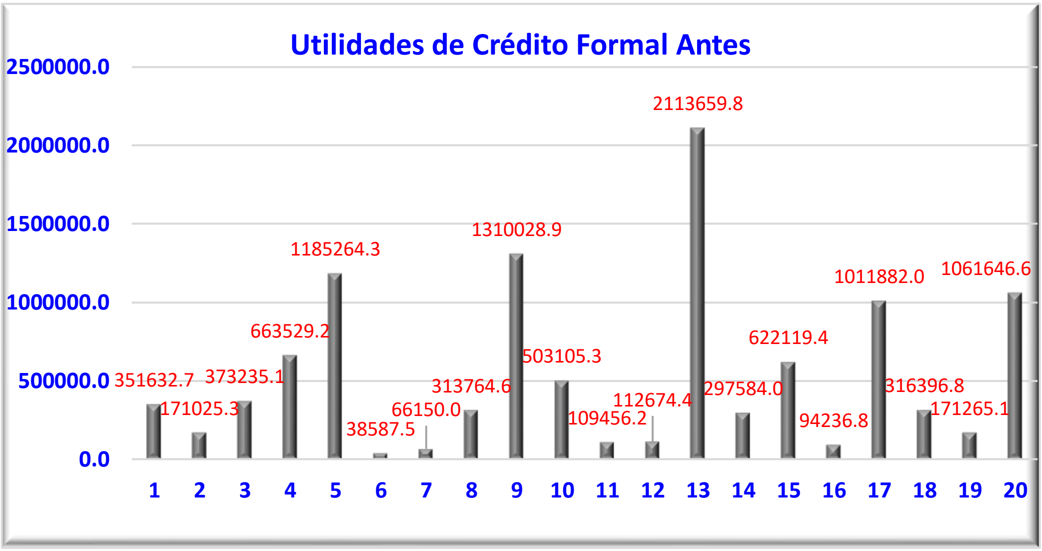


Figura 15: *Utilidades del Crédito del Sector Formal antes del modelo matemático de programación no lineal.*

Las utilidades del Crédito Formal en el sistema financiero antes del modelo matemático de programación no lineal, se han tomado de los datos históricos de los registros de la institución y con una tasa de 45%, y se ha tomado con periodos más solicitados, los cuales fueron de 4 a 8 años; se encontró las utilidades indicadas en la tabla y gráfico, en donde la utilidad menor encontrada fue de 38,587.5 soles generado por un capital de 35,000.0 soles por un periodo de 2 años, la mayor utilidad encontrada fue 2,113,659.8 soles generado por un capital de 114,000.0 soles por un periodo de 8 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 8 años.

Utilidades del Crédito del Sector Formal después del Modelo de Programación no lineal, haciendo uso del software LINGO

Cuadro 16:
Utilidades del Crédito del Sector Formal después del modelo matemático de programación no lineal.

N°	CAPITAL	TASA	NP	UTILIDAD
1	65000	45%	5	429043.8
2	50000	45%	4	203575.0
3	45000	45%	6	468028.1
4	80000	45%	6	831700.0
5	95000	45%	7	4528614.0
6	35000	45%	2	44200.0
7	60000	45%	2	75450.0
8	58000	45%	5	382887.5
9	105000	45%	7	1689473.0
10	93000	45%	5	613668.8
11	32000	45%	4	130450.0
12	55000	45%	3	131075.0
13	114000	45%	8	2808145.0
14	87000	45%	4	353887.5
15	115000	45%	5	758731.2
16	46000	45%	3	109700.0
17	122000	45%	6	1268106.0
18	92500	45%	4	376231.2
19	83600	45%	3	199000.0
20	128000	45%	6	1330450.0

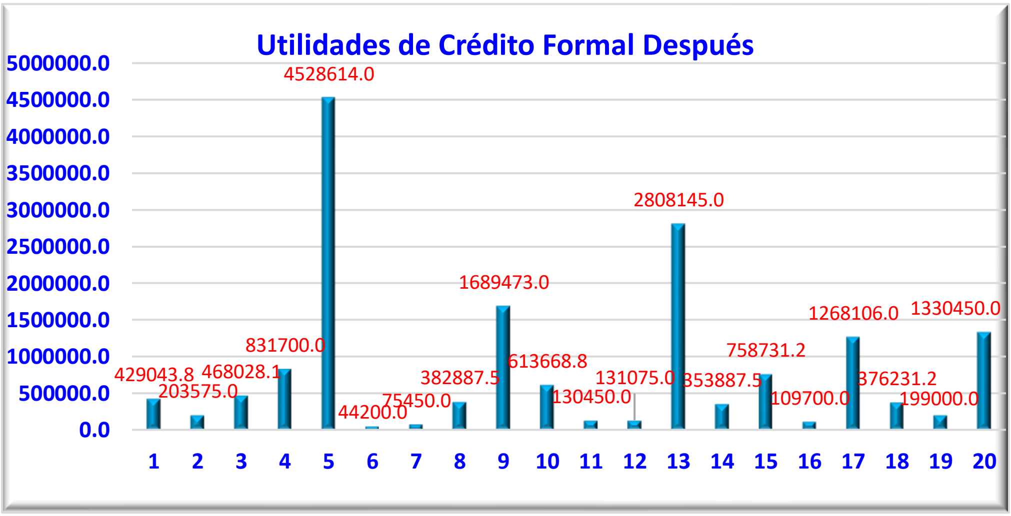


Figura 16: *Utilidades del Crédito del Sector Formal después del modelo matemático de programación no lineal*

Las utilidades del Crédito Formal en el sistema financiero después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado mediante el modelo indicado, se utilizó una tasa de 45%, y se han tomado los mismos periodos más solicitados igual que en el antes, los cuales fueron de 4 a 8 años, también se han tomado los mismos montos de capital; se encontró las utilidades indicadas en la tabla y gráfico, en donde la utilidad menor encontrada fue de 44,200.0 soles generado por un capital de 35,000.0 soles por un periodo de 2 años, la mayor utilidad encontrada fue 452,8614.0 soles generado por un capital de 95,000.0 soles por un periodo de 6 años. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 8 años.

Diferencia de utilidad de Crédito del Sector Formal entre el antes y después del modelo matemático de programación no lineal

Cuadro 17:
Diferencia en cantidad y porcentaje de utilidad de Crédito del Sector Formal antes y después del modelo matemático de programación no lineal.

N°	Antes	Después	Diferencia	%
1	351632.7	429043.8	77411.1	1.3
2	171025.3	203575.0	32549.7	0.6
3	373235.1	468028.1	94793.0	1.6
4	663529.2	831700.0	168170.8	2.9
5	1185264.3	4528614.0	3343349.7	57.2
6	38587.5	44200.0	5612.5	0.1
7	66150.0	75450.0	9300.0	0.2
8	313764.6	382887.5	69122.9	1.2
9	1310028.9	1689473.0	379444.1	6.5
10	503105.3	613668.8	110563.5	1.9
11	109456.2	130450.0	20993.8	0.4
12	112674.4	131075.0	18400.6	0.3
13	2113659.8	2808145.0	694485.2	11.9
14	297584.0	353887.5	56303.5	1.0
15	622119.4	758731.2	136611.8	2.3
16	94236.8	109700.0	15463.3	0.3
17	1011882.0	1268106.0	256224.0	4.4
18	316396.8	376231.2	59834.4	1.0
19	171265.1	199000.0	27735.0	0.5
20	1061646.6	1330450.0	268803.4	4.6
TOTAL	**10887243.9**	**16732416.1**	**5845172.2**	**100.0**

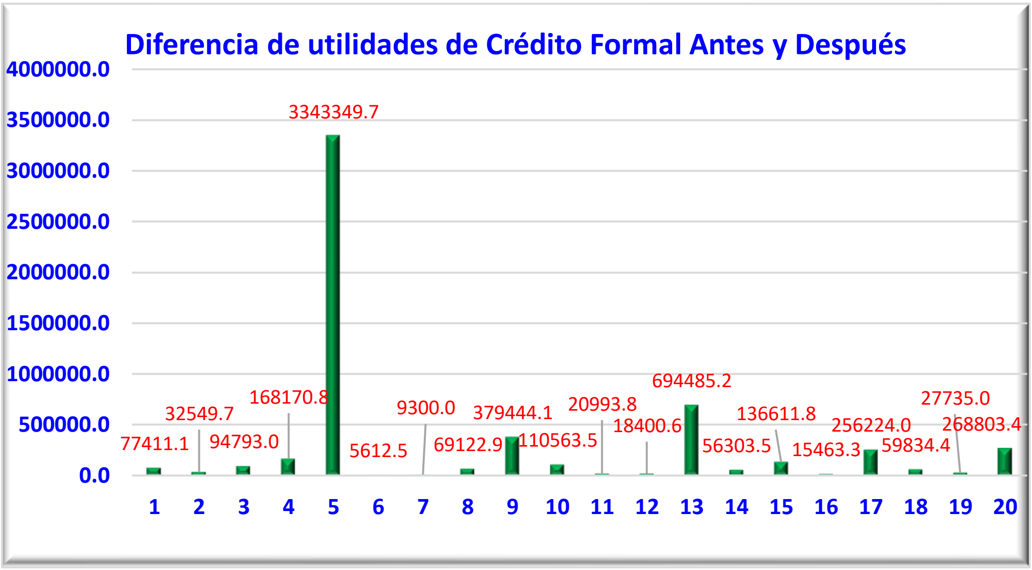


Figura 17: *Diferencia en cantidad de utilidad de Crédito del Sector Formal antes y después del modelo matemático de programación no lineal*

Las diferencias en soles de las utilidades del Crédito Formal en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado restando las utilidades obtenidas en el después menos el antes, se encontró la menor diferencia de utilidad encontrada fue 5,612.5 soles, la mayor diferencia de utilidad encontrada fue 3,343,349.7 soles. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 8 años.

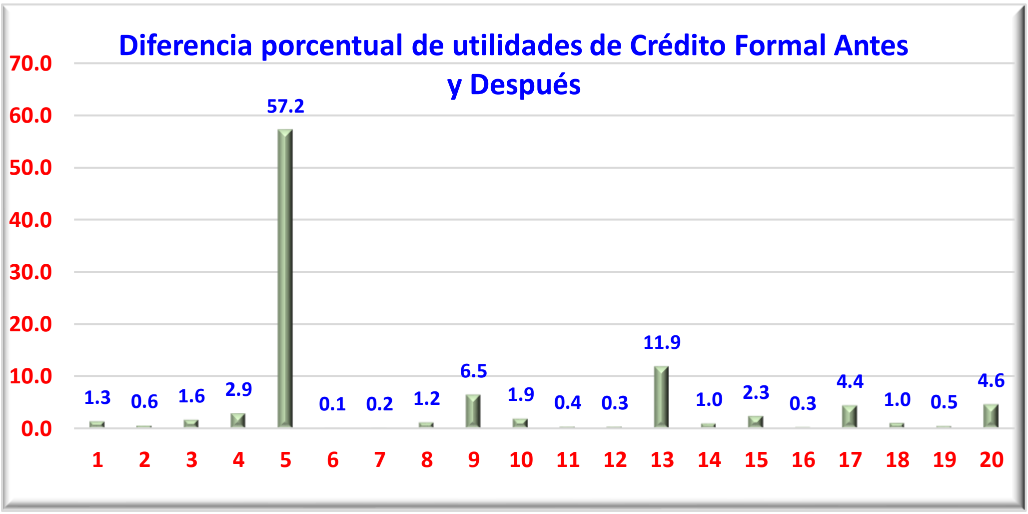


Figura 18: *Diferencia porcentual de utilidad de Crédito del Sector Formal antes y después del modelo matemático de programación no lineal.*

Las diferencias porcentuales de las utilidades del Crédito Formal en el sistema financiero antes y después del modelo matemático de programación no lineal, ha sido calculado con la diferencia de utilidad obtenida en el después menos el antes multiplicado por 100 dividido entre la diferencia de utilidad total obtenida, se encontró la menor diferencia de utilidad con un porcentaje de 0.1%, la mayor diferencia porcentual de utilidad encontrada fue 57.2%. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 8 años.

El promedio de utilidad obtenido en el Crédito Formal fue 292,258.6 soles con un porcentaje promedio del 2.66% de incrementó en las rentabilidades, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal optimizó las utilidades en un 2.66%

4.1.5. Respuesta al objetivo general.

Objetivo general: Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos en el sistema financiero.

