

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO ACADEMICO
SECCION DE POSGRADO INGENIERIA



**Algoritmos Genéticos aplicados a la optimización de
los créditos en la Caja Sullana – Chimbote**

**Tesis para obtener el grado de Doctor en Ingeniería
Informática y de Sistemas**

Autor

Carrasco Alvarado, Wilmer Pasión

Asesor

Rodríguez Novoa, Francisco Elías

Chimbote – Perú

2020

PALABRAS CLAVE

Tema	Algoritmos Genéticos
Especialidad	Inteligencia Artificial

KEYWORDS

Theme	Genetic Algorithms
Specialty	Artificial Intelligence

LÍNEA DE INVESTIGACION

Línea	Ingeniería de Software
Área	Ingeniería y tecnología
Sub área	Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática
Disciplina	Ingeniería de Sistemas y Comunicaciones

TÍTULO

**Algoritmos Genéticos aplicados a la optimización de los créditos de la Caja
Sullana-Chimbote**

RESUMEN

La investigación abordó el problema de la optimización de los principales créditos en la Caja Sullana en la ciudad de Chimbote, 2018; tuvo como objetivo modelar matemáticamente los créditos aplicando algoritmos genéticos para optimizar las utilidades de los créditos en la institución financiera; la hipótesis del estudio es implícita. La investigación de tipo aplicada, con diseño no experimental descriptivo y propositiva. Como resultado del modelamiento matemático de los créditos se obtuvo como resultado un modelo de programación matemática de los créditos de la Caja Sullana, Chimbote mediante los Algoritmos Genéticos que contribuye a la optimización de las utilidades de los créditos en lo empresarial, agrícola, pesca, vehicular y comercial.

ABSTRACT

The research addressed the problem of optimization of the main credits in Caja Sullana in the city of Chimbote, 2018; its objective was to model the credits mathematically by applying genetic algorithms to optimize the profits of the credits in the financial institution; The study hypothesis is implicit. Applied type research, with descriptive and purposeful non-experimental design. As a result of the mathematical modeling of the credits, a mathematical programming model of the credits of Caja Sullana, Chimbote was obtained as a result of the Genetic Algorithms that contribute to the optimization of the utilities of the credits in business, agriculture, fishing, vehicles and commercial.

INDICE

PALABRAS CLAVE	i
TÍTULO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA DE TRABAJO	18
3. RESULTADOS	19
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	48
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53

1. INTRODUCCIÓN

Rosero (2006) desarrollo y propuso procesos alternativos que apunten a tomar decisiones crediticias en beneficio del cliente y del banco. Concluyó que en un mercado competitivo, aplicar estrategias benefician a los clientes en los diferentes segmentos dado a la demanda fragmentada, la similitud entre los bancos se vincula a la oferta de productos y servicios. Para llegar a la meta y objetivos planteados por la dirección se debe atender en los tiempos establecidos y de manera eficiente evitando de esta manera costos bajos, baja productividad, limitación de generación de ingresos de los intereses, se optimizó la fluidez en beneficio al banco y su cartera de clientes, desarrollar mejores relaciones comerciales en plazos mediano y largo, de tal manera que consolido las relaciones y estrategias comerciales para potenciar en el futuro mejores negociaciones.

Cifuentes (2007) en su estudio a fin de atender eficientemente los créditos solicitados por clientes mejoró el proceso de créditos del segmento personal mediante la optimización y automatización. Como resultado asevera que los créditos con garantías hipotecarias y personal fueron las de mayor demanda, representando el 80% de los otros créditos aplicando la estrategia de eliminación de duplicidad e incrementos como valor agregado se logró la optimización de los créditos con lo cual se incremento actividades que agregaron valor para créditos personal a 17% en tiempo de respuesta a 4 días y las de hipotecaria al 15%.

Barboza (2014) utilizó algoritmos evolutivos para implementar un algoritmo genético en las finanzas que optimice el desempeño de estrategias del rompimiento diario en el mercado de divisas. Para tal fin aplico NSGA – II y SPEA2 en la estrategia de inversión; maximizando la rentabilidad y minimizando la pérdida mayor para la conversión de divisas extranjeras, en tiempos de menos demanda de divisas. Con la evaluación se compara la ganancia y pérdida obtenidas con la estrategia de “Buy and hold” lo cual fue posible con el entrenamiento de la aplicación en diferentes momentos del movimiento de divisas.

Martínez (2016) creó un modelo de simulación de simulación para analizar las posibles alternativas de inversión en una empresa farmacéutica; valor, liquidez, rentabilidad y solvencia, para evitar cualquier riesgo por falta de liquidez. Demostró que para tener cuenta con equilibrio económico y financiero exige una estructura de capital óptimo desde el valor del mercado al modelo de Modigliani – Miller, el cual incorpora costos de aplacamiento relacionados con la quiebra e insolvencia financiera, así mismo, revisar y controlar periódicamente en el tiempo la valoración de cambios, atendiendo a los beneficios generados, así como también la necesidad de inversión, particularidades del sector y la magnitud del riesgo. Lo importante recae en la optimización de las inversiones, y la buena gestión en cuantos a sus activos y pasivos.

Importante el estudio que realizo Ramos (2017) implemento una solución, bajo el enfoque de la inteligencia artificial, herramienta que sirvió para analizar el riesgo crediticio de acuerdo al modelo de rating. Al aplicó específicamente el clustering jerárquico del tipo aglomerativo. Con el cual se logró adaptar parámetros para un modelo de puntuaciones y los riesgos clasificados según su homogeneidad, así como el rating de crédito. A diferencia de otras técnicas es de fácil interpretación del experto humano

La presente investigación se justifica socialmente porque sirve para alcanzar modelamientos matemáticos por cada tipo de crédito, para que posteriormente sean programados basados en los Algoritmos genéticos, a beneficiar a la gestión y posteriormente a la integralidad en cuestiones financieras.

Por otra parte, científicamente aporta conocimientos teóricos pertinentes en temas de optimización aplicando Algoritmos Genéticos, fundamentos teóricos de computación e informática, y de los cálculos de los créditos financieros aplicados en la institución financiera en estudio.

Técnicamente se justifica debido a que existen los métodos teóricos y científicos de resolverlos aplicando algoritmos genéticos, además existen los medios computacionales para poder implementarlo. Económicamente permitirá optimizar las utilidades de la Caja Sullana generando rentabilidad y minimizar las pérdidas por mala asignación de crédito. Financieramente por que el banco está en la capacidad de poder invertir el proyecto de tesis, así como financiar el desarrollo e implementación del

futuro software de optimización basado en algoritmos genéticos. Legalmente se adecuará y cumplirá todas las restricciones normativas prescritas por la entidad bancaria y las impuestas por la superintendencia de bancos y seguros, así como también por el estado a través del Ministerio de Economía y Finanzas.

El comportamiento de la demanda de préstamos en sus diversos tipos, no permite tomar decisiones óptimas debido a su complejidad, se desconoce qué cantidad de dinero, el periodo de préstamo y el factor riesgo de cada cliente en cada sector con la finalidad de maximizar las utilidades, generando grandes pérdidas de dinero al banco por concepto de dejar de ganar intereses de préstamo, por dinero en bóveda o stock y mal préstamo cuando el cliente no devuelve el dinero y los correspondientes intereses en el plazo pactado con los clientes en cada sector.

La problemática en las empresas de créditos se presenta en la asignación inadecuada de los préstamos de los recursos financieros en los diversos tipos de préstamos que realiza la Caja Sullana, en el sentido que de no tener un sistema o modelo matemático computarizado que permita reportar la información precisa para la buena toma de decisiones. Por lo consiguiente el aplicar los algoritmos genéticos , técnica que consiste en la abstracción en lo biológico de evolución natural, se aplica en las diferentes actividades y operaciones crediticias, para este caso en los préstamos que realiza la Caja Sullana .

¿Cómo modelar la programación matemática de los créditos de la Caja Sullana - Chimbote 2018, basado en Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades?

Crédito. las instituciones financieras consideran que los créditos son la financiación que requiere una persona natural o jurídica para realizar compras, inversiones en la producción de bienes o servicios. Así mismo, el uso del dinero está vinculado con el mecanismo del crédito, se clasifican según la Superintendencia de Banca y Seguros (SBS, 2015)

Riesgo. El otorgamiento de crédito financiero en sus diferentes modalidades tiene un significado negativo, que afectan a las instituciones prestadoras. Al cual son propensas y lo toman como peligro, daño siniestro o pérdida. A pesar de esto, forma parte inevitable del proceso de toma de decisiones en general y de los procesos de inversión particular. En los sistemas financieros el riesgo se vincula con las pérdidas potenciales que se pueden sufrir en un portafolio de inversión. (Álvarez, 1999, p.17). “Riesgo de crédito: puede definirse simplemente como la pérdida potencial ocasionada por el hecho de que un deudor o contraparte incumpla con sus obligaciones de acuerdo con los términos establecidos”. (De Lara, 2008). Se presenta una situación de incumplimiento de compromisos de las contrapartes, las obligaciones no se cumplen.