Modelo general:

Función Objetivo

$$maxU_{TC} = \left(\sum_{j=1}^{m} XCA_j * \left(1+\frac{CATEA_j}{100}\right)^{CANP_j} - XCA_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCA_j + CAPC_j)\right) - \sum_{j=1}^{m}(CAD_j + CAGM_j + CAITF_j + CAOC_j)$$

$$+\left(\sum_{j=1}^{m} XCH_j * \left(1+\frac{CHTEA_j}{100}\right)^{CHNP_j} - XCH_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCH_j + CHPC_i)\right) - \sum_{j=1}^{m}(CHD_j + CHGM_j + CHITF_j + CHOC_j)$$

$$+\left(\sum_{j=1}^{m} XCSI_j * \left(1+\frac{CSITEA_j}{100}\right)^{CSINP_j} - XCSI_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCSI_j + CSIPC_j)\right) - \sum_{j=1}^{m}(CSID_j + CSIGM_j + j + CSIOC_j)$$

$$+\left(\sum_{j=1}^{m} XCSF_j * \left(1+\frac{CSFTEA_j}{100}\right)^{CSFNP_j} - XCSF_j + \sum_{j=1}^{m}(ICCSF_j + CSFPC_j)\right) - \sum_{j=1}^{m}(CSFD_j + CSFGM_j + CSFITF_j + CSFOC_j)$$

sujeto a:

$XCA_j \geq 300$; (X1)

$XCA_j \leq 500\,000$; (X1)

$CATEA_j \geq 30\%$ (tasa de interés, es t en la formula); (X2)

$CATEA_j \leq 40\%$; (X2)

$CANP_j \geq 1$

$CANP_j \leq 12$

$ICCA_j \leq 300$; (X3)

$CAPCj, \leq 50$; (X4)

$CADj \leq 80$; (X5)

$CAGMj \geq 20$; (X6)

$CAITF_j \leq 0.005 * XCAj$; (X7)

$CAOC_j \leq 50$; (X8)

$XCH_j \geq 5000$; (X1)

$XCH_j \leq 300\,000$; (X1)

$CHTEA_j \geq 40\%$; (X2)

$CHTEA_j \leq 50\%$; (X2)

$CHNP_j \geq 1$

$CHNP_j \leq 30$

$ICCHj \leq 500$; (X3)

$CHPCj \leq 200$; (X4)

$CHDj \leq 200$; (X5)

$CHGMj \geq 150$; (X6)

$CHITF_j \leq 0.005 * XCHj$; (X7)

$CHOC_j \leq 70$; (X8)

$XCSI_j \geq 300$; (X1)

$XCSI_j \leq 200000$; (X1)

$CSITEA_j \geq 30\%$; (X2)

$CSITEA_j \leq 40\%$; (X2)

$CSINP_j \geq 1$

$CSINP_j \quad \leq 10$

ICCSIj $\quad < 300$; (X3)

CIPCj $\quad < 150$; (X4)

CSIDj $\quad \leq 50$; (X5)

CSIGMj $\quad \geq 60$; (X6)

$CSIITF_j \quad \leq 0.005 * XCSI_j$; (X7)

$CSIOC_j \quad \leq 40$; (X8)

$CSFTEA_j \quad \geq 40\%$; (X2)

$CSFTEA_j \quad \leq 50\%$; (X2)

$CSFNP_j \quad \geq 1$

$CSFNP_j \quad \leq 20$

$ICCSF_j \quad \leq 400$; (X3)

$CSFPC_j \quad \leq 200$; (X4)

CSFDj $\quad \leq 300$; (X5)

CSFGMj $\quad \geq 150$; (X6)

$CSFITF_j \quad \leq 0.005 * XCSF_j$; (X7)

$CSFOC_j \quad \leq 200$; (X8)

$\forall\ XCA_j, CATEA_j, CANP_j, CAPC,$ CADj, CAGMj, $CAOC_j, CAITF_j \quad \geq 0$

$\forall\ XCH_j, CHTEA_j, ICCHj, CHDj, CHNP_j,$ CHDj, CHGMj, $CHOC_j, CHITF_j \quad \geq 0$

$\forall\ XCSI_j, CSITEA_j, CSINP_j,$ CSIDj, CSIGMj, $CSIOC_j, CSIITF_j \quad \geq 0$

$\forall\ XCSF_j, CSFTEA_j, CSFNP_j,$ CSFDj, CSFGMj, $CSFOC_j, CSFITF_j \quad \geq 0$

Cuadro 18:
Promedio de diferencia en cantidad y porcentaje de utilidad en los Créditos entre el antes y después del modelo matemático de programación no lineal.

CRÉDITO	DIFERENCIA DE UTILIDAD (en promedio)	INCREMENTO DE UTILIDAD (%)
Agropecuario	96 005.10	2.98
Hipotecario	717 677.30	3.88
Informal	10 531.50	1.11
Formal	292 258.60	2.68
PROMEDIO	**279 118.10**	**2.66**

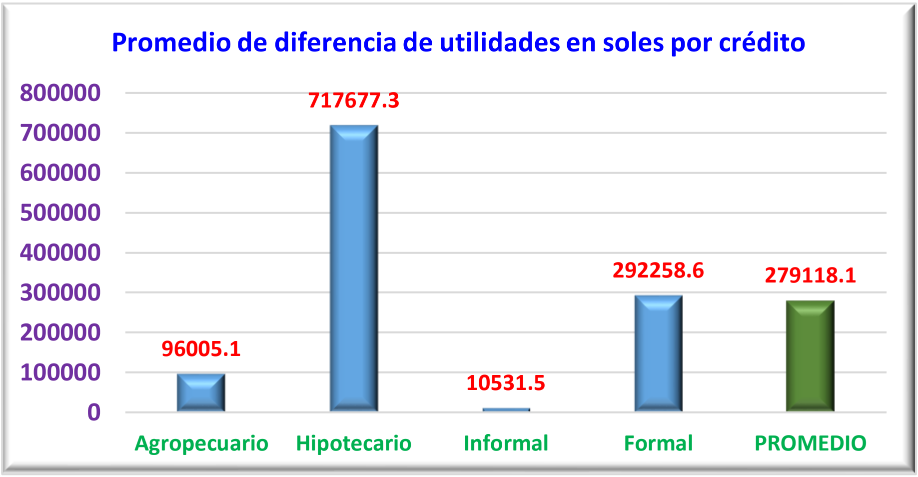


Figura 19: *Promedio de diferencia de las utilidades en los tipos de créditos entre el antes y después del modelo matemático de programación no lineal.*

El promedio de utilidad obtenido en el Crédito Agropecuario fue de 96,005.1 soles, en el Crédito hipotecario fue 717,677.3 soles, en el Crédito Informal fue 10,531.5 soles; en el Crédito Formal fue 292,258.6 soles. El promedio general de utilidad obtenido fue 279,118.1 soles

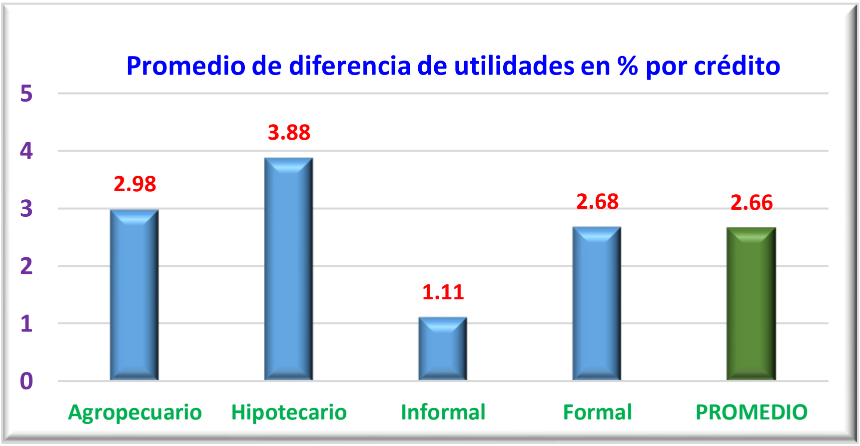


Figura 20: *Promedio de diferencia en porcentaje de utilidad en los Créditos entre el antes y después del modelo matemático de programación no lineal.*

El porcentaje incrementado de utilidad en el Crédito Agropecuario fue de 2.98%, en el Crédito hipotecario 3.88%, en el Crédito Informal 1.11%; en el Crédito Formal fue 2.68%. El promedio general porcentual en que se incrementó las rentabilidades fue 2.66%.

4.2. DISCUSIÓN

En la presente investigación se tuvo como resultado que el Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos en promedio general de 279,118.1 soles con un porcentaje promedio del 2.66% de incrementó en las rentabilidades, resultado que coincide ligeramente con la investigación antecedente de Carranza y Moncada (2019) quienes encontraron que inicialmente se encontró pérdidas y con el proceso de optimización se generaron rentabilidades de 66% del total de los productos, pero 33 productos estuvieron generando pérdidas, 26 de los productos estuvieron dentro del intervalo considerable de pérdida, esta investigación antecedente se relaciona con la presente investigación en el objetivo de aplicar la programación lineal en el proceso de optimización de utilidades en un sistema financiero, en ese sentido, tanto la metodología y sus conclusiones sirvieron de análisis y discusión para la presente investigación.

En la presente investigación se tuvo como resultado general que el Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos en promedio general de 279,118.1 soles con un porcentaje promedio del 2.66% de incrementó en las rentabilidades, resultado que coinciden ligeramente con la investigación antecedente de José De Carvalho (2018) quien encontró que se incrementaron los patrimonios en cantidades de 52,188 euros 50,396 euros, y que el valor mínimo se encontró en 13,750 euros, en el caso de BB el valor fue el encontrado más alto. Que el valor de la optimización fue de 33,2192 euros, monto de rentabilidad anual deseado de la inversión, y que significó un 22.36% de los beneficios anuales en el caso de que salió como lo previsto. La investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, pero con diferente metodología que fue programación estocástica frente a programación no lineal, no obstante, se relacionó con la optimización de utilidades, coindicen además en el espacio que es una institución financiera, por lo tanto, la metodología y sus conclusiones contribuyeron en el desarrollo de la presente investigación.

En la presente investigación se tuvo como resultado general que el Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos en promedio general de 279,118.1 soles con un porcentaje promedio del 2.66% de incrementó en las rentabilidades, resultado que coinciden ligeramente con la investigación antecedente de Vaca (2017) quien tuvo como resultado que en el proceso de cálculo de la eficiencia y eficacia, los métodos que demostraron mayor eficacia fueron LMM y GLMlogit, y que los modelos LDA, LMM y GLMlogit fueron los métodos informáticos más recientes, luego del método CART. Se encontró que LMM fue más eficiente, y para cantidades menores fue mejor el método GLMlogit. Que RMSE, LMM, GLMlogit y LDA lograron mejores resultados. Esta investigación antecedente no tuvo como objetivo la optimización de utilidades, pero sí de las evaluaciones de riesgos, también presentó diferencias en cuanto a la metodología ya que aplicó modelos de cálculos de riesgo, se relaciona con la presente investigación en la optimización de recursos financieros, en ese sentido, sirvió de análisis y discusión de la presente investigación.

En la presente estudio se tuvo como resultado general que el Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos en promedio general de 279,118.1 soles con un porcentaje promedio del 2.66% de incrementó en las rentabilidades, resultado que coinciden ligeramente con la investigación antecedente de Mattig (2015) quien, como estudio teórico, concluyó que las condiciones de Khun Tucker demostró utilidad deseada que se genera al gastar una unidad adicional del activo financiero no sea superior al costo marginal de gastarlo debió cumplir condiciones de valores de tasas, que, el consumo de una cantidad positiva de activo financiero α, en ese sentido, la utilidad marginal de invertir en dicho activo fue superior al costo marginal de dicho activo, que el agente no puede invertir más capital que el que tiene, ello significó que, proporcionarle una unidad de capital inicial debe suministrarle más bienestar o mantenerse en estado situacional inicial. Esta investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, aplicó la misma metodología que la presente investigación, esto es la programación no lineal, por lo tanto, se relaciona con la optimización de utilidades, coindicen además en el espacio que es una institución financiera, por lo tanto, la metodología y sus conclusiones contribuyeron en el desarrollo de la presente investigación.

En la presente estudio doctoral se tuvo como resultado general que el Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos en promedio general de 279,118.1 soles con un porcentaje promedio del 2.66% de incrementó en las rentabilidades, resultado que coinciden ligeramente con la investigación antecedente de Nogales (2014) quien tuvo como resultado que los resultados computacionales mostraron que ambos enfoques de división fueron capaces de resolver problemas de tamaño bastante realista hasta p = 4 instalaciones, mientras que para p = 5 sólo pequeño los problemas se resolvieron, encontró que para valores pequeños de p, ambos enfoques son comparables, y cuando el número de instalaciones aumenta, el enfoque de super conjunto supera a la enumeración acercarse, que con ambos enfoques podrían aplicarse a diferentes ubicaciones de instalaciones p problemas en las redes, como el problema de la mediana p con la demanda continua en una red. La investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, aplicó la misma metodología que la presente investigación, esto es la programación no lineal, no obstante, no abordó la optimización de utilidades, sin embargo, aporta con la metodología de optimización, la misma que tuvo en cuenta en el desarrollo de la presente investigación.

En la presente investigación doctoral se tuvo como resultado general que el Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos en promedio general de 279,118.1 con un porcentaje promedio del 2.66% de incremento en las rentabilidades, resultado que coinciden ligeramente con la investigación antecedente de Pérez (2005) quien tuvo como resultado que el ahorro logrado fue entre 0.5% y 1%, que la optimización fue útil solo si el número de elementos de concreto reforzado sea bastante grande, recomendó para concretos prefabricados o en construcciones en grandes volúmenes, que, aunque no se logró ahorro significativo en la optimización de los costos en las secciones de viga de concreto, se comprobó que el método trabajó adecuadamente. La investigación antecedente planteó el mismo objetivo que la presente investigación, aplicó la misma metodología que la presente investigación, esto es la programación no lineal, no obstante, no abordó la optimización de utilidades, sin embargo, aporta con la metodología de optimización, la misma que se tuvo en cuenta en el desarrollo de la presente investigación.

El Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos en promedio general de 279,118.1 soles con un porcentaje promedio del 2.66% de incrementó en las rentabilidades, este resultado concuerda ligeramente con los resultados obtenidos por Castillo (2007) en la medida en que también encontró mayor rendimiento o ganancia o utilidad, encontró rentabilidades de 0.14% y 0.43%, la cartera satisfizo los requisitos de eficiencia y optimalidad, asimismo encontró que casi la totalidad de las acciones mostraron rentabilidades promedio positivas y/o menores a la tasa libre de riesgo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En promedio las utilidades obtenidas en los créditos del sistema financiero fue 279,118.10 soles y el promedio porcentual de incremento fue 2.66%, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en los créditos del sistema financiero en un 2.66%.

- El Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en el Crédito Agropecuario en el sistema financiero. En el antes y después del modelo matemático de programación no lineal, las utilidades obtenidas en el después menos el antes, la menor diferencia de utilidad encontrada fue 3030.0 soles, esto fue generado por un capital de 10,000.00 soles para un periodo de 2 años, la mayor diferencia de utilidad encontrada fue 250,126.50 soles esto fue generado por un capital de150,000.00 soles por un periodo de 5 años. Las demás utilidades se encontraron dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 6 años. Las diferencias porcentuales de las utilidades del Crédito Agropecuario antes y después del modelo matemático de programación no lineal, se encontró la menor diferencia de utilidad con un porcentaje de 0.2%, la mayor diferencia porcentual de utilidad encontrada fue 13%. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 6 años. En promedio las utilidades obtenidas en el Crédito Agropecuario fueron de 96,005.10 soles, el promedio porcentual de incremento fue 2.98%, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal optimizó las utilidades del crédito agropecuario en un 2.98%.

- El Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en el Crédito Hipotecario en el sistema financiero. En el antes y después del modelo matemático de programación no lineal, se encontró la menor diferencia de utilidad encontrada fue 89,170.40 soles, la mayor diferencia de utilidad encontrada fue 3,305,600.50 soles. Las demás utilidades se encontraron dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 5 a 10 años. Las diferencias porcentuales de las utilidades del Crédito Hipotecario antes y después del modelo matemático de programación no lineal, se encontró la menor diferencia de utilidad con un porcentaje de 0.6%, la mayor diferencia porcentual de utilidad encontrada fue 23.0%. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 5 a 10 años. En promedio las utilidades obtenidas en el Crédito Hipotecario fueron de 717,677.30 soles, el promedio porcentual de incremento fue 3.88%, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal optimizó las utilidades del crédito hipotecario en un 2.98%.

- El Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en el Crédito Informal en el sistema financiero. En el antes y después del modelo matemático de programación no lineal, se encontró la menor diferencia de utilidad encontrada fue 1,740.00 soles, la mayor diferencia de utilidad encontrada fue 34,619.80 soles. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 5 años. Las diferencias porcentuales de las utilidades del Crédito Informal antes y después del modelo matemático de programación no lineal, se encontró la menor diferencia de utilidad con un porcentaje de 0.8%, la mayor diferencia porcentual de utilidad encontrada fue 16.4%. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 2 a 5 años. En promedio las utilidades obtenidas en el Crédito Informal fueron de 10,531.50 soles y el promedio porcentual de incremento fue 1.11%, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal optimizó las utilidades del crédito del sector informal en un 1.11%.

- El Modelo matemático de programación no lineal haciendo uso del software LINGO optimizó las utilidades en el Crédito Formal en el sistema financiero. En el antes y después del modelo matemático de programación no lineal, se encontró la menor diferencia de utilidad encontrada fue 5,612.50 soles, la mayor diferencia de utilidad encontrada fue 3,343,349.70 soles. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 4 a 8 años. Las diferencias porcentuales de las utilidades del

Crédito Formal antes y después del modelo matemático de programación no lineal, se encontró la menor diferencia de utilidad con un porcentaje de 0.1%, la mayor diferencia porcentual de utilidad encontrada fue 57.2%. Las demás utilidades se encuentran dentro del rango indicado y también han sido generados por periodos entre 4 a 8 años. En promedio las utilidades obtenidas en el Crédito Formal fueron de 292,258.60 soles y el promedio porcentual de incremento fue 2.68%, esto indica que el modelo matemático de programación no lineal optimizó las utilidades del crédito del sector informal en un 2.68%.

5.2. RECOMENDACIONES

- La administración crediticia de la institución financiera debe tener en cuenta el Modelo matemático de programación no lineal debido a que ha demostrado la optimización de las utilidades en cuatro principales tipos de créditos, no obstante, debe también registrar las optimizaciones en las futuras aplicaciones para que disponga de una medición más actualizada en la medición de la optimización de las utilidades.

- La administración crediticia de la institución financiera debe tener en cuenta el Modelo matemático de programación no lineal debido a que ha demostrado la optimización de las utilidades en el Crédito Agropecuario, asimismo debe aplicarlo y registrar los resultados de optimización cuando las tasas de interés, y las restricciones cambien en el futuro.

- La administración crediticia de la institución financiera debe tener en cuenta el Modelo matemático de programación no lineal debido a que ha demostrado la optimización de las utilidades en el Crédito Hipotecario, asimismo debe aplicarlo y registrar los resultados de optimización cuando las tasas de interés, y las restricciones cambien en el futuro, específicamente las políticas del Estado respecto a este tipo de crédito.

- La administración crediticia de la institución financiera debe tener en cuenta el Modelo matemático de programación no lineal debido a que ha demostrado la optimización de las utilidades en el Crédito Informal, asimismo debe aplicarlo y registrar los resultados de optimización cuando las tasas de interés, y las restricciones cambien en el futuro.

- La administración crediticia de la institución financiera debe tener en cuenta el Modelo matemático de programación no lineal debido a que ha demostrado la optimización de las utilidades en el Crédito Formal, asimismo debe aplicarlo y registrar los resultados de optimización cuando las tasas de interés, y las restricciones cambien en el futuro, sobre todo cuando las coyunturas económicas del país cambien significativamente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila, J. (2014). *Medición y control de riesgos financieros en empresas del sector real*. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/9542/tesis01.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Bayazitova, D., & Shivdasani, A. (2012). *Assessing TARP.* Review of Financial Studies, 25, 377–407.

BCE. (2017). *Tasa de interés referencial para préstamos externos del sector privado.* Banco Central del Ecuador.

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*. Trabajo de grado. Universidad Piloto de Colombia. http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6428

Castillo, J. (2007). *Aplicación de la programación no lineal para la determinación de la cartera óptima de inversión: una aplicación al mercado de valores peruano*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11071

Chiavenato, I. (2006). Introducción a la teoría general de la administración. México: McGraw-Hill.

Ciccarelli, M., Maddaloni, A., & Peydró, J. (2015). *Trusting the bankers*: A *new look at the credit channel of monetary* policy. Review of Economic Dynamics, 979-1002.

Cuadrado, J. & Mancha, T. (2014). *Política económica*: objetivos e instrumentos. McGraw-Hill

Da Silva, S., Tabak, B., Cajueiro, D., & Fazio, D. (2017). *Economic growth, volatility and their interaction: What's the role of finance?* Economic Systems.

Eppen, G., Gould, F., Schmit, C., Moore, J. & Weatherford, L. (2000). I*nvestigación de Operaciones en las Ciencias Administrativa*. 5a ed. Edo. de México: Prentice-Hall. 794 pp. ISBN: 9701702700.

Espinoza, G. & Vásquez, A. (2016). *Aplicaciones de Programación no lineal*. Open Access Suport. ISBN: 978-84-942118-5-0. DOI: http://dx.doi.org/10.3926/oss.21

Golin, J., & Delhaise, P. (2013). *The Bank Credit Analysis Handbook*: A Guide for Analysts, Bankers and Investors. John Wiley & Sons.

Guerrero, F. (1994). *Curso de Optimización: Programación Matemática*. Ariel Economía.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.

Hill, M., Kelly, G., Preve, L. & Sarria-Allende, V. (2017). *Trade Credit or Financial Credit? An International Study of the Choice and Its Influences.* Emerging Markets Finance and Trade.

Hillier, F. & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones.* Novena edición. México: Mc Graw Hill. ISBN: 978-607-15-0308-4

Hsu, P., Tian, X., & Xu, Y. (2014). *Financial development and innovation: Crosscountry evidence.* Journal of Financial Economics, 112(1), 116-135

Izquierdo, G. & Rojas, V. A. (2016). *Optimización del blending de minerales en el pad de lixiviación de la mina lagunas norte usando parámetros de ley y recuperación aplicando lingo (Linear general optimizer software)*. Tesis de grado. Universidad Privada del Norte. Cajamarca. Perú. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10523/Izquierdo%20Rojas%20Guillermo%20Ricardo%2C%20Rojas%20Fuentes%20V%C3%ADctor%20%C3%81ngel.pdf?sequence=1&isAllowed=y

José De Carvalho, F. (2018). *Programación estocástica. Aplicación a la Gestión de activos y pasivos*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. https://eprints.ucm.es/id/eprint/46219/

Kindleberger, C. (2015). *A financial history of Western* Europe. Routledge.

Kivin, R. (2017). *Condiciones para mejorar el acceso al financiamiento*. Revista La Moneda

Lopes, J., & Sebastian, A. (2008). *Gestión Bancaria* 3ra Edición. Madrid: Mc Graw Hill 3ra Edición.

López, A. (1989*). Optimización para Ingenieros*. Escuela de Ingeniería Civil - UNIMET.

López, G., Castro, N. & Guerra, O. (2017). *Optimización del Plan de producción. Estudio de caso Carpintería de aluminio*. Universidad Metropolitana. República del Ecuador.

Mattig, F. (2015). *Programación no lineal aplicada a problemas de decisión bajo incertidumbre.* Universidad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. Revista de Investigación en Modelos Matemáticos Aplicados a la Gestión y la Economía. ISSN: 2362 2644

Moya, M. (1998). *La programación lineal*. Costa Rica: EUNED. 264 p.

Nogales, A. (2014). *Mixed Integer Nonlinear Optimization. Applications to Competitive Location and Supervised Classification*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. España

Ortiz, F., & García, M. (2005). *Metodología de la Investigación*. México: Limusa S.A.

Pascual, B. & Santos, L. (2019). *Programación lineal entera en el homogenizado de harina de pescado para optimizar utilidad, empresa La Chimbotana S.A.C. Chimbote – 2019*. Universidad César Vallejo

Pérez, G. (2005). *Modelo matemático de programación no-lineal Para la optimización de los costos de fabricación de vigas de concreto armado.* Universidad Metropolitana. Caracas, Venezuela.

Prawda, J. (1996). *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*. México: Mc Graw Hill. Volumen I

Rist, C. (2016). *History of Monetary and Credit Theory: From John Law to the Present Day.* Routledge.

Solari, J. (2017). *Modelo de programación lineal aplicado para la reducción de costos de transporte del proceso de recarga de extintores a Lima y distritos de la empresa COIMSER SAC, Callao, año 2017.* Tesis de grado. Universidad César Vallejo. Lima.

Sotelo Luna, C. (2010). *Problemática de la Gestión Financiera de las MYPEs.*

Sydsaeter, P. 1996). *Matemáticas para el Análisis Económico*. Editorial Prentice Hall. Hempstead.

Taha, A. (1997). *Investigación de Operaciones. Una introducción*. Sexta Edición. Editorial Prentice Hall

Weber, J. (1984). *Matemática para administración y economía*. México: Editorial Hala. 823 p.

Winston, W. (2007). *Investigación de Operaciones: Aplicación y algoritmos*. 4a ed. México D.F: Internacional Thomson Editores. 1418 pp. ISBN 9706863621.

Winston, W. (1994). *Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos.* Grupo Editorial Iberoamericana.

VII. ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Modelo matemático de programación no lineal para optimizar utilidades en los créditos en el sistema financiero

PROBLEMA DE INVESTIAGCIIÓN	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA
Problema General ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos en el sistema financiero?	**Objetivo General** Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos en el sistema financiero.	**Hipótesis General** El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos en el sistema financiero.	**Diseño de la Investigación** Se considera que la investigación es de tipo aplicada y pre experimental
Problema Específicos • ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos agropecuarios en el sistema financiero? • ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos hipotecarios en el sistema financiero? • ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector informal en el sistema financiero? • ¿En qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector formal en el sistema financiero?	**Objetivos Específicos** • Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos agropecuarios en el sistema financiero. • Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos hipotecarios en el sistema financiero. • Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector informal en el sistema financiero. • Determinar en qué medida el Modelo matemático de programación no lineal optimiza las utilidades en los créditos al sector formal en el sistema financiero.	**Hipótesis Especificas** • El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos agropecuarios en el sistema financiero. • El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos hipotecarios en el sistema financiero. • El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos al sector informal en el sistema financiero. • El Modelo matemático de programación no lineal optimiza a las utilidades en los créditos al sector formal en el sistema financiero.	**Diseño de la Investigación** Pre experimental **Enfoque:** Cuantitativo **Población y muestra** **Población:** Son los 08 tipos de créditos de los sistemas financieros. **Muestra:** Constituida por 04 tipos de créditos, Crédito agropecuario, Crédito hipotecario, Crédito al sector informal y crédito al sector formal, del sistema financiero. **Instrumentos de investigación** • Hoja de registro de datos • Hoja de diccionario de variables

ANEXO 02

HOJA DE REGISTRO DE DATOS

Monto de préstamo y tasa efectiva anual:

Tipo de crédito:		Vigencia hasta:	
MONEDA NACIONAL		Tasa efectiva anual	
Desde	Hasta	Mínima	Máxima

Tarifario de comisiones y créditos:

Categoría	Denominación	Comisión	Monto en soles	Oportunidad de cobro	Producto que aplica
Servicios asociados al Crédito	Gestión de Garantía no condicionadas al crédito	Gestión de Garantías		Por cada Garantía	Crédito agropecuario, hipotecario, sector informal, sector formal
	Envío físico de estado de cuenta	envío desde la cuenta a domicilio a solicitud de cliente		Por cada estado de cuenta	Todos los productos
	Endoso de Póliza de seguro	Revisión de Póliza de seguro a endosar		por cada póliza de seguro a endosar	Todos los créditos
	Descuento Automático por Adelanto de Sueldo	Adelanta tu sueldo		Por cada Crédito otorgado	Crédito Adelanta tu Sueldo
		Mínimo de comisión			
Uso de Canales	Uso de Módulo Electrónico	Pagos de créditos		Desde la 1° Operación	Todo los Créditos

Tarifario de gastos de créditos:

GASTOS POR SEGUROS Fecha de Vigencia:				
SEGUROS VINCULADOS	**COMPAÑÍA**	**TASA ANUAL DEL SEGURO**	**CONSIDERACIONES**	
Desgravamen	Mapfre Perú Vida		Para créditos con recuperaciones cuota fija mensual y a una sola cuota	
Multi riesgo del Hogar	Mapfre Seguros y Reaseguros		Para créditos Hipotecarios	
Multi riesgo Pyme	la positiva seguros y Reaseguros		para créditos consumo y empresariales con cuota fija mensual	
Agrícola	la positiva seguros y Reaseguros		Para créditos agrícola a una sola cuota	
Seguro optativos (*)	**Compañía**	**Prima mensual**		
Oncológico	Compañía 1	plan 1	plan2	plan 3
Accidentes Personales PLUS	Compañía 2	plan 1	plan2	plan 3

Producción de Tarjetas	Mapfre Seguro y Reaseguros	
Asistencia Funeraria	Valle del Recuerdo	

Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados

Fecha de vigencia:		
CONCEPTO	**MONTO**	**OPORTUNIDAD DE COBRO**
Límite máximo hasta US$. 9 999 o su equivalente en moneda nacional		Por operación
		Por operación
Servicio de Recaudación		Por operación
Servicio de Pago de Haberes		Por cada operación en Cuenta
GASTOS DE SERVICIOS		
Consulta RENIEC		Por Consulta
Pago de cuota de Crédito Vía Banco de la Nación		Por importe de cuota

FUENTE: Elaboración propia

Hoja de registro de datos

Variable	Dimensiones	Indicadores	DATOS
Modelo matemático	Créditos agropecuarios	Diccionarios de variables	
		Función objetivo	
		Restricciones	
		Restricciones de no negatividad	
	Créditos hipotecarios	Diccionarios de variables	
		Función objetivo	
		Restricciones	
		Restricciones de no negatividad	
	Créditos al sector informal	Diccionarios de variables	
		Función objetivo	
		Restricciones	
		Restricciones de no negatividad	
	Créditos al sector formal	Diccionarios de variables	
		Función objetivo	
		Restricciones	
		Restricciones de no negatividad	
Optimización de utilidades	Créditos agropecuarios	Costos	
		Ingresos	
		Utilidades	
	Créditos hipotecarios	Costos	
		Ingresos	
		Utilidades	
	Créditos al sector informal	Costos	
		Ingresos	
		Utilidades	
	Créditos al sector formal	Costos	
		Ingresos	
		Utilidades	