Algoritmos genéticos. Métodos de la inteligencia artificial cuyo propósito está enfocado a la optimización de situaciones problemas y encontrar soluciones en mejora de las actividades que genera producción. Muy similar a la evolución biológica se codifican con cromosomas y se aplican sobre los elementos de la población de estudio, en ese aspecto “de debe considerar que un algoritmo es muy independiente del problema cual fuese el caso, lo cual le hace robusto, por ser útil en cualquier problema, no obstante, débil, pues no está especializado en ninguno tipo”. (Muñoz, 2005)

Los algoritmos genéticos proceden imitando el comportamiento evolutivo de los individuos vivientes. En la evolución los mejores individuos sobreviven y éstos generan nuevos individuos que formarán parte de la nueva población en el ciclo evolutivo. Los Algoritmos Genéticos son ciegos, solo necesitan una codificación de entrada y una función objetivo para evaluar su bondad como posible solución al problema. Comienzan con una población inicial de individuos, representados por cadenas (strings) de acuerdo a la codificación utilizada (Koza, 1992). En su rol de modelo de aprendizaje su comportamiento esta desarrollado al entrenamiento que se realiza con la población codificada en cromosomas con sus genes característicos de su ADN. “la población esta constituidos por individuos con características similares que son sometidos a una evolución. Que, de acuerdo a Darwin, hecho por los principios de mutación y selección”. (Koza,1992)

La nueva población generacional aparece en el proceso de selección en función de los valores de fitness, en la selección se toman cromosomas de padre y madre, ambos contribuyen con la carga genética en la generación de la nueva población, asimismo, también se rechazan siendo necesario mantener lo posible la misma población. En los Algoritmos Genéticos, los cromosomas con mejor valor de fitness tienen alta probabilidad de ser seleccionados. Como producto del cruzamiento se tendrán mejores cromosomas del cual se especula sea una solución esperada para optimizar la población de estudio. Bajo esta perspectiva se presentan una variedad de posibilidades para buscar y mejorar los cromosomas. En ese sentido Goldberg (1989) sustenta que los algoritmos operan sobre soluciones codificadas, donde se aplican el método de aceptación y rechazo de cromosomas.

Población: Conjunto total de individuos o cromosomas dentro de una función de optimización. El tamaño de la población debe ser lo suficiente para una buena búsqueda y no presentarse problemas con el costo del entrenamiento computacional (Koza,1992)

Población Inicial: Se selecciona generando ristra al azar, con la posibilidad de contener cada gen uno de los posibles valores del alfabeto con probabilidad uniforme.

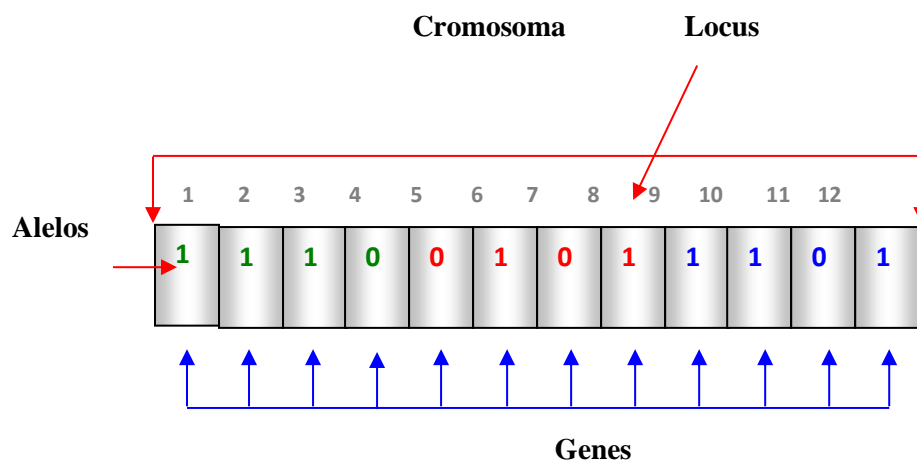


Figura 1. Elementos de un Cromosoma
Fuente: Adaptation in Natural and Artificial, Systems

Fitness. Es el estado físico de un individuo. Esto es, el beneficio, utilidad o bondad de la solución que represente ese individuo o cromosoma. Es usado para aplicar presión en la selección de la población en un modelo darwiniano de supervivencia. (Koza, 1992). Así mismo, afirma que la función de fitness debe considerar la minimización y maximización. Evitar soluciones no factibles, evitando que los individuos no perduren en el tiempo.

Gen: Unidad básica de un cromosoma. Es parte de la solución.

Locus: Posición del gen dentro del cromosoma

Alelos: Valor del gen que generalmente puede ser cero o uno si se usa representación binaria.

Genotipo: Solución codificada (Estructura interna). En el programa generalmente están representados por números binarios.

Fenotipo: Solución decodificada (Estructura externa). En el programa están representados por números reales.

Genoma: Conjunto de la totalidad de material (todos los cromosomas 46 en el hombre)

Los Algoritmos Genéticos se caracterizan por ser estocásticos o probabilísticos. Realizan búsquedas múltiples para arrojar diversas soluciones. Barren un mayor subespacio para encontrar soluciones con validez. Es excelente cuando se trata de descartar subespacios malos. En ese sentido el optimizar está relacionada con la función que representa los datos.

Los algoritmos genéticos se caracterizan por ser intrínsecamente paralelos. En otras palabras, independientemente de lo implementado de manera paralela o no, estos buscan en distintos puntos del espacio de soluciones de forma paralela.

Operadores genéticos. Permiten crear nueva variedad de hijos de la misma manera como lo planteó Darwin

Tabla 1.
Explicación de los elementos de un Algoritmo Genético

Algoritmos Genéticos	Explicación
Cromosoma (cadena, individuo)	Solución
Genes (bits)	Elemento de la solución
Locus	ubicación del gen
Alelos	Valores del gen
Fenotipo	Decodificación
Genotipo	Codificación

Fuente: sedici.unlp.edu.ar

Un algoritmo genético necesita de la definición de los operadores de inicialización, así mismo, del crossover, y mutación según sea el tipo de data utilizado en los cromosomas. Los operadores genéticos de un Algoritmo Genético son los siguientes:

Selección. Consiste de un conjunto de individuos o cromosomas seleccionarlos con ciertas características de adaptación para reproducirlos. Golberg (2003) propone que antes de aplicar los operadores genéticos es necesario previamente seleccionar los individuos de la población, la cual se clasifica en:

Espacio de muestreo. En el proceso de la optimización resulta del entrenamiento de los cruzamientos agregándose en cada caso las mejores muestras para generar nuevas poblaciones que abarque a padres e hijos en su totalidad o parcialmente. Salto (2000)

Mecanismos de muestreo: se vincula directamente con el problema en la manera de seleccionar los cromosomas, se menciona al muestreo estocásticos, determinísticos y mixtos. En lo que al estocástico se caracteriza por el número de copias en cada cromosoma con posibilidades de supervivencia. Relacionando los valores esperados de los hijos y el número de ellos.

$$P_k = \frac{f_k}{\sum_{j=1}^{pop_size} f_j}$$

Reproducción. Cruzamiento o crossover, etapa en la cual el operador de reproducción transfiere la herencia genética a la siguiente generación. La búsqueda de soluciones optimas se realiza aplicando algoritmos iniciándose de cromosomas padres, que estos hereden a sus hijos características de sus progenitores. (cibertesis.uni.edu.pe). En la figura 2, el cromosoma padre 1 y el cromosoma padre 2 tienen 12 genes, el cruzamiento se da en el gen 07, generando los cromosomas Hijo1 y cromosoma Hijo2. Se observa también la combinación de genes por cada hijo son diferentes por cada hijo.

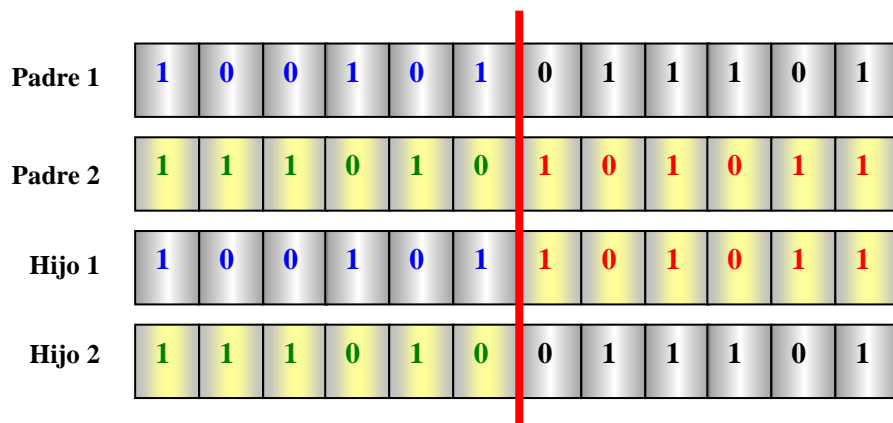


Figura 2. Cruzamiento Monopunto

Fuente: Adaptation in Natural and Artificial, Systems

Cruzamiento multipunto: En este caso el operador elimina la restricción que pasen al hijo el primer y último bloque de uno de los padres. Para evitar esa situación se toman M puntos de corte al azar, para que de manera alternada las secciones de los padres pasen a los hijos. En la figura 3 el cromosoma padre 1 y el cromosoma padre 2 tienen 12 genes, se realizan dos cruzamientos en los genes 05 y 09, generando los cromosomas Hijo1 y cromosoma Hijo2.

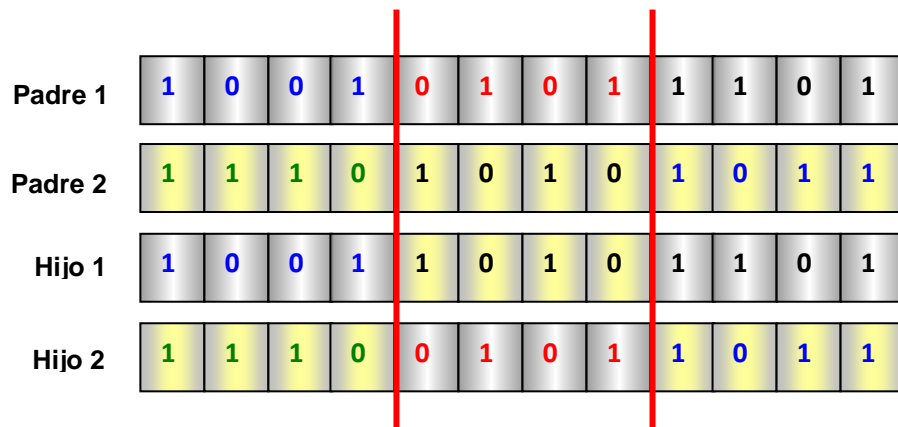


Figura 3. Cruzamiento Multipunto
Fuente: Adaptation in Natural and Artificial, Systems

Cruzamiento uniforme. mejora la deficiencia presentada en el multipunto, intercambiando los bloques independientemente del orden de la codificación impuesta a los cromosomas. Cada posición de los hijos es elegida al azar los bloques de los cromosomas de los padres a copiar en los hijos

Mutación. Consiste en producir cambios de forma aleatoria en uno o más cromosomas de manera alternada.