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 03

HOJA DE DICCIONARIO DE VARIABLE

Tabla de diccionario de variable por tipo de crédito

N°	CÓDIGO DE VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01		
02		
03		
04		
05		
06		
EGRESOS		
01		
02		
03		
04		
UTILIDADES		
01		
RESTRICCIONES		
01		
02		
03		
04		

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 04

Alfa de Cronbach

N°	MODELO MATEMÁTICO																				
	Créditos agropecuarios				TOT	Créditos hipotecarios				TOT	Créditos al sector informal				TOT	Créditos al sector formal				TOT	TOT
	1	2	3	4		5	6	7	8		9	10	11	12		13	14	15	16		
1	3	2	1	1	7	1	2	1	1	5	2	1	1	1	5	1	2	1	1	5	22
2	2	3	1	3	9	2	1	2	1	6	1	1	1	3	6	2	1	1	2	6	27
3	4	1	3	4	12	1	4	4	5	14	1	3	4	1	9	5	1	3	5	14	49
4	1	4	1	1	7	1	2	1	4	8	4	1	2	3	10	2	3	1	1	7	32
5	2	4	3	2	11	1	1	2	1	5	1	3	5	2	11	1	1	3	4	9	36
6	4	5	2	3	14	4	4	4	5	17	5	2	1	2	10	2	3	2	4	11	52
7	2	4	5	2	13	5	4	5	5	19	4	1	1	5	11	4	4	5	4	17	60
8	5	1	1	2	9	2	2	1	3	8	1	1	1	3	6	2	1	1	2	6	29
9	2	4	2	3	11	1	2	1	1	5	2	3	1	1	7	3	3	2	4	12	35
10	1	1	4	2	8	2	3	4	2	11	1	4	4	2	11	1	1	4	2	8	38
Var					5.49					24.6					5.04					13.9	38

Suma de varianzas	48.94
Varianza General	130.80
Valor de Alfa	0.834

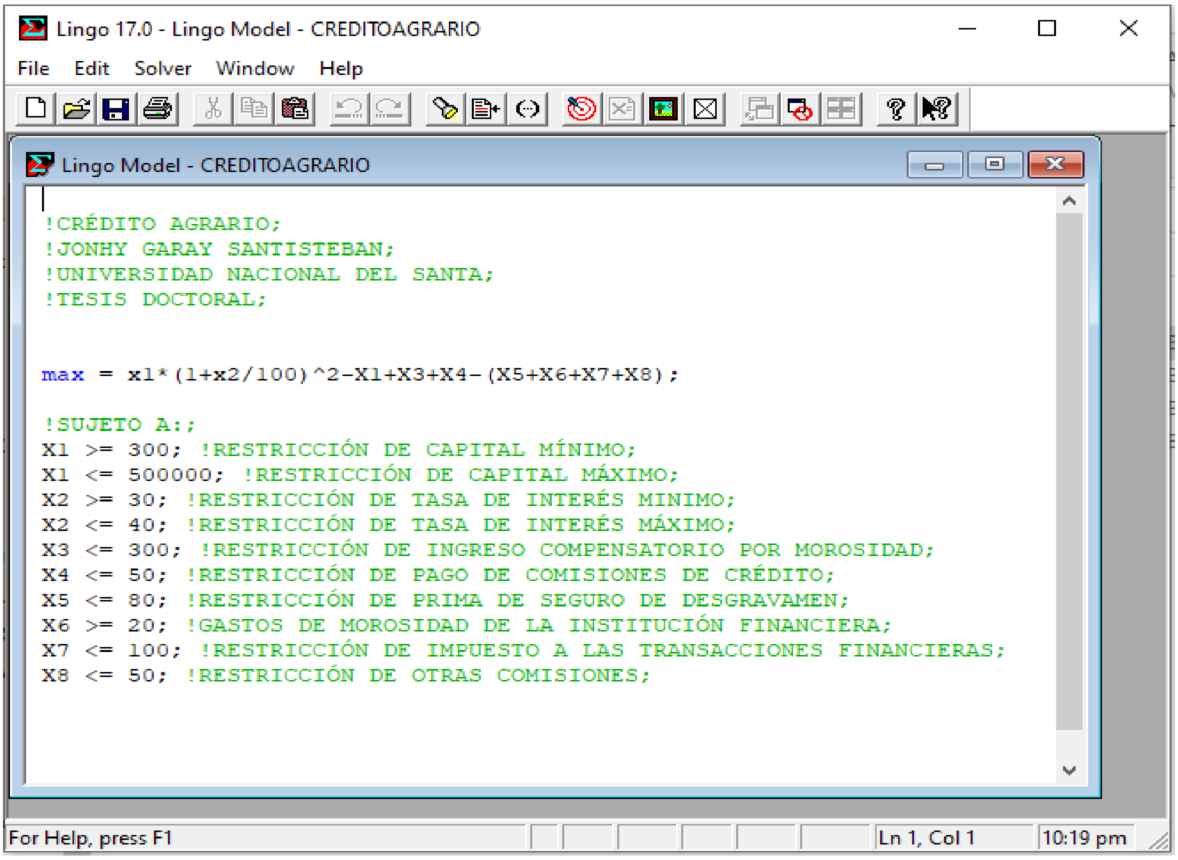
N°	OPTIMIZACIÓN DE UTILIDADES																				
	Créditos agropecuarios				TOT	Créditos hipotecarios					Créditos al sector informal				TOT	Créditos al sector formal				TOT	TOT
	1	2	3	4		5	6	7	8		5	6	7	8		9	10	11	12		
1	5.0	11.0	14.0	11.0	41.0	5.0	5.0	14.0	11.0	35.0	11.0	17.0	5.0	11.0	196	11.0	11.0	5.0	5.0	32	304.00
2	17.0	11.0	5.0	5.0	38.0	14.0	11.0	5.0	5.0	35.0	5.0	14.0	17.0	11.0	193	5.0	5.0	5.0	17.0	32	298.00
3	5.0	5.0	14.0	5.0	29.0	17.0	19.0	11.0	17.0	64.0	11.0	17.0	19.0	19.0	252	11.0	17.0	11.0	11.0	50	395.00
4	17.0	14.0	11.0	19.0	61.0	19.0	14.0	19.0	19.0	71.0	19.0	5.0	5.0	11.0	304	19.0	19.0	19.0	19.0	76	512.00
5	14.0	5.0	5.0	5.0	29.0	19.0	5.0	5.0	5.0	34.0	14.0	19.0	5.0	5.0	169	5.0	5.0	5.0	5.0	20	252.00
6	5.0	14.0	17.0	5.0	41.0	5.0	11.0	14.0	14.0	44.0	14.0	5.0	11.0	14.0	214	14.0	19.0	5.0	5.0	43	342.00
7	11.0	14.0	19.0	5.0	49.0	17.0	5.0	14.0	17.0	53.0	19.0	17.0	19.0	19.0	278	14.0	17.0	19.0	17.0	67	447.00
8	5.0	11.0	17.0	19.0	52.0	5.0	19.0	11.0	5.0	40.0	11.0	5.0	11.0	19.0	230	17.0	5.0	19.0	17.0	58	380.00
9	5.0	5.0	5.0	14.0	29.0	5.0	11.0	5.0	5.0	26.0	5.0	5.0	11.0	5.0	136	5.0	5.0	5.0	5.0	20	211.00
10	11.0	17.0	17.0	5.0	50.0	11.0	17.0	19.0	14.0	61.0	19.0	17.0	5.0	17.0	280	14.0	14.0	19.0	19.0	66	457.00
Var					109.9					204.8					2587					405.8	359.8
																			Suma de varianzas		3102.87
																			Varianza General		8287.56
																			Valor de Alfa		0.834

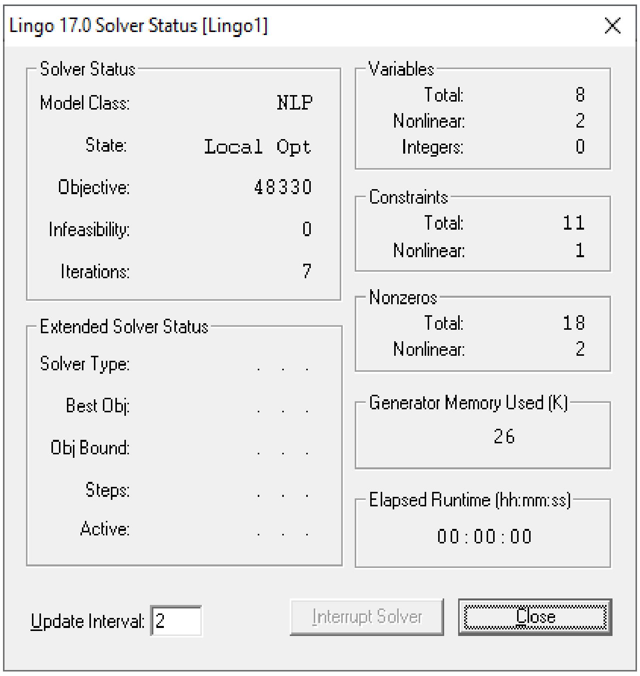
ANEXO 05

PROCESAMIENTO DE DATOS

CRÉDITO AGROPECUARIO:

Resultado para periodo de dos años con un capital menor igual a 500000 soles

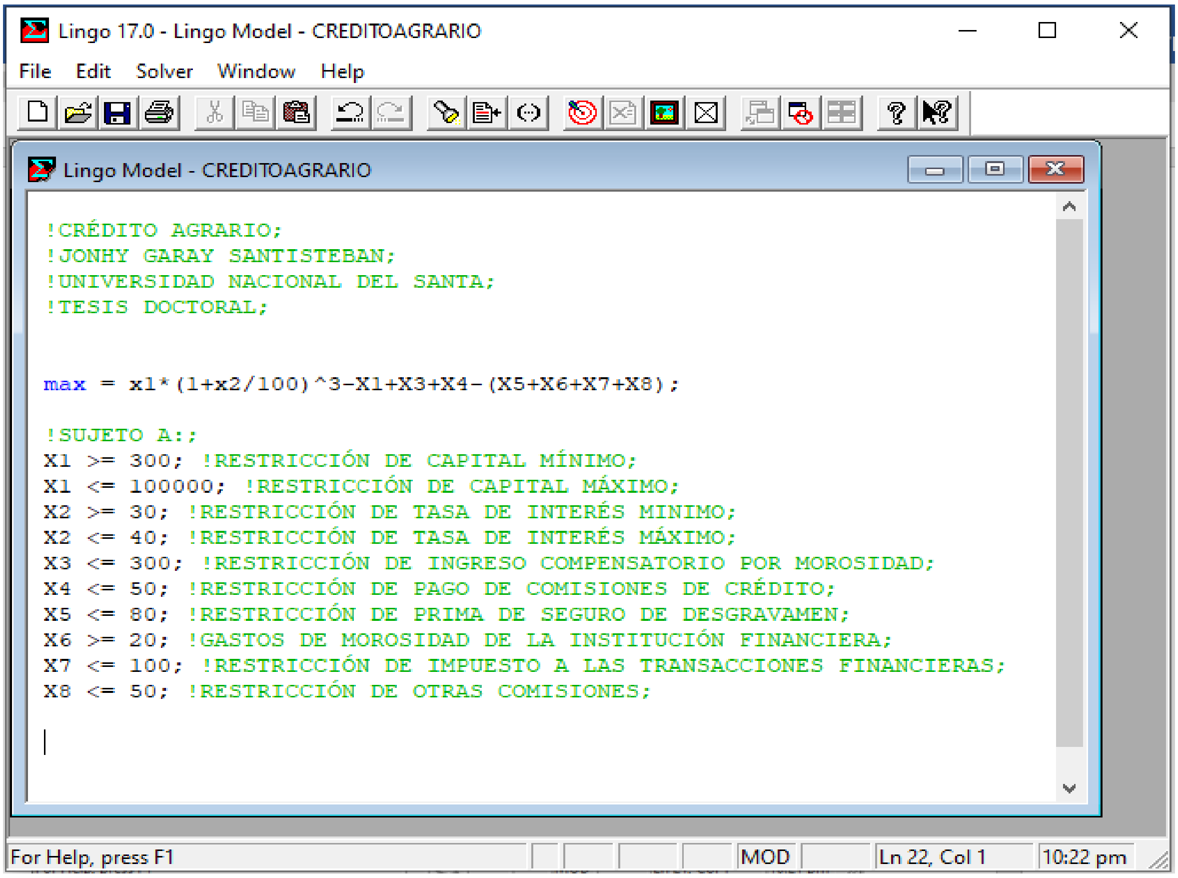


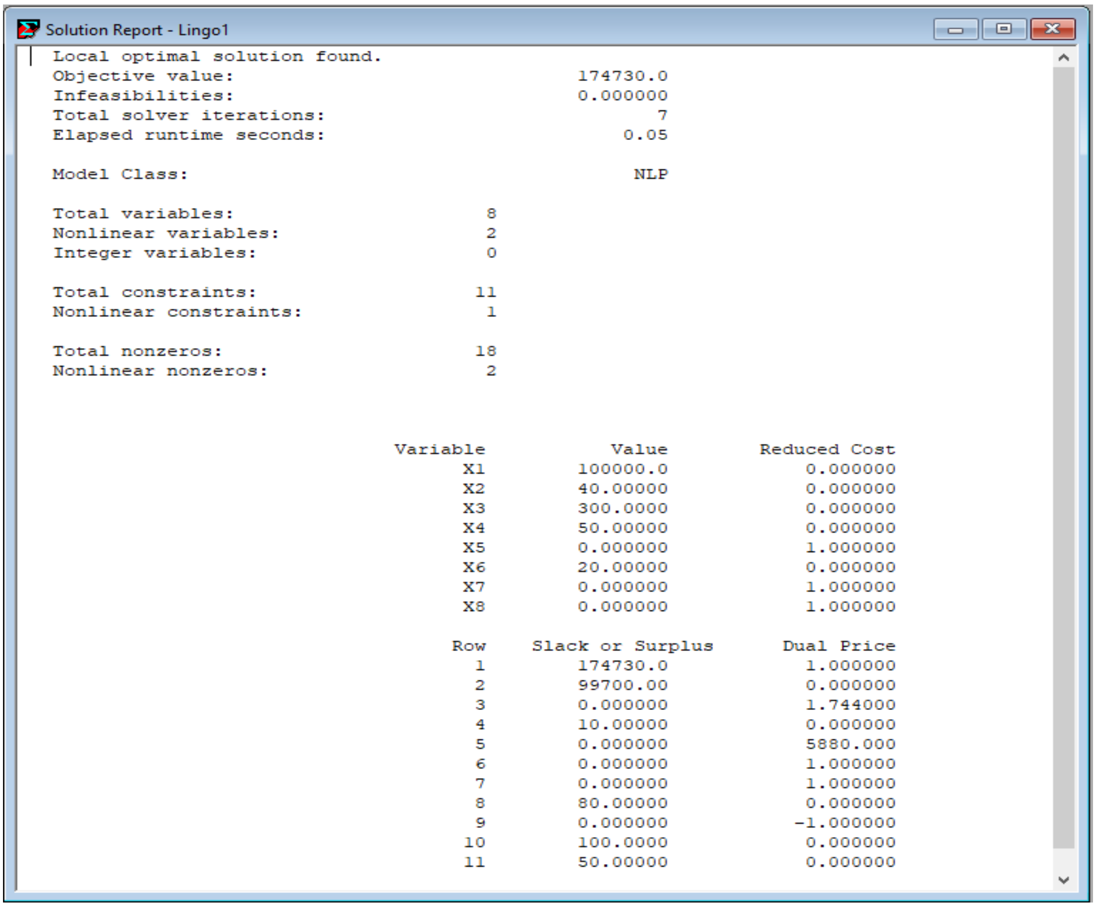


Solution Report - Lingo1

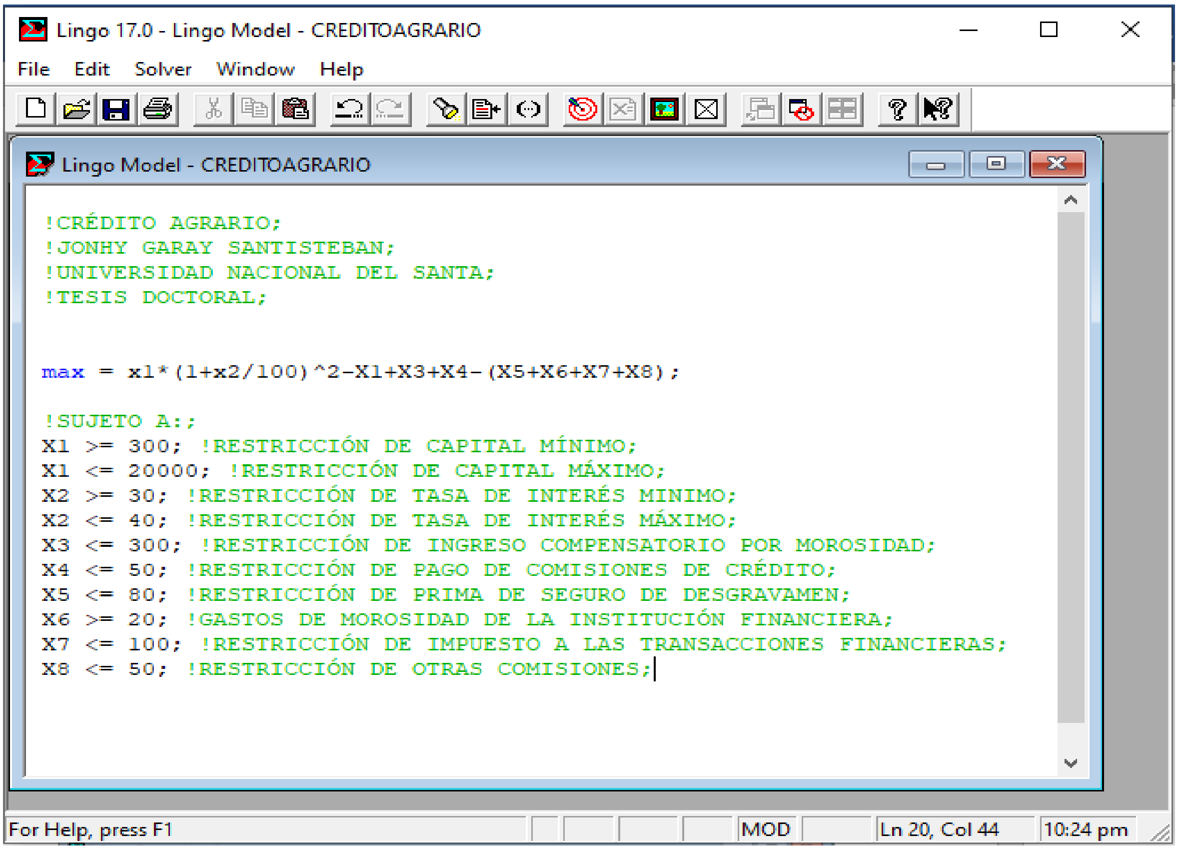
```
Local optimal solution found.
Objective value:                              48330.00
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             7
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2



                              Variable           Value        Reduced Cost
                                    X1        50000.00            0.000000
                                    X2        40.00000            0.000000
                                    X3        300.0000            0.000000
                                    X4        50.00000            0.000000
                                    X5        0.000000            1.000000
                                    X6        20.00000            0.000000
                                    X7        0.000000            1.000000
                                    X8        0.000000            1.000000

                                   Row    Slack or Surplus      Dual Price
                                     1        48330.00            1.000000
                                     2        49700.00            0.000000
                                     3        0.000000           0.9600000
                                     4        10.00000            0.000000
                                     5        0.000000            1400.000
                                     6        0.000000            1.000000
                                     7        0.000000            1.000000
                                     8        80.00000            0.000000
                                     9        0.000000           -1.000000
                                    10        100.0000            0.000000
                                    11        50.00000            0.000000
```

Resultado para periodo de tres años con capital menor igual a 100000 soles

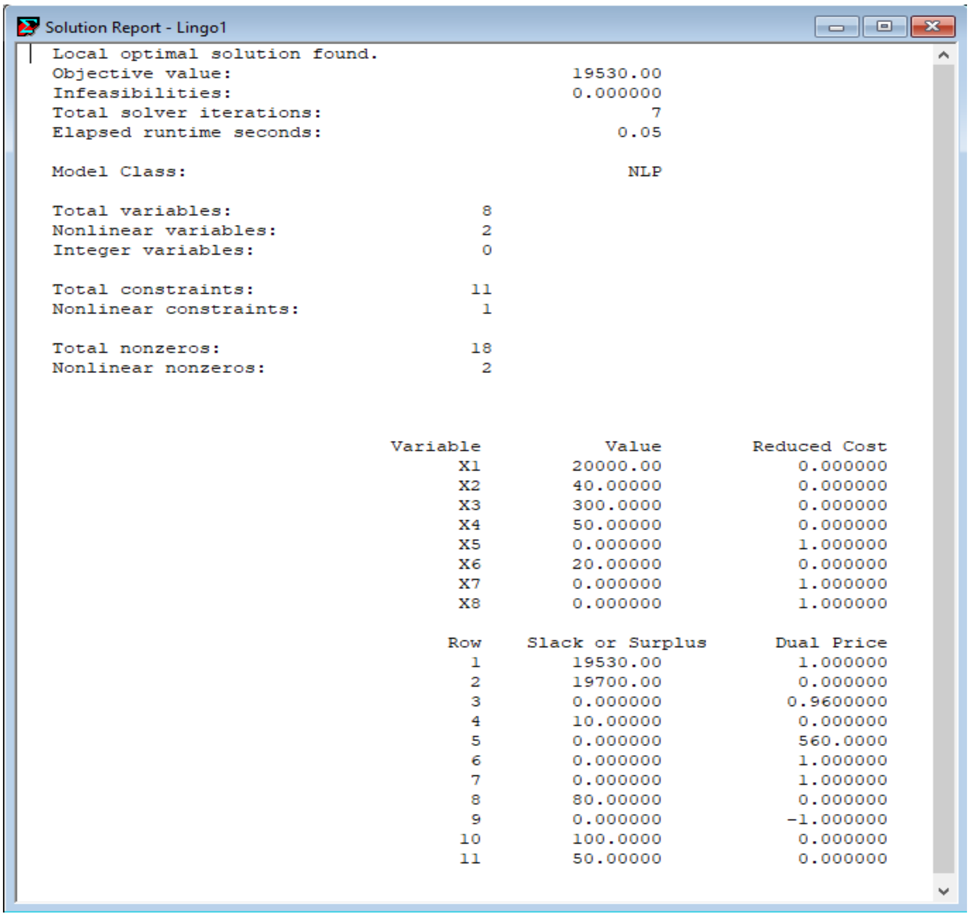




Resultado para monto de capital promedio más usado 20000 soles para 2 años



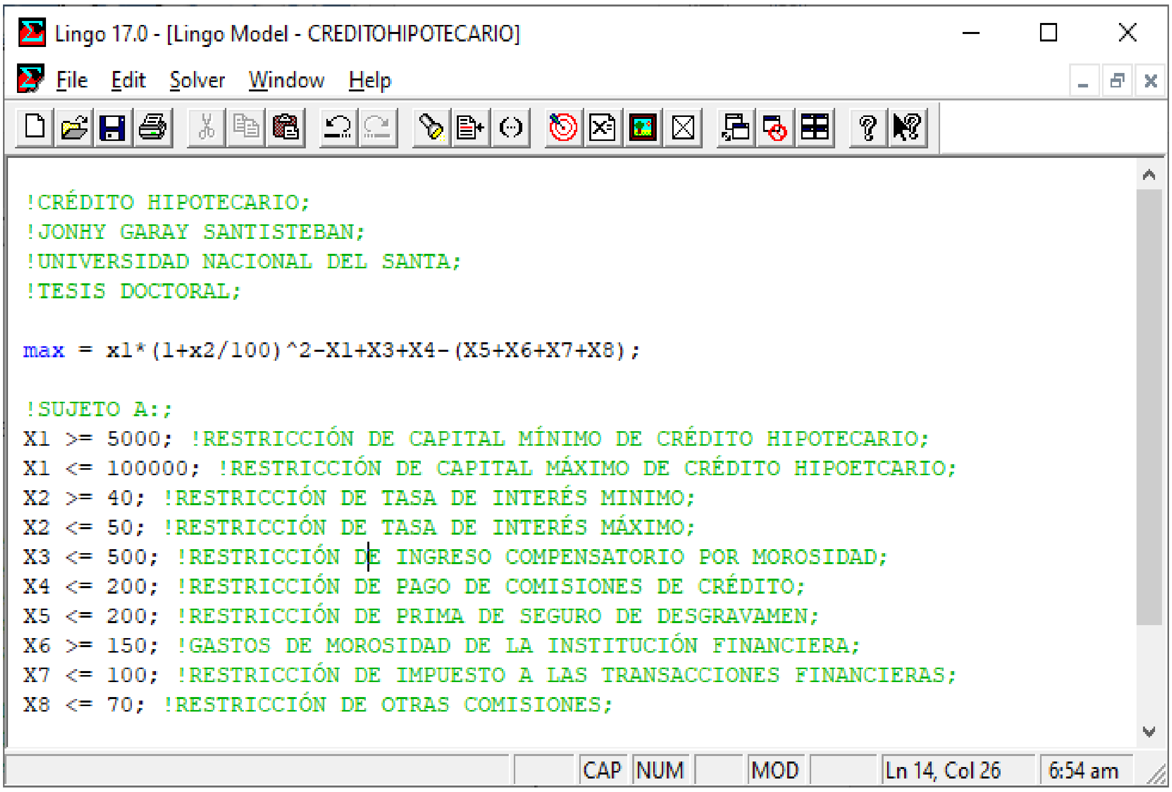

```
!CRÉDITO AGRARIO;
!JONHY GARAY SANTISTEBAN;
!UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA;
!TESIS DOCTORAL;


max = x1*(1+x2/100)^2-X1+X3+X4-(X5+X6+X7+X8);

!SUJETO A:;
X1 >= 300; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÍNIMO;
X1 <= 20000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÁXIMO;
X2 >= 30; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MINIMO;
X2 <= 40; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MÁXIMO;
X3 <= 300; !RESTRICCIÓN DE INGRESO COMPENSATORIO POR MOROSIDAD;
X4 <= 50; !RESTRICCIÓN DE PAGO DE COMISIONES DE CRÉDITO;
X5 <= 80; !RESTRICCIÓN DE PRIMA DE SEGURO DE DESGRAVAMEN;
X6 >= 20; !GASTOS DE MOROSIDAD DE LA INSTITUCIÓN FINANCIERA;
X7 <= 100; !RESTRICCIÓN DE IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES FINANCIERAS;
X8 <= 50; !RESTRICCIÓN DE OTRAS COMISIONES;
```

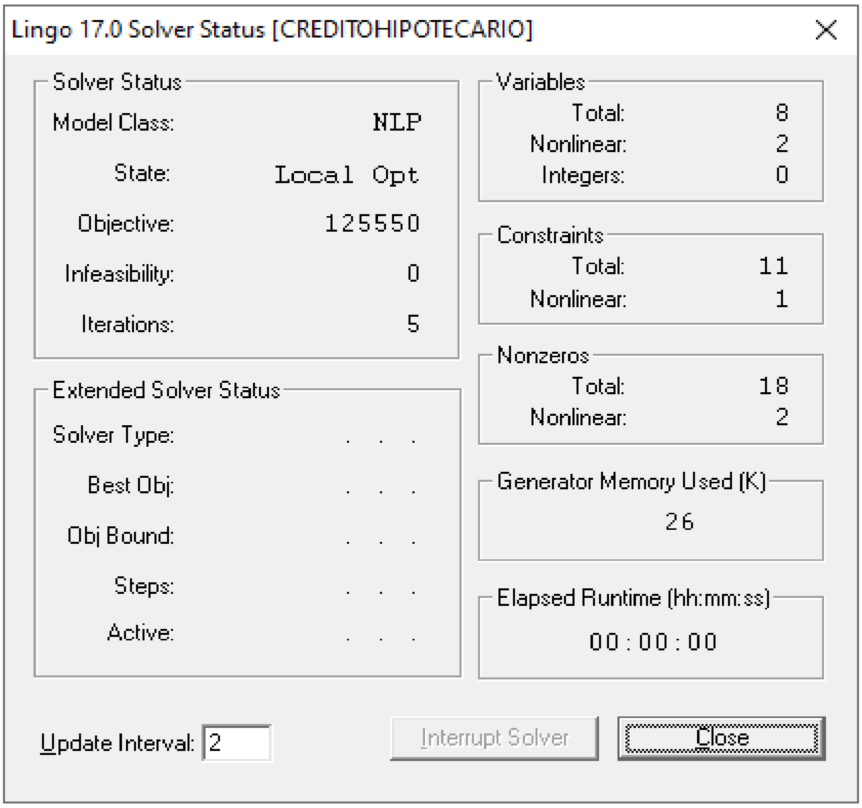



```
Local optimal solution found.
Objective value:                              19530.00
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             7
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2


                              Variable           Value        Reduced Cost
                                    X1        20000.00            0.000000
                                    X2        40.00000            0.000000
                                    X3        300.0000            0.000000
                                    X4        50.00000            0.000000
                                    X5        0.000000            1.000000
                                    X6        20.00000            0.000000
                                    X7        0.000000            1.000000
                                    X8        0.000000            1.000000

                                   Row    Slack or Surplus      Dual Price
                                     1        19530.00            1.000000
                                     2        19700.00            0.000000
                                     3        0.000000           0.9600000
                                     4        10.00000            0.000000
                                     5        0.000000            560.0000
                                     6        0.000000            1.000000
                                     7        0.000000            1.000000
                                     8        80.00000            0.000000
                                     9        0.000000           -1.000000
                                    10        100.0000            0.000000
                                    11        50.00000            0.000000
```

CRÉDITOS HIPOTECARIO

Resultado para Crédito menor a 100000 soles para periodo de dos años





Solution Report - CREDITOHIPOTECARIO

```
Local optimal solution found.
Objective value:                              125550.0
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             5
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2



                              Variable           Value        Reduced Cost
                                    X1        100000.0            0.000000
                                    X2        50.00000            0.000000
                                    X3        500.0000            0.000000
                                    X4        200.0000            0.000000
                                    X5        0.000000            1.000000
                                    X6        150.0000            0.000000
                                    X7        0.000000            1.000000
                                    X8        0.000000            1.000000

                                   Row    Slack or Surplus      Dual Price
                                     1        125550.0            1.000000
                                     2        95000.00            0.000000
                                     3        0.000000            1.250000
                                     4        10.00000            0.000000
                                     5        0.000000            3000.000
                                     6        0.000000            1.000000
                                     7        0.000000            1.000000
                                     8        200.0000            0.000000
                                     9        0.000000           -1.000000
                                    10        100.0000            0.000000
                                    11        70.00000            0.000000
```

Resultado para Crédito para tres años con monto máximo de 300000 soles

Lingo 17.0 - Lingo Model - CREDITOHIPOTECARIO

File Edit Solver Window Help

Lingo Model - CREDITOHIPOTECARIO

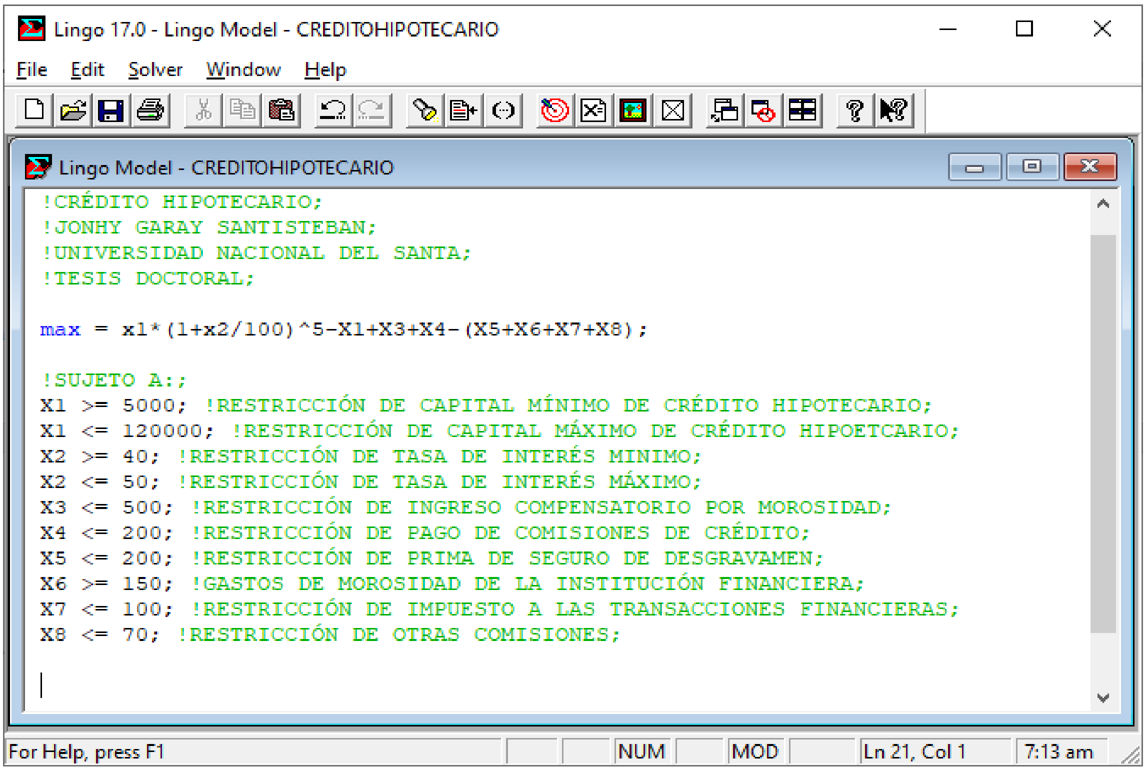
```
!CRÉDITO HIPOTECARIO;
!JONHY GARAY SANTISTEBAN;
!UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA;
!TESIS DOCTORAL;

max = x1*(1+x2/100)^3-X1+X3+X4-(X5+X6+X7+X8);

!SUJETO A:;
X1 >= 5000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÍNIMO DE CRÉDITO HIPOTECARIO;
X1 <= 300000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÁXIMO DE CRÉDITO HIPOETCARIO;
X2 >= 40; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MINIMO;
X2 <= 50; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MÁXIMO;
X3 <= 500; !RESTRICCIÓN DE INGRESO COMPENSATORIO POR MOROSIDAD;
X4 <= 200; !RESTRICCIÓN DE PAGO DE COMISIONES DE CRÉDITO;
X5 <= 200; !RESTRICCIÓN DE PRIMA DE SEGURO DE DESGRAVAMEN;
X6 >= 150; !GASTOS DE MOROSIDAD DE LA INSTITUCIÓN FINANCIERA;
X7 <= 100; !RESTRICCIÓN DE IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES FINANCIERAS;
X8 <= 70; !RESTRICCIÓN DE OTRAS COMISIONES;
```

For Help, press F1 | NUM | MOD | Ln 11, Col 8 | 7:10 am

Solution Report - CREDITOHIPOTECARIO

```
Local optimal solution found.
Objective value:                              713050.0
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             6
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2


                       Variable           Value        Reduced Cost
                             X1        300000.0            0.000000
                             X2        50.00000            0.000000
                             X3        500.0000            0.000000
                             X4        200.0000            0.000000
                             X5        0.000000            1.000000
                             X6        150.0000            0.000000
                             X7        0.000000            1.000000
                             X8        0.000000            1.000000

                            Row    Slack or Surplus      Dual Price
                              1        713050.0            1.000000
                              2        295000.0            0.000000
                              3        0.000000            2.375000
                              4        10.00000            0.000000
                              5        0.000000            20250.00
                              6        0.000000            1.000000
                              7        0.000000            1.000000
                              8        200.0000            0.000000
                              9        0.000000           -1.000000
                             10        100.0000            0.000000
                             11        70.00000            0.000000
```

Resultado para Crédito para tres años con monto promedio solicitado de 120000 soles para 5 años



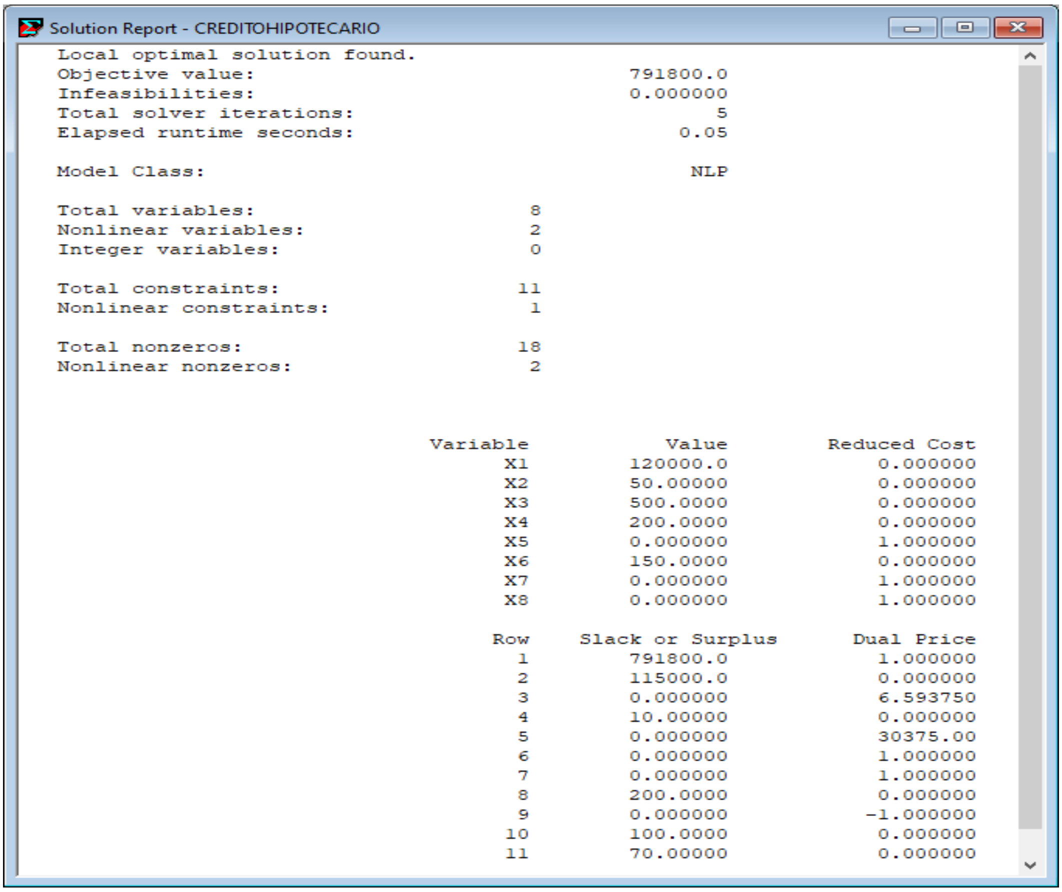
Lingo 17.0 - Lingo Model - CREDITOHIPOTECARIO

File Edit Solver Window Help

Lingo Model - CREDITOHIPOTECARIO

```
!CRÉDITO HIPOTECARIO;
!JONHY GARAY SANTISTEBAN;
!UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA;
!TESIS DOCTORAL;

max = x1*(1+x2/100)^5-X1+X3+X4-(X5+X6+X7+X8);

!SUJETO A:;
X1 >= 5000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÍNIMO DE CRÉDITO HIPOTECARIO;
X1 <= 120000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÁXIMO DE CRÉDITO HIPOETCARIO;
X2 >= 40; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MINIMO;
X2 <= 50; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MÁXIMO;
X3 <= 500; !RESTRICCIÓN DE INGRESO COMPENSATORIO POR MOROSIDAD;
X4 <= 200; !RESTRICCIÓN DE PAGO DE COMISIONES DE CRÉDITO;
X5 <= 200; !RESTRICCIÓN DE PRIMA DE SEGURO DE DESGRAVAMEN;
X6 >= 150; !GASTOS DE MOROSIDAD DE LA INSTITUCIÓN FINANCIERA;
X7 <= 100; !RESTRICCIÓN DE IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES FINANCIERAS;
X8 <= 70; !RESTRICCIÓN DE OTRAS COMISIONES;
```