Codificación del problema. Para hallar una mejora de una población, se codifica cada cromosoma, que según holland específica, que se realiza a través de cadenas binarias, de compleja representación dado que en su esencia natural tiene una codificación complicada. Si bien es cierto existen varias técnicas de codificación. Una buena representación permite resolver problemas reales, exige un análisis riguroso para alcanzar una representación para encontrar una solución aplicando operadores genéticos en los genotipos (Salto, 2000).

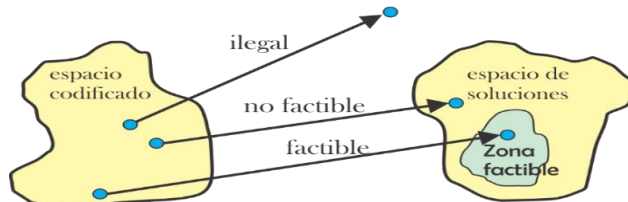
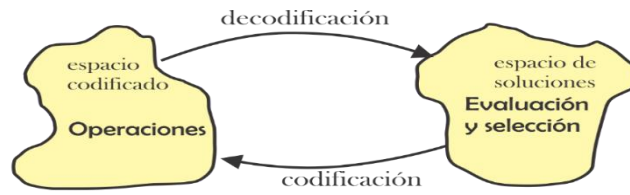


Figura 4. Codificación y decodificación

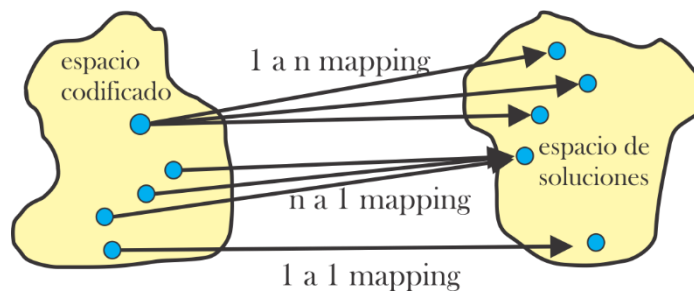


Figura 5. Transformación de cromosomas a soluciones

Estructura computacional de un algoritmo genético

Función Objetivo. Los algoritmos genéticos generalmente maximizan la función objetivo, los problemas de minimización pueden ser transformados de la siguiente manera:

$$\min f(x) = \max g(x) = \max\{-f(x)\}$$

Inicialización. El algoritmo genético empieza en crear una población inicial, ésta se crea aleatoriamente, para ello se usa un generador de números. En el caso computacional se debe crear un algoritmo o programa generador de números aleatorios para crear la población inicial. Típicamente se usan las funciones de densidad de probabilidad uniforme. Meta Típica: Seleccionar una población inicial

que ambos tengan cualidad y diversidad. Tamaño binario de la población y Longitud de cada cromosoma

Distancia entre Cromosomas: Dentro del espacio de búsqueda se deben seleccionar cromosomas que estén ubicados a cierta distancia una de otra. El cálculo de la distancia está dada por la siguiente formula: $d = \frac{x_{max} - x_{min}}{2^{Len} - 1} < TOL$

Longitud del Cromosoma: Indica el número de genes o números binarios que debe tener el cromosoma para obtener una determinada precisión en la solución.

$$Len = \left\lceil \log_2 \left(1 + \frac{x_{max} - x_{min}}{TOL} \right) \right\rceil$$

Conversión de Cadena a Número Real de un Cromosoma. Un cromosoma se codifica con números binarios, esto es con ceros y unos y constituye su genotipo, para conocer su valor se debe convertir dicho valor binario a un número decimal, la cual constituye su fenotipo. Esto se obtiene mediante la siguiente formula:

$$X(v) = x_{min} + \text{bin}_2\text{dec}(v) \cdot \frac{x_{max} - x_{min}}{2^{Len} - 1}$$

Si el dominio de la variable x_j es $[a_j, b_j]$ y la precisión requerida es 6 dígitos después del punto decimal entonces el rango del dominio debe ser dividido en al menos $(b_j - a_j) * 10^6$ rangos de igual tamaño. Los bits requeridos (m_j) serán:

$$2^{m_j} < (b_j - a_j) * 10^6 \leq 2^{m_j} - 1$$

Numero de Bits Requeridos. Sirve para calcular la cantidad de bits requeridos por cada cromosoma

$$\text{nbits} = \left\lceil \frac{\ln \left(\frac{x_{max} - x_{min}}{\Delta x} \right)}{\ln 2} \right\rceil$$

Dónde:

$$\Delta x = \left(\frac{x_{max} - x_{min}}{2^{\text{nbits}}} \right)$$

Selección. La probabilidad de ser seleccionado de cada cromosoma o individuo es proporcional a su fitness o adaptabilidad. Puede obtener mediante la siguiente formula: Es la probabilidad de que cada cromosoma sea seleccionado

$$p_k = \frac{Eval(v_k)}{\sum_{i=1}^n Eval(v_k)}$$

Donde Eval(V_k) es el valor de la evaluación de la aptitud del cromosoma k y n es el tamaño de la población seleccionada.

Probabilidad Acumulada q_k de cada Cromosoma. Para simular el funcionamiento de la ruleta se debe generar un número aleatorio y definir una nueva probabilidad, llamada probabilidad de selección acumulada.

$$q_k = \sum_{j=1}^k p_j$$

Procedimiento de Selección:

Paso 01: Generar n o tamaño de la población con números aleatorios r en $[0,1]$.

Paso 02: Si $r \leq q_1$, entonces seleccionar el primer cromosoma v_1 ; sino seleccionar el k cromosoma tal que:

$$q_{k-1} < r < q_k.$$

Cruzamiento o Crossover. Un operador de cruzamiento que combina linealmente dos vectores de cromosomas padres produce dos nuevos hijos de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$Hijo_1 = a * padre_1 + (1 + a) * padre_2$$

$$Hijo_2 = (1 - a) * padre_1 + a * padre_2$$

Donde a es un factor de peso aleatorio escogido después de cada operación de cruzamiento. Un operador de cruzamiento que usa los valores de fitness de los dos cromosomas padres para determinar la dirección de búsqueda. Los hijos son creados de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$Hijo_1 = mejorpadre + r * (mejorpadre - peorpadre)$$

$Hijo_2 = mejorpadre$

Dónde: r: Es un número aleatorio entre 0 y 1. Mejorpadre: Cromosoma con mayor Fitness- Peorpadre: Cromosoma con menor Fitness. Hijo1: Cromosoma a obtenerse después del cruzamiento. Hijo2: Cromosoma a obtenerse después del cruzamiento

Procedimiento de cruce:

```
{
  k <= 0;
do
  {
    rk <= número aleatorio en [0,1];
    if (rk < pc)
      {
        Seleccionar  $v_k$  como un padre;
      }
    k <= k+1;
  }while(k <= n );
}
```

Mutación

En la siguiente figura se muestra en la parte superior un cromosoma inicial sin mutación, este mismo cromosoma muta su valor contenido en el gen número nueve, cambiando su valor de uno a cero.

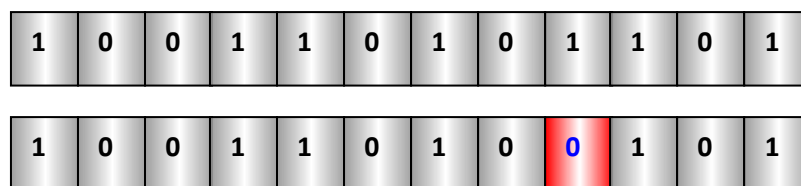


Figura 6. Mutación de un Cromosoma en un Gen

Para una población de cromosomas, definido como $x_{i,g}$ al valor de la característica g del cromosoma i : se tiene que $g = 1, \dots, k$. además el valor de $i = 1, \dots, n$; por lo consiguiente el carácter puede mantener su valor o transformarse en el otro valor del rango de la variable binaria X_g .

Si la probabilidad que, el carácter cambie su valor es μ , entonces, en este caso el operador mutación, m , sería:

$m: x_{ig} \rightarrow R_g$, tal que:

$$P[m(x_{i,g}) = x_{i,g}] = 1 - u$$

$$P[m(x_{i,g}) \neq x_{i,g}] = u$$

La probabilidad de que cambie el valor del alelo de un cromosoma durante una mutación es proporcional a la probabilidad de que no cambie su valor.

Pseudocódigo. el Pseudocódigo de la programación general de un algoritmo genético, indica los procesos principales del algoritmo tal como iniciar el programa, iniciar la población, evaluar la población, seleccionar, recombinar o cruzar, mutar, evaluar y finalizar el programa.

Tabla 2.
Pseudocódigo de un Algoritmo Genético

PSEUDOCODIGO	COMENTARIO
Iniciar	Poner número de población a cero
$I = 0$	Inicializar una población usualmente aleatoria de individuos
Iniciar Población $P(0)$	Evaluar el fitness de todos los individuos de la población
Evaluar $P(0)$	Prueba de finalización de criterio (tiempo, fitness, etc.)
Mientras (no se optimiza) hacer	Bucle iterativo o repetitivo
Begin	Inicio de bucle
$i = i + 1$	Incrementar el número de población
Seleccionar $P(i)$ from $P(i-1)$	seleccionar una sub-población de hijos para la reproducción
Recombinar $P(i)$	Recombinar los genes de los padres seleccionados
mutar $P(i)$	Proceso estocástico de mutación
Evaluar $P(i)$	evaluar nuevo Fitness
Fin	Fin del pseudo código

Programación Matemática. La programación matemática es excelente técnica para un modelado en el proceso de toma de decisiones. Mas aun, cuando se tiene que resolver un problema de este tipo. Se debe identificar todas las posibles decisiones a tomar en la empresa. Primero identificar todas las posibles soluciones, para identificar las variables de la situación problema específico, luego determinar cuáles decisiones son admisibles. Finalmente, se calcula el coste/beneficio asociado a cada decisión admisible. (Membreño, s.f.)