For Help, press F1 | NUM | MOD | Ln 21, Col 1 | 7:13 am

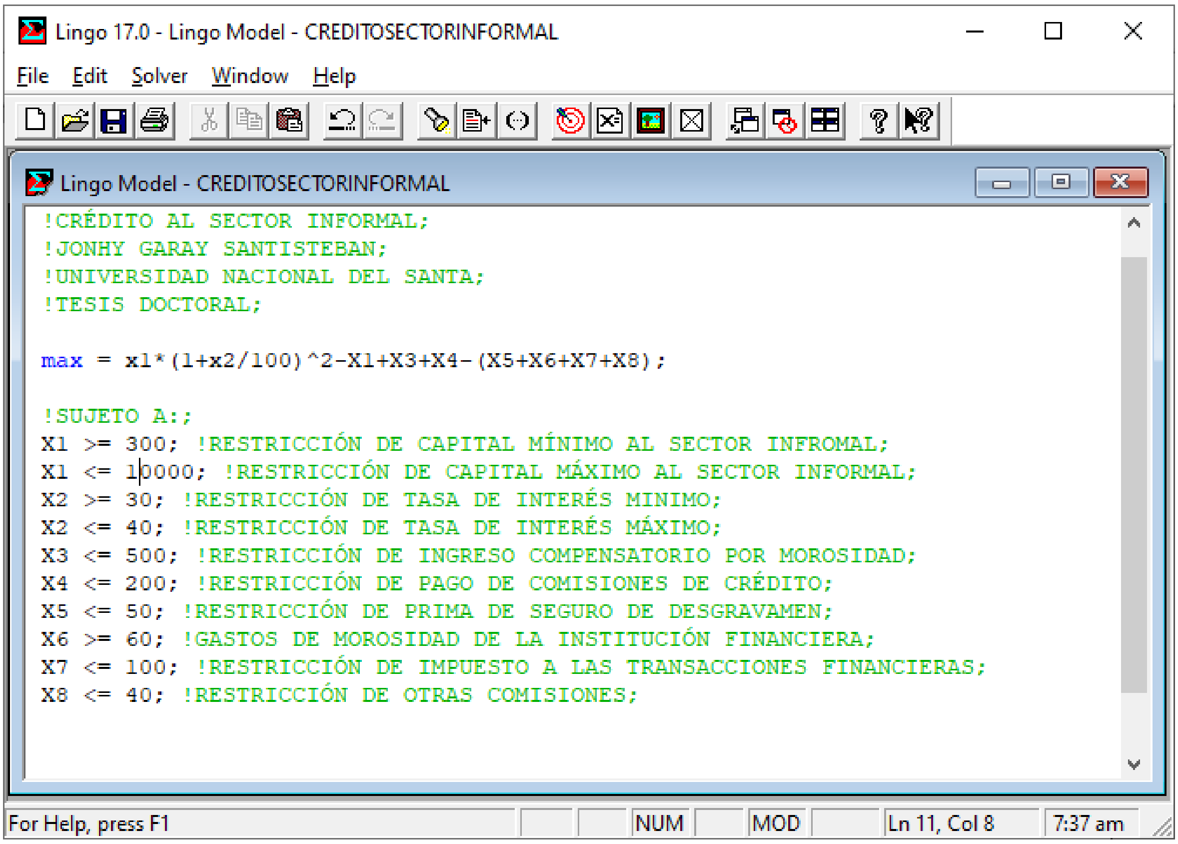


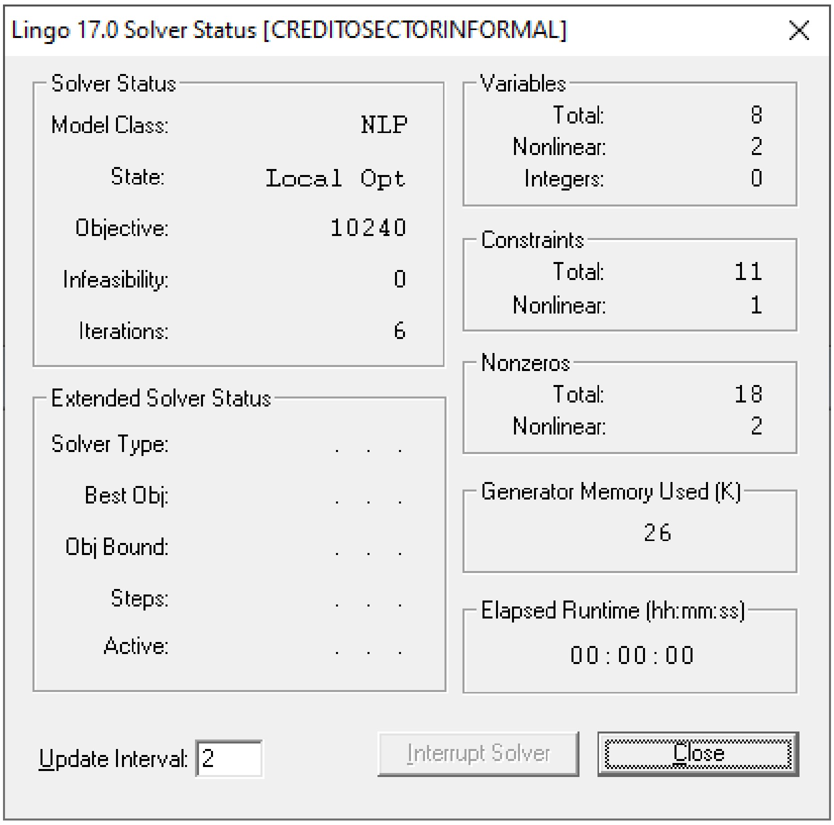
Solution Report - CREDITOHIPOTECARIO

```
Local optimal solution found.
Objective value:                              791800.0
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             5
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2


                       Variable           Value        Reduced Cost
                             X1        120000.0            0.000000
                             X2        50.00000            0.000000
                             X3        500.0000            0.000000
                             X4        200.0000            0.000000
                             X5        0.000000            1.000000
                             X6        150.0000            0.000000
                             X7        0.000000            1.000000
                             X8        0.000000            1.000000

                            Row    Slack or Surplus      Dual Price
                              1        791800.0            1.000000
                              2        115000.0            0.000000
                              3        0.000000            6.593750
                              4        10.00000            0.000000
                              5        0.000000            30375.00
                              6        0.000000            1.000000
                              7        0.000000            1.000000
                              8        200.0000            0.000000
                              9        0.000000           -1.000000
                             10        100.0000            0.000000
                             11        70.00000            0.000000
```

CRÉDITO AL SECTOR INFORMAL:

Resultado para Crédito de monto promedio solicitado a dos años





Solution Report - CREDITOSECTORINFORMAL

```
Local optimal solution found.
Objective value:                              10240.00
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             6
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2



                                Variable           Value        Reduced Cost
                                      X1        10000.00            0.000000
                                      X2        40.00000            0.000000
                                      X3        500.0000            0.000000
                                      X4        200.0000            0.000000
                                      X5        0.000000            1.000000
                                      X6        60.00000            0.000000
                                      X7        0.000000            1.000000
                                      X8        0.000000            1.000000

                                     Row    Slack or Surplus      Dual Price
                                       1        10240.00            1.000000
                                       2        9700.000            0.000000
                                       3        0.000000           0.9600000
                                       4        10.00000            0.000000
                                       5        0.000000            280.0000
                                       6        0.000000            1.000000
                                       7        0.000000            1.000000
                                       8        50.00000            0.000000
                                       9        0.000000           -1.000000
                                      10        100.0000            0.000000
                                      11        40.00000            0.000000
```

Resultado para Crédito de monto promedio a cinco años

Lingo 17.0 - Lingo Model - CREDITOSECTORINFORMAL

Lingo Model - CREDITOSECTORINFORMAL

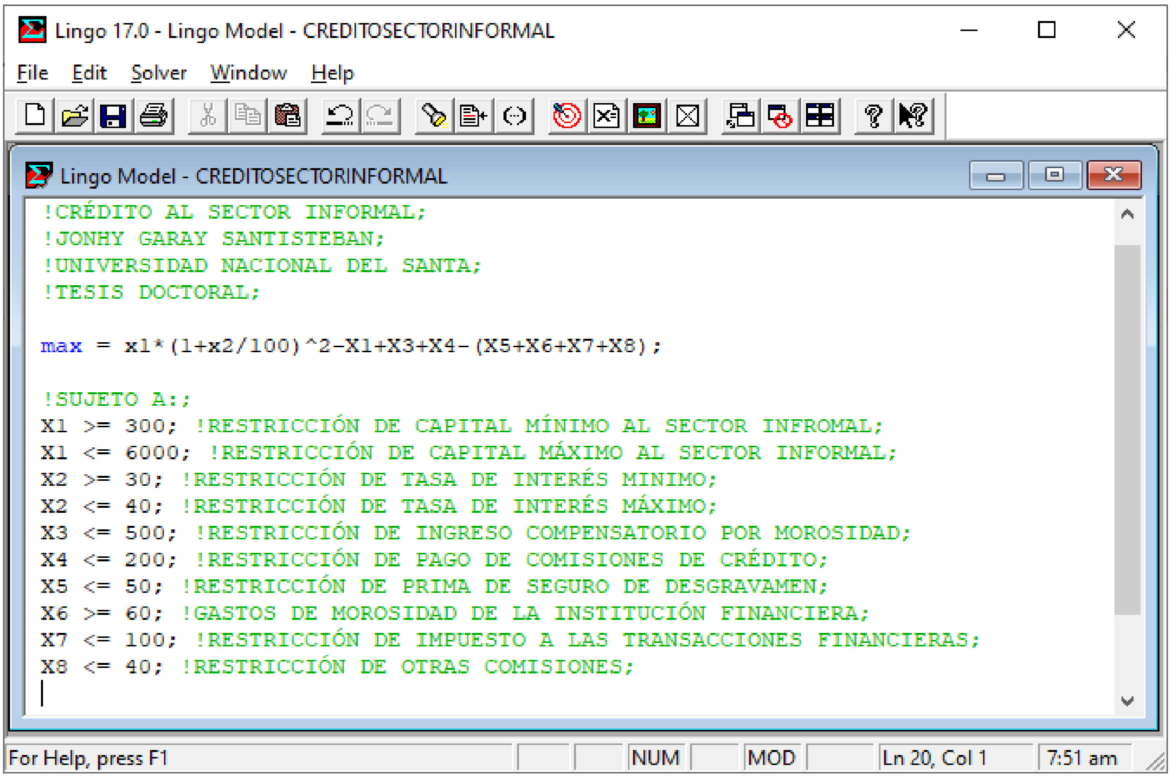
```
!CRÉDITO AL SECTOR INFORMAL;
!JONHY GARAY SANTISTEBAN;
!UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA;
!TESIS DOCTORAL;

max = x1*(1+x2/100)^5-X1+X3+X4-(X5+X6+X7+X8);

!SUJETO A:;
X1 >= 300; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÍNIMO AL SECTOR INFROMAL;
X1 <= 10000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÁXIMO AL SECTOR INFORMAL;
X2 >= 30; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MINIMO;
X2 <= 40; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MÁXIMO;
X3 <= 500; !RESTRICCIÓN DE INGRESO COMPENSATORIO POR MOROSIDAD;
X4 <= 200; !RESTRICCIÓN DE PAGO DE COMISIONES DE CRÉDITO;
X5 <= 50; !RESTRICCIÓN DE PRIMA DE SEGURO DE DESGRAVAMEN;
X6 >= 60; !GASTOS DE MOROSIDAD DE LA INSTITUCIÓN FINANCIERA;
X7 <= 100; !RESTRICCIÓN DE IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES FINANCIERAS;
X8 <= 40; !RESTRICCIÓN DE OTRAS COMISIONES;
```

For Help, press F1 | NUM | MOD | Ln 20, Col 1 | 7:45 am

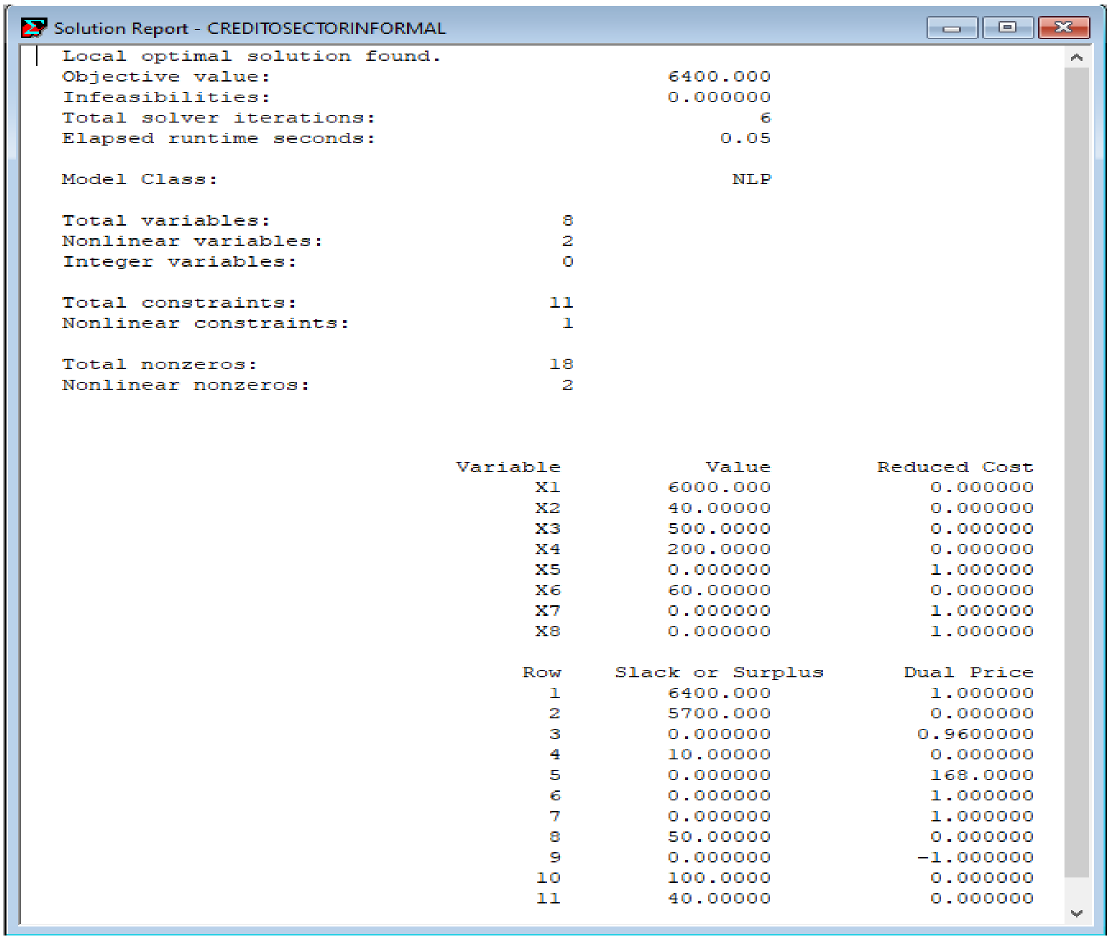
Solution Report - CREDITOSECTORINFORMAL

```
Local optimal solution found.
Objective value:                              44422.40
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             6
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2


                       Variable           Value        Reduced Cost
                             X1        10000.00            0.000000
                             X2        40.00000            0.000000
                             X3        500.0000            0.000000
                             X4        200.0000            0.000000
                             X5        0.000000            1.000000
                             X6        60.00000            0.000000
                             X7        0.000000            1.000000
                             X8        0.000000            1.000000

                            Row    Slack or Surplus      Dual Price
                              1        44422.40            1.000000
                              2        9700.000            0.000000
                              3        0.000000            4.378240
                              4        10.00000            0.000000
                              5        0.000000            1920.800
                              6        0.000000            1.000000
                              7        0.000000            1.000000
                              8        50.00000            0.000000
                              9        0.000000           -1.000000
                             10        100.0000            0.000000
                             11        40.00000            0.000000
```