Programación Lineal. La programación lineal tiene como capacidad de manejar cientos de miles de variables de decisión y restricciones, y la enorme cantidad de interacciones que implican estos números hacen que la PL sea una herramienta importante para la resolución de gran variedad de problemas. (Eppen, G.,Gould, F.,Schidt, C., Moore, J. & Weatherford, L. 2000). En ese mismo aspecto moya (1998) sostiene que el investigar para resolver problemas de planeación y programación se realiza aplicando las matemáticas fundamentales en la programación lineal. Sin embargo, Taha (1997) considera que para para optimizar recursos o escasos es una buena técnica de modelado matemático, en la misma tendencia Seneke y Winterboer (1984) manifiesta que determinadas expresiones matemáticas el aplicar los modelos matemáticos identifican sus valores máximos o minimos. Sea cual fuese las condiciones para solucionar problemas se recomienda utilizar la diferencia de dos variables no negativas (weber, 1984).

Elementos del Modelo de Programación Lineal

Función Objetivo: tiene como finalidad medir la calidad de la solución. Asi como también lo que se debe optimizar (maximizar un beneficio o minimizar un coste). (Ruiz, 2019).

Maximizar $z = f(x)$; Minimizar $z = f(x)$

$$Max \text{ o } Min Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

O también:

$$Max \text{ o } Min Z = \sum_{i=1}^n C_iX_i$$

Dónde:

Z = Función objetivo lineal.

C_i = Precio neto o costo unitario, según sea el modelo.

X_i = Actividad o proceso. ($i = 1, \dots, n$)

Los coeficientes C_1, C_2, \dots, C_n son los coeficientes de costo o gastos (conocidos) o de ingresos, según el tipo de problema que se está tratando de resolver. Así mismo, X_1, X_2, \dots, X_n ; variables de decisión (variables, o niveles de actividad)

Variables: Representan las características o atributos de un determinado objeto de estudio cuyo valor puede variar en función del tiempo.

Restricciones: son las limitaciones prácticas para ciertos recursos o imposiciones físicas de la realidad. Se formulan como ecuaciones e inecuaciones lineales de las variables de decisión. (Ruiz, 2019).

El conjunto de restricciones se expresa de la siguiente manera:

Sujeto a:

$$C_{11}X_1 + C_{12}X_2 + C_{13}X_3 + \dots + C_{1n}X_n \geq b_1$$

$$C_{21}X_1 + C_{22}X_2 + C_{23}X_3 + \dots + C_{2n}X_n \leq b_2$$

$$C_{31}X_1 + C_{32}X_2 + C_{33}X_3 + \dots + C_{3n}X_n = b_3$$

.....

$$C_{m1}X_1 + C_{m2}X_2 + C_{m3}X_3 + \dots + C_{mn}X_n \geq b_m$$

$$\forall X_i \geq 0$$

Debido a que se va diseñar modelos de programación matemática, no se contrasta hipótesis, por lo tanto, es implícita. Así mismo el objetivo general para la presente investigación se ha considerado: Modelar la programación matemática de

los créditos de la Caja Sullana – Chimbote, 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades.

Los objetivos específicos son: Modelar la programación matemática del crédito empresarial de la Caja Sullana Filial Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades. Modelar la programación matemática del crédito agropecuario de la Caja Sullana Filial Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades. Modelar la programación matemática del crédito pesca de la Caja Sullana Filial Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades. Modelar la programación matemática del crédito vehicular empresarial de la Caja Sullana Filial Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades y Modelar la programación matemática del crédito comercial de la Caja Sullana Filial Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La investigación es Aplicada; porque está orientado a modelar la programación matemática de los créditos que ofrece la entidad financiera Caja Sullana , basado en los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades, y de acuerdo a la técnica de contrastación es descriptivo; porque los datos son obtenidos análisis de documentos. El diseño de la investigación, No Experimental, Transversal debido que la recolección de datos se realizó en un único momento. El esquema del diseño de investigación fue descriptivo simple, según se indica en la siguiente ilustración:

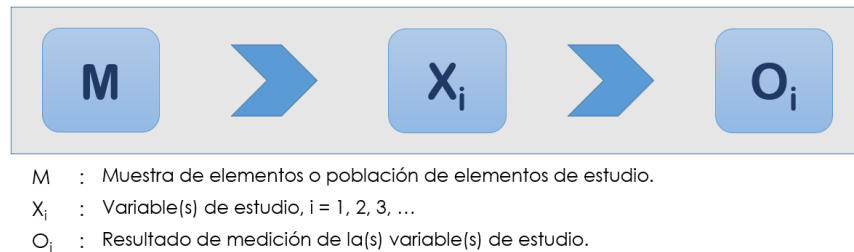


Figura 7. Esquema de diseño de investigación

Para lo cual, se ha simplificado de la siguiente manera:

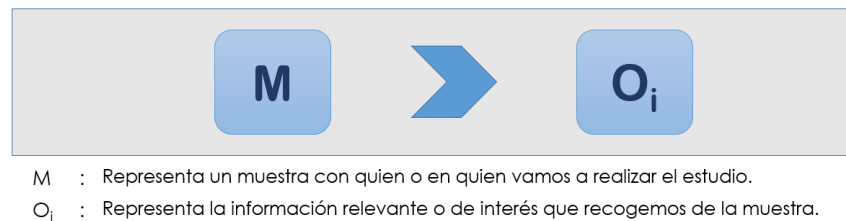


Figura 8. Resumen de esquema de diseño de investigación

Las técnicas e instrumentos de validación empleados para el presente informe de investigación son: análisis documental y observación y sus respectivos instrumentos: estudios previos, visitas. En el estudio de esta investigación, se aplicó algoritmos genéticos como solución al problema de los créditos para una optimización, en donde han mostrado ser muy eficientes y confiables.

3. RESULTADOS

La caja Sullana en Chimbote, presta los siguientes tipos de créditos: Empresarial, Personal, Carta Fianza, Hipotecario y Agua. Para propósitos de la presente investigación, se va estudiar solamente el tipo Empresarial, la misma que presenta los siguientes sub tipos: Crédito Empresarial, Agropecuario, Crédito Pesca, Crédito Vehicular Empresarial, Crédito comercial.

La siguiente figura extraída de la página web de la institución muestra los tipos de créditos ofertados en la ciudad de Chimbote:



Figura 9. Página web Caja Sullana, créditos empresariales, www.cajasullana.com

CRÉDITO EMPRESARIAL

Consideraciones del producto. Se ofrece a los empresarios que realizan actividades empresariales en micro, pequeñas y medianas empresas. Previa evaluación de clasificación, se otorga el crédito en moneda nacional o divisas extranjera según sea el requerimiento: tasa efectiva anual, tasa de interés e intereses ganados establecidos en la plataforma de la Cajasullana (2018).

Los intereses que se aplican se realizan para un determinado periodo. Como bien es sabido en todo sistema financiero, el otorgamiento de préstamos y otras maneras de créditos pasan por un proceso de evaluación, y se suscriben los pagos en determinadas cuotas mensuales y plazos, las cuales están compuestas por el interés, amortización y comisiones de gasto. En ese contexto la Caja Municipal Sullana (2013) establece la liquidación y pago e prima de seguro de desgravamen

En el cálculo de la cuota, la tasa es aplicada mensualmente si fuera posible tiende a convertirse en TEA (tasa efectiva Anual). Sin embargo, en los sistemas financieros en estos casos se utilizan para determinar algunos gastos de pago mensual, así por ejemplo seguros de desgravamen o talvez de inmueble. Es normalmente usada para definir ciertos gastos de pago mensual como seguros de desgravamen o de inmueble según cmac-sullana (2014): para calcular la cuota empleando TAEM, la formula $Cuota = C \left[\frac{TAEM}{1 - (1 + TAEM)^{-N}} \right]$, y $Coutal\ total\ a\ pagar = Cuota \times (1 + tasa\ de\ impuesto)$

las cuotas fijas periódicas de inversión capitalizada, inversión pagadas periódicamente en mensualidades de montos fijos, aculándose los intereses generados para incrementar el capital que se dan en el tiempo. En el calculo de cutas fijas (para el caso de los 15 días de cada mes) la cajasullana (2013):

$$p = Fecha\ de\ ultima\ cuota - fecha\ de\ desembolso\ de\ crédito$$

Ahora bien, la tasa agregada anual se calcula:

$$TAEA = \left[1 + \left(\left((1 + TEA)^{\frac{1}{360}} - 1 \right) + \left((1 + TSDA)^{\frac{1}{360}} - 1 \right) \right) \right]^{360} - 1$$
$$TAEA = [1 + TAEM]^{360} - 1 .$$

El hablar de finanzas es proyectar en el futuro la valorización del dinero, aspecto a considerar para capitalizar e invertir en el futuro, en bienes e inmuebles, tener un valor presente y un valor futuro, bajo esa premisa las entidades financieras valor los activos considerando la cantidad de dinero y la tasa de rentabilidad, la tasa de interés. En ese aspecto la cajasullana (2015).

El valor futuro de crédito (V) se calcula como $V = C * (1 + TAEA)^{\frac{p}{360}}$, donde V es el valor futuro del crédito, C el monto del crédito, TAEA la tasa agregada efectiva anual y p el plazo del crédito en días. Ahora bien, para el cálculo de los factores de crédito, $Ft = (1 + TAEA)^{\frac{At}{360}}$, donde F es el factor correspondiente a la cuota respectiva, TAEA la tasa agregada efectiva anual, A los días que faltan para el ultimo día de cancelación total del crédito y t expresa el periodo de la estimación. La sumatoria de los factores de crédito después de obtenidos cada uno de los N factores se realiza la sumatoria $\sum_{i=1}^N F = F_1 + F_2 + F_3 \dots + F_N$. Asi mismo, la cuota de crédito se calcula, $Cuota = \frac{V}{\sum_{i=1}^N F_i}$, donde V es el valor futuro del crédito, F el factor de crédito y N el número de cuotas pactadas. En lo que respecta la amortización del periodo. El orden de prioridad de aplicación de pagos está constituido de impuestos, prima de seguro de desgravamen, intereses, y amortizaciones de capital.

$$Amortización_1 = Cuota\ total\ a\ pagar - ITF - D_1 - I_1$$

$$Amortización_2 = Cuota\ total\ a\ pagar - ITF - D_2 - I_2$$

$$Amortización_3 = Cuota\ total\ a\ pagar - ITF - D_3 - I_3$$

$$Amortización_N = Cuota\ total\ a\ pagar - ITF - D_N - I_N$$

Cada amortización reduce en igual monto el saldo del préstamo lo que se conoce como el nuevo saldo de capital. $Sk_0 = Monto\ de\ crédito\ (C)$; $Sk_1 = Sk_0 - Amortización_1$; $Sk_2 = Sk_1 - Amortización_2$;; $Sk_N = Sk_{N-1} - Amortización_N = 0$, en todos los casos Skt es el saldo capital.

Crédito Empresarial. En el sector empresarial financiero se otorga a fin que las empresas tengan posibilidad de desarrollar sus actividades a través de financiación, previo pacto de las partes interesadas, bajo condiciones que justifiquen la necesidad de la empresa. Para el caso de estudio los beneficios y requisitos de la caja Sullana (2015),

Tabla 3.
Tasa préstamo empresarial

TSEM-003-2018/I		Vigente desde 18/07/2018	
MONEDA NACIONAL		TEA 360 DÍAS	
Desde	Hasta	Mínima	Máxima
300	300,000	20.00%	39.91%

Fuente: www.cajasullana.pe

Tabla 4.
Comisiones y gastos aplicables a productos de créditos

TCOC-2016/I						
COMISIONES APLICABLES A PRODUCTOS DE CREDITO						
VIGENCIA 15/11/2016						
CATEGORIA	DENOMINACION	COMISION	MONTO		OPORTUNIDAD DE COBRO	PRODUCTO QUE APLICA
			SOLES			
A	N		PN	PJ		
	Gestión de Garantía no condicionadas al crédito	Gestión de Garantías	S/100.00	S/100.00	Por cada Garantía	Crédito Empresarial, Crédito Personal, Crédito Hipotecarios
Servicios asociados al Crédito	Envío físico de estado de cuenta	envío desde la cuenta a domicilio a solicitud de cliente	S/10.00	S/10.00	Por cada estado de cuenta	Todo los productos
	Endoso de Póliza de seguro	Revisión de Póliza de seguro a endosar	S/150.00	S/150.00	por cada póliza de seguro a endosar	Todo los productos
	Descuento Automático por Adelanto de Sueldo	Adelanta tu sueldo	3.50%	—	—	Crédito Adelanta tu Sueldo
		Mínimo de comisión	S/ 14.00	—	Por cada Crédito otorgado	
Uso de Canales	Uso de Módulo Electrónico	Pagos de créditos (Agente Kasnet)	S/2.50	S/2.50	Desde la 1º Operación	Todo los Créditos

Fuente: www.cajasullana.com

Según el tarifario de comisiones y créditos establecidos en la cajasullana (2016) Se aplica ITF de 0.005% por los movimientos efectuados en la cuenta *tipo de cambio vigente: a Créditos Empresariales (Empresarial, Agropecuaria, Pesca, Vehicular Empresarial, Crédito Gas Vehicular, Crédito Comercial) ; Personal (Personal, Vehículos personales); Hipotecario (Nuevo Crédito Mi Vivienda, Mi Terreno, Mi Casa, Mejora tu Casa Hipotecario, Techo Propio)

Tabla 5.
Tarifario de gastos de créditos

TGC-2018/I				
GASTOS POR SEGUROS VIGENCIA 08/01/2018				
SEGUROS VINCULADOS (*)	COMPAÑÍA	TASA ANUAL DEL SEGURO(**)	CONSIDERACIONES	
Desgravamen (1)	Mapfre Perú Vida	0.96%	Para créditos con recuperaciones cuota fija mensual y a una sola cuota	
Multi riesgo del Hogar	Mapfre Seguros y Reaseguros	0.2844%	Para créditos Hipotecarios	
Multi riesgo Pyme (2)	la positiva seguros y Reaseguros	0.708%	para créditos consumo y empresariales con cuota fija mensual	
Vehicular	la positiva seguros y Reaseguros	Tasa aplicable según modelo vehicular	Crédito para financiamiento de vehículos nuevos con cuota fija mensual	
Agrícola(3)	la positiva seguros y Reaseguros	3.565% (***)	Para créditos agrícola a una sola cuota	
SEGURO OPTATIVOS (*)	COMPAÑÍA	PRIMA MENSUAL		
Oncológico	la positiva seguros y Reaseguros	plan 1	plan2	plan 3
		S/3.50	S/5.00	S/6.00
Accidentes Personales PLUS	BNP Paribas Cardif	plan 1	plan2	plan 3
		S/4.50	S/5.00	S/6.00
Producción de Tarjetas	Mapfre Seguro y Reaseguros	S/2.99		
Asistencia Funeraria	Valle del Recuerdo	S/1.00		

Fuente: www.cajasullana.com.

Tabla 6.
Gastos y comisiones aplicables a los servicios vinculados a operaciones

				TCGSVO-2018/I
COMISIONES DE SERVICIOS VINCULADOS A OPERACIONES VIGENTE 01/08/2017				
CONCEPTO	MONTO			OPORTUNIDAD DE COBRO
	NUEVOS SOLES			
	PN		PJ	
Servicios de Giros	De 20.00 a 500.00	S/5.00	No aplica	Por operación
Límite máximo hasta US\$. 9.999 o su equivalente en moneda nacional	De 500.01 a 2999.99	S/10.00	No aplica	Por operación
	De 3,000.00 a mas	0.5% (*)	No aplica	Por operación
Servicio de Recaudación	S/1.50		S/1.50	Por operación
Servicio de Pago de Haberes	S/3.00		S/3.00	Por cada operación en Cuenta
GASTOS DE SERVICIOS				
Consulta RENIEC	S/2.50(****)		No aplica	Por Consulta
Pago de cuota de Crédito Vía BBVA (***)	Red Oficina	S/2.60	S/2.60	Por operación
	Agente Express	S/2.00	S/2.00	
	Banca por Internet			
Pago de cuota de Crédito Vía Banco de la Nación		1% (**)		Por importe de cuota

Fuente: Página Web Caja Sullana.

Crédito Agropecuario. la caja Sullana en este tipo de crédito otorga a sus clientes que realizan actividad agropecuario necesario para financiar las actividades relacionadas con la siembra, cosecha y su comercialización, en ese aspecto el interesado. Con requisitos y características establecidas por cajasullana (2015).

Tabla 7.
Tasas crédito agropecuario

TSRU-001-2017/I		Vigente desde 01/08/2017	
MONEDA NACIONAL		TEA 360 DÍAS	
Desde	Hasta	Mínima	Máxima
500	–	25.34%	73.83%

Fuente: www.cajasullana.com.

Tabla 8.
Comisiones y gastos crédito agropecuario

TARIFARIO DE COMISIONES - CREDITOS						
TCOC-2016/I						
COMISIONES APLICABLES A PRODUCTOS DE CREDITO						
VIGENCIA 15/11/2016						
CATEGORIA	DENOMINACION	COMISION	MONTO		OPORTUNIDAD DE COBRO	PRODUCTO QUE APLICA
			SOLES			
			PN	PJ		
	Gestión de Garantía no condicionadas al crédito	Gestión de Garantías	S/100.00	S/100.00	Por cada Garantía	Crédito Empresarial, Crédito Personal, Crédito Hipotecarios
Servicios asociados al Crédito	Envío físico de estado de cuenta	envío desde la cuenta a domicilio a solicitud de cliente	S/10.00	S/10.00	Por cada estado de cuenta	Todo los productos
	Endoso de Póliza de seguro	Revisión de Póliza de seguro a endosar	S/150.00	S/150.00	por cada póliza de seguro a endosar	Todo los productos
	Descuento Automático por Adelanto de Sueldo	Adelanta tu sueldo	3.50%	-		Crédito Adelanta tu Sueldo
		Mínimo de comisión	S/ 14.00	-	Por cada Crédito otorgado	
Uso de Canales	Uso de Módulo Electrónico	Pagos de créditos (Agente Kasnet)	S/2.50	S/2.50	Desde la 1° Operación	Todo los Créditos

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 9.
Tarifario de gastos y créditos

TARIFARIO DE GASTOS - CREDITOS				
				TGC-2018/I
GASTOS POR SEGUROS VIGENCIA 08/01/2018				
SEGUROS VINCULADOS (*)	COMPAÑÍA	TASA ANUAL DEL SEGURO(**)	CONSIDERACIONES	
Desgravamen (1)	Mapfre Perú Vida	0.96%	Para créditos con recuperaciones cuota fija mensual y a una sola cuota	
Multi riesgo del Hogar	Mapfre Seguros y Reaseguros	0.2844%	Para créditos Hipotecarios	
Multi riesgo Pyme (2)	la positiva seguros y Reaseguros	0.708%	para créditos consumo y empresariales con cuota fija mensual	
Vehicular	la positiva seguros y Reaseguros	Tasa aplicable según modelo vehicular	Crédito para financiamiento de vehículos nuevos con cuota fija mensual	
Agrícola(3)	la positiva seguros y Reaseguros	3.565%(***)	Para créditos agrícola a una sola cuota	
SEGURO OPTATIVOS (*)	COMPAÑÍA	PRIMA MENSUAL		
Oncológico	la positiva seguros y Reaseguros	plan 1	plan2	plan 3
		S/3.50	S/5.00	S/6.00
Accidentes Personales PLUS	BNP Paribas Cardif	plan 1	plan2	plan 3
		S/4.50	S/5.00	S/6.00
Producción de Tarjetas	Mapfre Seguro y Reaseguros	S/2.99		
Asistencia Funeraria	Valle del Recuerdo	S/1.00		