Resultado para Crédito al sector informal monto mínimo 6000 soles a dos años



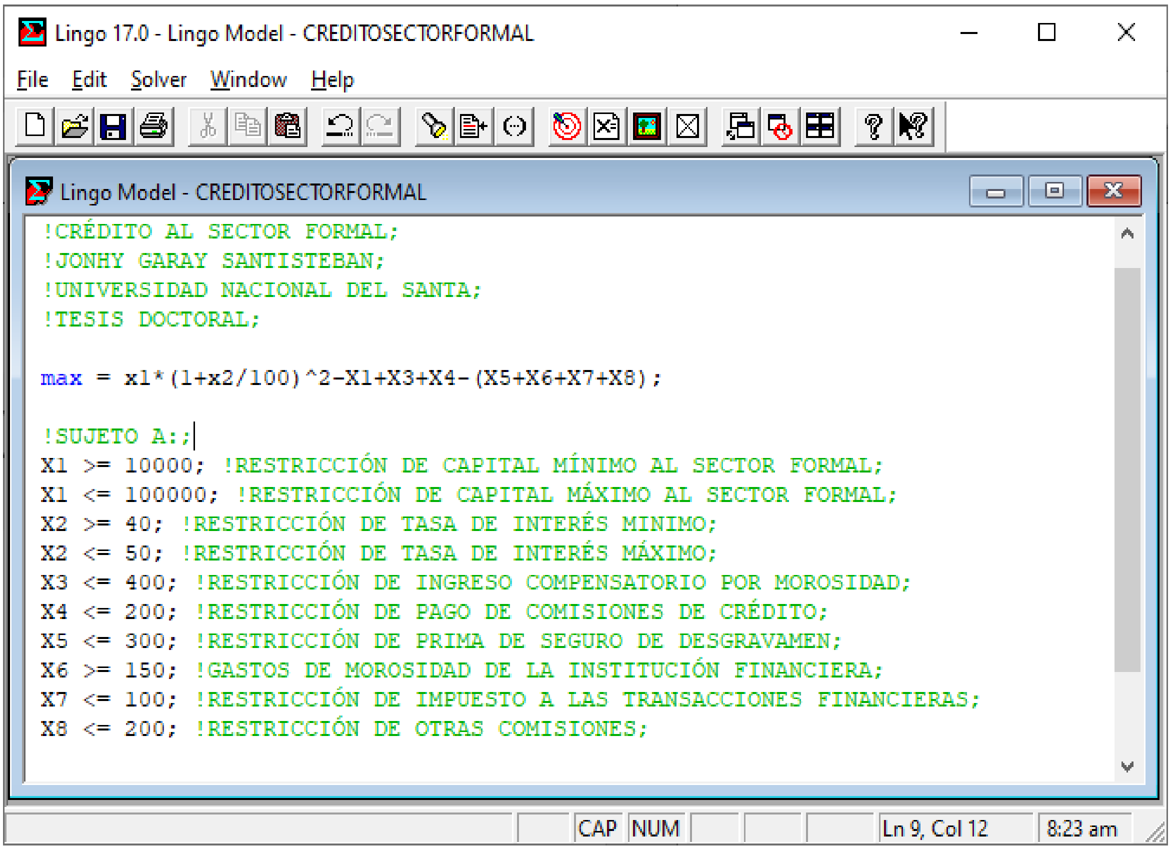
```
Lingo 17.0 - Lingo Model - CREDITOSECTORINFORMAL
File  Edit  Solver  Window  Help

Lingo Model - CREDITOSECTORINFORMAL
!CRÉDITO AL SECTOR INFORMAL;
!JONHY GARAY SANTISTEBAN;
!UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA;
!TESIS DOCTORAL;

max = x1*(1+x2/100)^2-X1+X3+X4-(X5+X6+X7+X8);

!SUJETO A:;
X1 >= 300; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÍNIMO AL SECTOR INFROMAL;
X1 <= 6000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÁXIMO AL SECTOR INFORMAL;
X2 >= 30; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MINIMO;
X2 <= 40; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MÁXIMO;
X3 <= 500; !RESTRICCIÓN DE INGRESO COMPENSATORIO POR MOROSIDAD;
X4 <= 200; !RESTRICCIÓN DE PAGO DE COMISIONES DE CRÉDITO;
X5 <= 50; !RESTRICCIÓN DE PRIMA DE SEGURO DE DESGRAVAMEN;
X6 >= 60; !GASTOS DE MOROSIDAD DE LA INSTITUCIÓN FINANCIERA;
X7 <= 100; !RESTRICCIÓN DE IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES FINANCIERAS;
X8 <= 40; !RESTRICCIÓN DE OTRAS COMISIONES;

For Help, press F1    NUM    MOD    Ln 20, Col 1    7:51 am
```

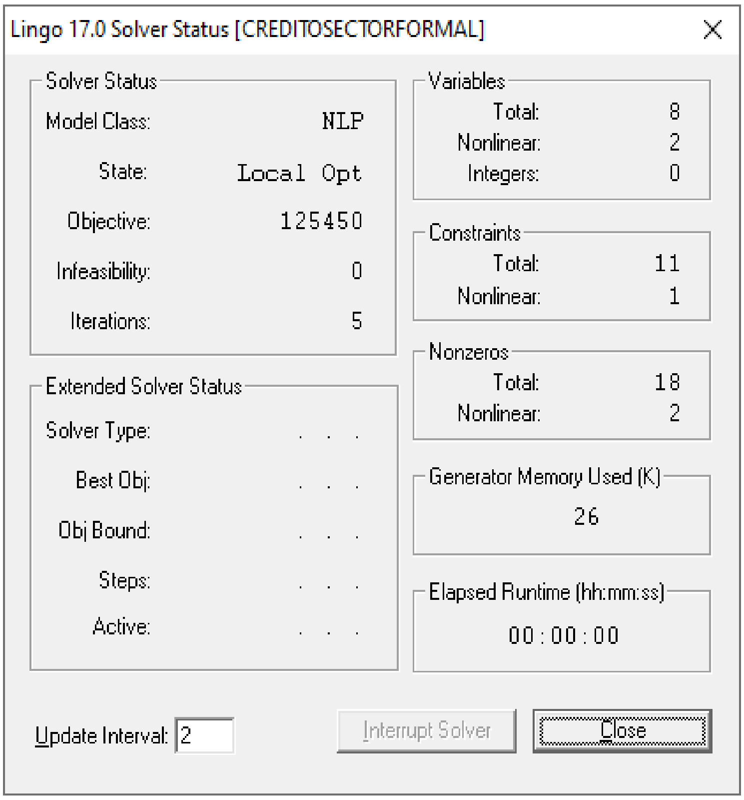


```
Solution Report - CREDITOSECTORINFORMAL
Local optimal solution found.
Objective value:                          6400.000
Infeasibilities:                          0.000000
Total solver iterations:                         6
Elapsed runtime seconds:                      0.05

Model Class:                                   NLP

Total variables:                    8
Nonlinear variables:                2
Integer variables:                  0

Total constraints:                 11
Nonlinear constraints:              1

Total nonzeros:                    18
Nonlinear nonzeros:                 2

                      Variable           Value        Reduced Cost
                            X1        6000.000            0.000000
                            X2        40.00000            0.000000
                            X3        500.0000            0.000000
                            X4        200.0000            0.000000
                            X5        0.000000            1.000000
                            X6        60.00000            0.000000
                            X7        0.000000            1.000000
                            X8        0.000000            1.000000

                           Row    Slack or Surplus      Dual Price
                             1        6400.000            1.000000
                             2        5700.000            0.000000
                             3        0.000000           0.9600000
                             4        10.00000            0.000000
                             5        0.000000            168.0000
                             6        0.000000            1.000000
                             7        0.000000            1.000000
                             8        50.00000            0.000000
                             9        0.000000           -1.000000
                            10        100.0000            0.000000
                            11        40.00000            0.000000
```

CRÉDITO AL SECTOR FORMAL

Resultado para Crédito promedio a dos años para 200000 soles





Solution Report - CREDITOSECTORFORMAL

```
Local optimal solution found.
Objective value:                              125450.0
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             5
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                     8
Nonlinear variables:                 2
Integer variables:                   0

Total constraints:                  11
Nonlinear constraints:               1

Total nonzeros:                     18
Nonlinear nonzeros:                  2
```

Variable	Value	Reduced Cost
X1	100000.0	0.000000
X2	50.00000	0.000000
X3	400.0000	0.000000
X4	200.0000	0.000000
X5	0.000000	1.000000
X6	150.0000	0.000000
X7	0.000000	1.000000
X8	0.000000	1.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	125450.0	1.000000
2	90000.00	0.000000
3	0.000000	1.250000
4	10.00000	0.000000
5	0.000000	3000.000
6	0.000000	1.000000
7	0.000000	1.000000
8	300.0000	0.000000
9	0.000000	-1.000000
10	100.0000	0.000000
11	200.0000	0.000000

Resultado para Crédito al sector formal monto mínimo de 50000 a 10 años

Lingo 17.0 - Lingo Model - CREDITOSECTORFORMAL

File Edit Solver Window Help

Lingo Model - CREDITOSECTORFORMAL

```
!CRÉDITO AL SECTOR FORMAL;
!JONHY GARAY SANTISTEBAN;
!UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA;
!TESIS DOCTORAL;

max = x1*(1+x2/100)^10-X1+X3+X4-(X5+X6+X7+X8);

!SUJETO A:;
X1 >= 10000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÍNIMO AL SECTOR FORMAL;
X1 <= 50000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÁXIMO AL SECTOR FORMAL;
X2 >= 40; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MINIMO;
X2 <= 50; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MÁXIMO;
X3 <= 400; !RESTRICCIÓN DE INGRESO COMPENSATORIO POR MOROSIDAD;
X4 <= 200; !RESTRICCIÓN DE PAGO DE COMISIONES DE CRÉDITO;
X5 <= 300; !RESTRICCIÓN DE PRIMA DE SEGURO DE DESGRAVAMEN;
X6 >= 150; !GASTOS DE MOROSIDAD DE LA INSTITUCIÓN FINANCIERA;
X7 <= 100; !RESTRICCIÓN DE IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES FINANCIERAS;
X8 <= 200; !RESTRICCIÓN DE OTRAS COMISIONES;
```

For Help, press F1 | CAP | NUM | MOD | Ln 20, Col 1 | 8:31 am

Solution Report - CREDITOSECTORFORMAL

```
Local optimal solution found.
Objective value:                              2833702.
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             5
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2


                              Variable           Value        Reduced Cost
                                    X1        50000.00            0.000000
                                    X2        50.00000            0.000000
                                    X3        400.0000            0.000000
                                    X4        200.0000            0.000000
                                    X5        0.000000            1.000000
                                    X6        150.0000            0.000000
                                    X7        0.000000            1.000000
                                    X8        0.000000            1.000000

                                   Row    Slack or Surplus      Dual Price
                                     1        2833702.            1.000000
                                     2        40000.00            0.000000
                                     3        0.000000            56.66504
                                     4        10.00000            0.000000
                                     5        0.000000            192216.8
                                     6        0.000000            1.000000
                                     7        0.000000            1.000000
                                     8        300.0000            0.000000
                                     9        0.000000           -1.000000
                                    10        100.0000            0.000000
                                    11        200.0000            0.000000
```

Resultado para Crédito al sector formal monto de 130000 a 7 años

Lingo 17.0 - Lingo Model - CREDITOSECTORFORMAL

File Edit Solver Window Help

Lingo Model - CREDITOSECTORFORMAL

```
!CRÉDITO AL SECTOR FORMAL;
!JONHY GARAY SANTISTEBAN;
!UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA;
!TESIS DOCTORAL;

max = x1*(1+x2/100)^7-X1+X3+X4-(X5+X6+X7+X8);

!SUJETO A:;
X1 >= 10000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÍNIMO AL SECTOR FORMAL;
X1 <= 130000; !RESTRICCIÓN DE CAPITAL MÁXIMO AL SECTOR FORMAL;
X2 >= 40; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MINIMO;
X2 <= 50; !RESTRICCIÓN DE TASA DE INTERÉS MÁXIMO;
X3 <= 400; !RESTRICCIÓN DE INGRESO COMPENSATORIO POR MOROSIDAD;
X4 <= 200; !RESTRICCIÓN DE PAGO DE COMISIONES DE CRÉDITO;
X5 <= 300; !RESTRICCIÓN DE PRIMA DE SEGURO DE DESGRAVAMEN;
X6 >= 150; !GASTOS DE MOROSIDAD DE LA INSTITUTION FINANCIERA;
X7 <= 100; !RESTRICCIÓN DE IMPUESTO A LAS TRANSACCIONES FINANCIERAS;
X8 <= 200; !RESTRICCIÓN DE OTRAS COMISIONES;
```

For Help, press F1 | NUM | MOD | Ln 20, Col 1 | 8:33 am

Solution Report - CREDITOSECTORFORMAL

```
Local optimal solution found.
Objective value:                              2091622.
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             5
Elapsed runtime seconds:                          0.05

Model Class:                                       NLP

Total variables:                      8
Nonlinear variables:                  2
Integer variables:                    0

Total constraints:                   11
Nonlinear constraints:                1

Total nonzeros:                      18
Nonlinear nonzeros:                   2


                              Variable           Value        Reduced Cost
                                    X1        130000.0            0.000000
                                    X2        50.00000            0.000000
                                    X3        400.0000            0.000000
                                    X4        200.0000            0.000000
                                    X5        0.000000            1.000000
                                    X6        150.0000            0.000000
                                    X7        0.000000            1.000000
                                    X8        0.000000            1.000000

                                   Row    Slack or Surplus      Dual Price
                                     1        2091622.            1.000000
                                     2        120000.0            0.000000
                                     3        0.000000            16.08594
                                     4        10.00000            0.000000
                                     5        0.000000            103654.7
                                     6        0.000000            1.000000
                                     7        0.000000            1.000000
                                     8        300.0000            0.000000
                                     9        0.000000           -1.000000
                                    10        100.0000            0.000000
                                    11        200.0000            0.000000
```

ANEXO 06

PORCENTAJE DE SIMILITUD DEL TURNITIN

Modelo matemático de programación no lineal para optimizar utilidades en los créditos en el sistema financiero

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	15%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorios.unimet.edu.ve Fuente de Internet	2%
3	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
4	scielo.cl Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repository.unipiloto.edu.co Fuente de Internet	1%

9	Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos Trabajo del estudiante	1 %
10	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
12	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
13	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
14	theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
15	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1 %
17	es.linkfang.org Fuente de Internet	<1 %
18	www.ub.edu Fuente de Internet	<1 %
19	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

20	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to unasam Trabajo del estudiante	<1 %
22	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
23	www.buenastareas.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	datospdf.com Fuente de Internet	<1 %
28	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %

31	www.cajasullana.pe Fuente de Internet	<1%
32	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	<1%
33	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1%
34	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
35	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
36	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		