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 10.**Gastos y comisiones aplicables a los servicios vinculados a operaciones**

TCGSVO-2018/I				
COMISIONES DE SERVICIOS VINCULADOS A OPERACIONES VIGENTE 01/08/2017				
CONCEPTO	MONTO			OPORTUNIDAD DE COBRO
	NUEVOS SOLES			
	PN		PJ	
Servicios de Giros	De 20.00 a 500.00	S/5.00	No aplica	Por operación
Límite máximo hasta US\$. 9.999 o su equivalente en moneda nacional	De 500.01 a 2999.99	S/10.00	No aplica	Por operación
	De 3,000.00 a mas	0.5% (*)	No aplica	Por operación
Servicio de Recaudación	S/1.50		S/1.50	Por operación
Servicio de Pago de Haberes	S/3.00		S/3.00	Por cada operación en Cuenta
GASTOS DE SERVICIOS				
Consulta RENIEC	S/2.50(****)		No aplica	Por Consulta
Pago de cuota de Crédito Via BBVA (***)	Red Oficina	S/2.60	S/2.60	Por operación
	Agente Express	S/2.00	S/2.00	
	Banca por Internet			
Pago de cuota de Crédito Vía Banco de la Nación		1% (**)		Por importe de cuota

Fuente: www.cajasullana.com

Crédito Pesca. Esta forma de crédito se concede a las comunidades de pescadores, armadores pesqueros del territorio peruano. Cuyo fin está orientado a mejorar la actividad pesquera en todo litoral del Perú, mejor rentabilidad económica que permita buenas condiciones de vida. Para el otorgamiento de este tipo de crédito la caja Sullana (CajaSullana,2015)

Tabla 11.
Gastos y comisiones

TSEM-003-2018/I		Vigente desde 18/07/2018	
MONEDA NACIONAL		TEA 360 DÍAS	
Desde	Hasta	Mínima	Máxima
300	300,000	20.00%	39.91%

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 12.
Comisiones y gastos crédito pesca

TARIFARIO DE COMISIONES - CREDITOS						
TCOC-2016/I						
COMISIONES APLICABLES A PRODUCTOS DE CREDITO						
VIGENCIA 15/11/2016						
CATEGORIA	DENOMINACION	COMISION	MONTO		OPORTUNIDAD DE COBRO	PRODUCTO QUE APLICA
			SOLES			
			PN	PJ		
	Gestión de Garantía no condicionadas al crédito	Gestión de Garantías	S/100.00	S/100.00	Por cada Garantía	Crédito Empresarial, Crédito Personal, Crédito Hipotecarios
Servicios asociados al Crédito	Envío físico de estado de cuenta	envío desde la cuenta a domicilio a solicitud de cliente	S/10.00	S/10.00	Por cada estado de cuenta	Todo los productos
	Endoso de Póliza de seguro	Revisión de Póliza de seguro a endosar	S/150.00	S/150.00	por cada póliza de seguro a endosar	Todo los productos
	Descuento Automático por Adelanto de Sueldo	Adelanta tu sueldo	3.50%	–	–	Crédito Adelanta tu Sueldo
		Mínimo de comisión	S/ 14.00	–	Por cada Crédito otorgado	
Uso de Canales	Uso de Módulo Electrónico	Pagos de créditos (Agente Kasnet)	S/2.50	S/2.50	Desde la 1° Operación	Todo los Créditos

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 13
Tarifario de gastos Créditos

TGC-2018/I				
GASTOS POR SEGUROS VIGENCIA 08/01/2018				
SEGUROS VINCULADOS (*)	COMPAÑÍA	TASA ANUAL DEL SEGURO(**)	CONSIDERACIONES	
Desgravamen (1)	Mapfre Perú Vida	0.96%	Para créditos con recuperaciones cuota fija mensual y a una sola cuota	
Multi riesgo del Hogar	Mapfre Seguros y Reaseguros	0.2844%	Para créditos Hipotecarios	
Multi riesgo Pyme (2)	la positiva seguros y Reaseguros	0.708%	para créditos consumo y empresariales con cuota fija mensual	
Vehicular	la positiva seguros y Reaseguros	Tasa aplicable según modelo vehicular	Crédito para financiamiento de vehículos nuevos con cuota fija mensual	
Agrícola(3)	la positiva seguros y Reaseguros	3.565% (***)	Para créditos agrícola a una sola cuota	
SEGURO OPTATIVOS (*)	COMPAÑÍA	PRIMA MENSUAL		
Oncológico	la positiva seguros y Reaseguros	plan 1	plan2	plan 3
		S/3.50	S/5.00	S/6.00
Accidentes Personales PLUS	BNP Paribas Cardif	plan 1	plan2	plan 3
		S/4.50	S/5.00	S/6.00
Producción de Tarjetas	Mapfre Seguro y Reaseguros		S/2.99	
Asistencia Funeraria	Valle del Recuerdo		S/1.00	

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 14
Gastos y comisiones aplicados a los servicios vinculados a operaciones

CASTOS Y COMISIONES APLICABLES A LOS SERVICIOS VINCULADOS A OPERACIONES				
TCGSVO-2018/I				
COMISIONES DE SERVICIOS VINCULADOS A OPERACIONES VIGENTE 01/08/2017				
CONCEPTO	MONTO			OPORTUNIDAD DE COBRO
	NUEVOS SOLES			
	PN	PJ		
Servicios de Giros	De 20.00 a 500.00	S/5.00	No aplica	Por operación
Límite máximo hasta US\$. 9.999 o su equivalente en moneda nacional	De 500.01 a 2999.99	S/10.00	No aplica	Por operación
	De 3,000.00 a mas	0.5% (*)	No aplica	Por operación
Servicio de Recaudación	S/1.50		S/1.50	Por operación
Servicio de Pago de Haberes	S/3.00		S/3.00	Por cada operación en Cuenta
GASTOS DE SERVICIOS				

Consulta RENIEC	S/2.50(****)	No aplica	Por Consulta
Pago de cuota de Crédito Vía BBVA (***)	Red Oficina	S/2.60	S/2.60
	Agente Express	S/2.00	S/2.00
	Banca por Internet		
Pago de cuota de Crédito Vía Banco de la Nación	1% (**)		Por importe de cuota

Fuente: www.cajasullana.com

Crédito vehicular empresarial. La casa municipal de Sullana este tipo de crédito otorga a personas naturales como también jurídicas con intenciones de comprar un vehículo nuevo y/o usando con visión empresarial de unidades menores o mayores de transporte ligero o pesado. Siendo las condiciones establecidas por cajasullana (Cajasullana,2015)

Tabla 15
Tasa crédito vehicular empresarial

TSEM-003-2018/I		Vigente desde 18/07/2018	
MONEDA NACIONAL		TEA 360 DÍAS	
Desde	Hasta	Mínima	Máxima
300	300,000	20.00%	39.91%

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 16
Tarifario de comisiones Créditos

TCOC-2016/I							
COMISIONES APLICABLES A PRODUCTOS DE CREDITO							
VIGENCIA 15/11/2016							
CATEGORIA	DENOMINACION	COMISION	MONTO		OPORTUNIDAD DE COBRO	PRODUCTO QUE APLICA	
			SOLES				
			PN	PJ			
	Gestión de Garantía no condicionadas al crédito	Gestión de Garantías	S/100.00	S/100.00	Por cada Garantía	Crédito Empresarial, Crédito Personal, Crédito Hipotecarios	
Servicios asociados al Crédito	Envío físico de estado de cuenta	envío desde la cuenta a domicilio a solicitud de cliente	S/10.00	S/10.00	Por cada estado de cuenta	Todo los productos	
	Endoso de Póliza de seguro	Revisión de Póliza de seguro a endosar	S/150.00	S/150.00	por cada póliza de seguro a endosar	Todo los productos	
	Descuento Automático por Adelanto de Sueldo	Adelanta tu sueldo	3.50%	-		Por cada Crédito otorgado	Crédito Adelanta tu Sueldo
		Mínimo de comisión	S/ 14.00	-			
Uso de Canales	Uso de Módulo Electrónico	Pagos de créditos (Agente Kasnet)	S/2.50	S/2.50	Desde la 1° Operación	Todo los Créditos	

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 17
Tarifario de gastos créditos

TARIFARIO DE GASTOS - CREDITOS				
				TGC-2018/I
GASTOS POR SEGUROS VIGENCIA 08/01/2018				
SEGUROS VINCULADOS (*)	COMPAÑÍA	TASA ANUAL DEL SEGURO(**)	CONSIDERACIONES	
Desgravamen (1)	Mapfre Perú Vida	0.96%	Para créditos con recuperaciones cuota fija mensual y a una sola cuota	
Multi riesgo del Hogar	Mapfre Seguros y Reaseguros	0.2844%	Para créditos Hipotecarios	
Multi riesgo Pyme (2)	la positiva seguros y Reaseguros	0.708%	para créditos consumo y empresariales con cuota fija mensual	
Vehicular	La positiva seguros y Reaseguros	Tasa aplicable según modelo vehicular	Crédito para financiamiento de vehículos nuevos con cuota fija mensual	
Agrícola(3)	la positiva seguros y Reaseguros	3.565%(***)	Para créditos agrícola a una sola cuota	
SEGURO OPTATIVOS (*)	COMPAÑÍA	PRIMA MENSUAL		
Oncológico	la positiva seguros y Reaseguros	plan 1	plan2	plan 3
		S/3.50	S/5.00	S/6.00
Accidentes Personales PLUS	BNP Paribas Cardif	plan 1	plan2	plan 3
		S/4.50	S/5.00	S/6.00
Producción de Tarjetas	Mapfre Seguro y Reaseguros		S/2.99	
Asistencia Funeraria	Valle del Recuerdo		S/1.00	

Fuente: Página Web Caja Sullana, www.cajasullana.com

Tabla 18*Gastos y comisiones aplicables a los servicios vinculados a operaciones*

TCGSVO-2018/I				
COMISIONES DE SERVICIOS VINCULADOS A OPERACIONES VIGENTE 01/08/2017				
CONCEPTO	MONTO			OPORTUNIDAD DE COBRO
	NUEVOS SOLES			
	PN		PJ	
Servicios de Giros	De 20.00 a 500.00	S/5.00	No aplica	Por operación
Límite máximo hasta US\$. 9.999 o su equivalente en moneda nacional	De 500.01 a 2999.99	S/10.00	No aplica	Por operación
	De 3,000.00 a mas	0.5% (*)	No aplica	Por operación
Servicio de Recaudación	S/1.50		S/1.50	Por operación
Servicio de Pago de Haberes	S/3.00		S/3.00	Por cada operación en Cuenta
GASTOS DE SERVICIOS				
Consulta RENIEC	S/2.50(****)		No aplica	Por Consulta
Pago de cuota de Crédito Vía BBVA (***)	Red Oficina	S/2.60	S/2.60	Por operación
	Agente Express	S/2.00	S/2.00	
	Banca por Internet			
Pago de cuota de Crédito Vía Banco de la Nación		1% (**)		Por importe de cuota

Fuente: www.cajasullana.com

Crédito Comercial. Se concede a personas naturales o jurídicas quienes realizan transacciones comerciales para financiar actividades de producción, comercio o prestación de servicios, para tal fin se debe cumplir con requisitos, características y beneficios del crédito, establecidos en cajasullana (Caja Sullana, 2015).

Tabla 19*Tasas Crédito Comercial*

TSEM-003-2018/I		Vigente desde 18/07/2018	
MONEDA NACIONAL		TEA 360 DÍAS	
Desde	Hasta	Mínima	Máxima
300	300,000	20.00%	39.91%

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 20*Tarifario de comisiones créditos*

TCOC-2016/I						
COMISIONES APLICABLES A PRODUCTOS DE CRÉDITO						
VIGENCIA 15/11/2016						
CATEGORIA	DENOMINACION	COMISION	MONTO		OPORTUNIDAD DE COBRO	PRODUCTO QUE APLICA
			SOLES			
			PN	PJ		
	Gestión de Garantía no condicionadas al crédito	Gestión de Garantías	S/100.00	S/100.00	Por cada Garantía	Crédito Empresarial, Crédito Personal, Crédito Hipotecarios
Servicios asociados al Crédito	Envío físico de estado de cuenta	envío desde la cuenta a domicilio a solicitud de cliente	S/10.00	S/10.00	Por cada estado de cuenta	Todo los productos
	Endoso de Póliza de seguro	Revisión de Póliza de seguro a endosar	S/150.00	S/150.00	por cada póliza de seguro a endosar	Todo los productos
	Descuento Automático por Adelanto de Sueldo	Adelanta tu sueldo Mínimo de comisión	3.50% S/ 14.00	- -	Por cada Crédito otorgado	Crédito Adelanta tu Sueldo
Uso de Canales	Uso de Módulo Electrónico	Pagos de créditos (Agente Kasnet)	S/2.50	S/2.50	Desde la 1° Operación	Todo los Créditos

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 21
Tarifario de gastos créditos

TGC-2018/I				
GASTOS POR SEGUROS VIGENCIA 08/01/2018				
SEGUROS VINCULADOS (*)	COMPAÑÍA	TASA ANUAL DEL SEGURO(**)	CONSIDERACIONES	
Desgravamen (1)	Mapfre Perú Vida	0.96%	Para créditos con recuperaciones cuota fija mensual y a una sola cuota	
Multi riesgo del Hogar	Mapfre Seguros y Reaseguros	0.2844%	Para créditos Hipotecarios	
Multi riesgo Pyme (2)	la positiva seguros y Reaseguros	0.708%	para créditos consumo y empresariales con cuota fija mensual	
Vehicular	La positiva seguros y Reaseguros	Tasa aplicable según modelo vehicular	Crédito para financiamiento de vehículos nuevos con cuota fija mensual	
Agrícola(3)	la positiva seguros y Reaseguros	3.565% (***)	Para créditos agrícola a una sola cuota	
SEGURO OPTATIVOS (*)	COMPAÑÍA	PRIMA MENSUAL		
Oncológico	la positiva seguros y Reaseguros	plan 1	plan2	plan 3
		S/3.50	S/5.00	S/6.00
Accidentes Personales PLUS	BNP Paribas Cardif	plan 1	plan2	plan 3
		S/4.50	S/5.00	S/6.00
Producción de Tarjetas	Mapfre Seguro y Reaseguros		S/2.99	
Asistencia Funeraria	Valle del Recuerdo		S/1.00	

Fuente: www.cajasullana.com

Tabla 22*Gastos y comisiones aplicables a los servicios vinculados a operaciones*

TCGSVO-2018/I				
COMISIONES DE SERVICIOS VINCULADOS A OPERACIONES VIGENTE 01/08/2017				
CONCEPTO	MONTO			OPORTUNIDAD DE COBRO
	NUEVOS SOLES			
	PN		PJ	
Servicios de Giros	De 20.00 a 500.00	S/5.00	No aplica	Por operación
Límite máximo hasta US\$. 9.999 o su equivalente en moneda nacional	De 500.01 a 2999.99	S/10.00	No aplica	Por operación
	De 3,000.00 a mas	0.5% (*)	No aplica	Por operación
Servicio de Recaudación	S/1.50		S/1.50	Por operación
Servicio de Pago de Haberes	S/3.00		S/3.00	Por cada operación en Cuenta
GASTOS DE SERVICIOS				
Consulta RENIEC	S/2.50(****)		No aplica	Por Consulta
Pago de cuota de Crédito Via BBVA (***)	Red Oficina	S/2.60	S/2.60	Por operación
	Agente Express	S/2.00	S/2.00	
	Banca por Internet			
Pago de cuota de Crédito Vía Banco de la Nación		1% (**)		Por importe de cuota

Fuente: www.cajasullana.com**DISEÑO DE LA SOLUCIÓN****Variables del Modelo matemático****Tabla 23***Variables Cantidad para todos los créditos*

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
01	XCE	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Empresarial
03	XCA	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Agropecuario
04	XCP	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Pesca
05	XCVE	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Vehículo Empresarial
06	XCC	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Comercial

Diseño de solución del Crédito Empresarial

Tabla 24

Variables Cantidad para crédito empresarial

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	XCEj	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Empresarial tipo m
02	ICEj	Intereses generados de Crédito Empresarial m en el periodo j
03	CESkj	Saldo de capital de Crédito Empresarial m en el periodo j calculado
04	CEij	Tasa de interés de crédito empresarial m para el préstamo m
05	CEICj	Ingresos compensatorios por morosidad en el crédito empresarial m
06	CETEACj	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago
07	CEPCj	Pago de Comisiones generado en el Crédito Empresarial m
EGRESOS		
01	CEDj	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de crédito empresarial m
02	CEGMj	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad
03	CEITFj	Impuesto a las Transacciones Financieras de crédito empresarial m. es el 0.005% de XCEj
04	CEOCj	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Empresarial m

Tabla 25

Restricciones de Crédito Empresarial

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
01	CERCj	Restricciones de cantidad de dinero a prestar. Monto mínimo 300 soles, monto máximo 300,000.0 soles
02	CETEAj	Tasa efectiva anual a aplicar al crédito. Tasa mínima 20.0%, tasa máxima 40.0%

Estructura del Modelo matemático General. El modelo matemático de Programación Lineal tiene la siguiente estructura matemática:

Función Objetivo: El objetivo es maximizar las utilidades por cada tipo de crédito que realiza la Caja Sullana. La función de utilidad es la siguiente:

$$U = I_{cm} - E_{cm}$$

Dónde: U = Utilidad. I_{ck} = Ingreso generado en el crédito k, donde k son todos los créditos abordados en la presente investigación: k=5 (en total 5 tipos de crédito)

E_{cmk} = Egreso generado en el crédito k. El ingreso total está dado por la siguiente formula:

$$I_t = \sum_{j=1}^m ICE_j + \sum_{j=1}^m ICA_j + \sum_{j=1}^m ICP_j + \sum_{j=1}^m ICVE_j + \sum_{j=1}^m ICC_j$$

Dónde

ICE_j = Sumatoria de los ingresos del crédito empresarial

ICA_j = Sumatoria de los ingresos del crédito Agropecuario

ICP_j = Sumatoria de los ingresos del crédito Pesca

ICVE_j = Sumatoria de los ingresos del crédito Vehículo empresarial

ICC_j = Sumatoria de los ingresos del crédito Comercial

El egreso total está dado por la siguiente formula:

$$E_t = \sum_{j=1}^m ECE_j + \sum_{j=1}^m ECA_j + \sum_{j=1}^m ECP_j + \sum_{j=1}^m ECVE_j + \sum_{j=1}^m ECC_j$$

Dónde

ECE_j = Sumatoria de los egresos del crédito empresarial

ECA_j = Sumatoria de los egresos del crédito Agropecuario

ECP_j = Sumatoria de los egresos del crédito Pesca

ECVE_j = Sumatoria de los egresos del crédito Vehículo empresarial

ECC_j = Sumatoria de los egresos del crédito Comercial

La utilidad total está dada por la siguiente formula:

$$Ut = \left(\sum_{j=1}^m ICE_j + \sum_{j=1}^m ICA_j + \sum_{j=1}^m ICP_j + \sum_{j=1}^m ICVE_j + \sum_{j=1}^m ICC_j \right) - \left(\sum_{j=1}^m ECE_j + \sum_{j=1}^m ECA_j + \sum_{j=1}^m ECP_j + \sum_{j=1}^m ECVE_j + \sum_{j=1}^m ECC_j \right)$$

Dónde

Ut = Es la utilidad total de todos los créditos

Modelo matemático del Crédito Empresarial

Función Objetivo

$$\max UCE = \left(\sum_{j=1}^m ICE_j + \sum_{j=1}^m ICE_j + \sum_{j=1}^m ICE_j + \sum_{j=1}^m CEPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CED_j + \sum_{i=1}^m CEGM_j + \sum_{i=1}^m CEITF_j + \sum_{i=1}^m CEOC_j \right)$$

S.A.:

$$\begin{aligned} CECR_j &\geq 300 \\ CECR_j &\leq 300000 \\ CETEA_j &\geq 20 \\ CETEA_j &\leq 40 \\ \forall CECR_j, CETEA_j &\geq 0 \end{aligned}$$

Diseño de solución del Crédito Agropecuario

Tabla 26

Variables Cantidad para crédito agropecuario

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	XCAj	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Agropecuario tipo m
02	ICAj	Intereses generados de Crédito Agropecuario m en el periodo j
03	CASkj	Saldo de capital de Crédito Agropecuario m en el periodo j calculado
04	CAij	Tasa de interés de crédito Agropecuario m para el préstamo m
05	CAICj	Ingresos compensatorios por morosidad en el crédito Agropecuario m
06	CATEACj	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago
07	CAPCj	Pago de Comisiones generado en el Crédito Agropecuario m

EGRESOS		
01	CAD _j	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de crédito Agropecuario m
02	CAGM _j	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad
03	CAITF _j	Impuesto a las Transacciones Financieras de crédito Agropecuario m. es el 0.005% de XCA _j
04	CAOC _j	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Agropecuario m

Tabla 27.
Restricciones de Crédito Agropecuario

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
01	CARC _j	Restricciones de cantidad de dinero de Crédito Agropecuario a prestar. Monto mínimo 500 soles, no hay monto máximo.
02	CATEA _j	Tasa efectiva anual a aplicar al Crédito Agropecuario. Tasa mínima 25.0%, tasa máxima 74.0%

Modelo matemático del crédito Agropecuario
Función Objetivo

$$\max UCA = \left(\sum_{j=1}^m ICA_j + \sum_{j=1}^m ICA_j + \sum_{j=1}^m ICA_j + \sum_{j=1}^m CAPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CAD_j + \sum_{i=1}^m CAGM_j + \sum_{i=1}^m CAITF_j + \sum_{i=1}^m CAOC_j \right)$$

S.A.:

$$CACR_j \geq 500$$

$$CATEA_j \geq 25$$

$$CATEA_j \leq 74$$

$$\forall CACR_j, CATEA_j \geq 0$$

Diseño de solución del Crédito Pesca

Tabla 28

Variables Cantidad para crédito Pesca

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	XCPj	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Pesca tipo m
02	ICPj	Intereses generados de Crédito Pesca m en el periodo j
03	CPSkj	Saldo de capital de Crédito Pesca m en el periodo j calculado
04	CPij	Tasa de interés de crédito Pesca m para el préstamo m
05	CPICj	Ingresos compensatorios por morosidad en el crédito Pesca m
06	CPTEACj	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago
07	CPPCj	Pago de Comisiones generado en el Crédito Pesca m
EGRESOS		
01	CPDj	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de Crédito Pesca m
02	CPGMj	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad
03	CPITFj	Impuesto a las Transacciones Financieras de crédito Pesca m. es el 0.005% de XCPj
04	CPOCj	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Pesca m

Tabla 29
Restricciones de Crédito Pesca

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
01	CPRCj	Restricciones de cantidad de dinero de Crédito Pesca a prestar. Monto mínimo 300 soles, monto máximo 300,000.0 soles
02	CPTEAj	Tasa efectiva anual a aplicar al Crédito Pesca. Tasa mínima 20.0%, tasa máxima 40.0%

Modelo matemático del crédito Pesca

Función Objetivo

$$\max \text{UCP} = \left(\sum_{j=1}^m \text{ICP}_j + \sum_{j=1}^m \text{ICP}_j + \sum_{j=1}^m \text{ICP}_j + \sum_{j=1}^m \text{CPPC}_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m \text{CPD}_j + \sum_{i=1}^m \text{CPGM}_j + \sum_{l=1}^m \text{CPITF}_j + \sum_{l=1}^m \text{CPOC}_j \right)$$

S.A.:

$$\text{CPCR}_j \geq 300$$

$$\text{CPCR}_j \leq 300000$$

$$\text{CPTEA}_j \geq 20$$

$$\text{CPTEA}_j \leq 40$$

$$\forall \text{CAPR}_j, \text{CPTEA}_j \geq 0$$

Diseño de solución del Crédito Vehículo Empresarial

Tabla 30

Variables Cantidad para crédito Vehículo Empresarial

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	XCVEj	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Vehículo Empresarial tipo m
02	ICVEj	Intereses generados de Crédito Vehículo Empresarial m en el periodo j
03	CVESkj	Saldo de capital de Crédito Vehículo Empresarial m en el periodo j calculado
04	CVEij	Tasa de interés de crédito Vehículo Empresarial m para el préstamo m
05	CVEICj	Ingresos compensatorios por morosidad en el crédito Vehículo Empresarial m
06	CVETEACj	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago
07	CVEPCj	Pago de Comisiones generado en el Crédito Vehículo Empresarial m
EGRESOS		
01	CVEDj	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de Crédito Vehículo Empresarial m
02	CVEGMj	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad
03	CVEITFj	Impuesto a las Transacciones Financieras de crédito Vehículo Empresarial m. es el 0.005% de XCVEj
04	CVEOCj	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Pesca m

Tabla 31.
Restricciones de Crédito Vehículo Empresarial

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
01	CPRCj	Restricciones de cantidad de dinero de Crédito Vehículo Empresarial a prestar. Monto mínimo 300 soles, monto máximo 300,000.0 soles
02	CPTEAj	Tasa efectiva anual a aplicar al Crédito Vehículo Empresarial. Tasa mínima 20.0%, tasa máxima 40.0%

Modelo matemático del crédito Vehículo Empresarial

Función Objetivo

$$\max UCVE = \left(\sum_{j=1}^m ICVE_j + \sum_{j=1}^m ICVE_j + \sum_{j=1}^m ICVE_j + \sum_{j=1}^m CVEPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CVED_j + \sum_{i=1}^m CVEGM_j + \sum_{i=1}^m CVEITF_j + \sum_{i=1}^m CVEOC_j \right)$$

S.A.:

$$CVECR_j \geq 300$$

$$CVECR_j \leq 300000$$

$$CVETEA_j \geq 20$$

$$CVETEA_j \leq 40$$

$$\forall CVECR_j, CVETEA_j \geq 0$$

Diseño de solución del Crédito Comercial

Tabla 32

Variables Cantidad para Crédito Comercial

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
INGRESOS		
01	XCCj	Cantidad de dinero en soles a prestar en el rubro Crédito Comercial tipo m
02	ICCj	Intereses generados de Crédito Comercial m en el periodo j
03	CCSkj	Saldo de capital de Crédito Comercial m en el periodo j calculado
04	CCij	Tasa de interés de crédito Comercial m para el préstamo m
05	CCICj	Ingresos compensatorios por morosidad en el crédito Comercial m
06	CCTEACj	Tasa Efectiva anual de interés compensatorio por morosidad de pago
07	CCPCj	Pago de Comisiones generado en el Crédito Comercial m
EGRESOS		
01	CCDj	Pago correspondiente a prima de seguro de desgravamen de Crédito Comercial m
02	CCGMj	Gastos de morosidad en que incurre la institución para hacer efectivo el pago de morosidad
03	CCITFj	Impuesto a las Transacciones Financieras de crédito Comercial m. es el 0.005% de XCVEj
04	CCOCj	Otras Comisiones y Gastos de los Servicios Vinculados en el Crédito Pesca m

Tabla 33
Restricciones de Crédito Comercial

N°	VARIABLE	SIGNIFICADO
01	CPRCj	Restricciones de cantidad de dinero de Crédito Comercial a prestar. Monto mínimo 300 soles, monto máximo 300,000.0 soles
02	CPTEAj	Tasa efectiva anual a aplicar al Crédito Comercial. Tasa mínima 20.0%, tasa máxima 40.0%

Modelo matemático del Crédito Comercial

Función Objetivo

$$\max UCC = \left(\sum_{j=1}^m ICC_j + \sum_{j=1}^m ICC_j + \sum_{j=1}^m ICC_j + \sum_{j=1}^m CCPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CCD_j + \sum_{i=1}^m CCGM_j + \sum_{i=1}^m CCITF_j + \sum_{i=1}^m CCOC_j \right)$$

S.A.:

$$CCCR_j \geq 300$$

$$CCCR_j \leq 300000$$

$$CCTEA_j \geq 20$$

$$CCTEA_j \leq 40$$

$$\forall CCCR_j, CCTEA_j \geq 0$$

Modelo integral

$$\begin{aligned} \max UT = & \left(\sum_{j=1}^m ICE_j + \sum_{j=1}^m ICE_j + \sum_{j=1}^m ICE_j + \sum_{j=1}^m CEPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CED_j + \sum_{i=1}^m CEGM_j + \sum_{i=1}^m CEITF_j + \sum_{i=1}^m CEOC_j \right) \\ & + \left(\sum_{j=1}^m ICA_j + \sum_{j=1}^m ICA_j + \sum_{j=1}^m ICA_j + \sum_{j=1}^m CAPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CAD_j + \sum_{i=1}^m CAGM_j + \sum_{i=1}^m CAITF_j + \sum_{i=1}^m CAOC_j \right) \\ & + \left(\sum_{j=1}^m ICP_j + \sum_{j=1}^m ICP_j + \sum_{j=1}^m ICP_j + \sum_{j=1}^m CPPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CPD_j + \sum_{i=1}^m CPGM_j + \sum_{i=1}^m CPITF_j + \sum_{i=1}^m CPOC_j \right) \\ & + \left(\sum_{j=1}^m ICVE_j + \sum_{j=1}^m ICVE_j + \sum_{j=1}^m ICVE_j + \sum_{j=1}^m CVEPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CVED_j + \sum_{i=1}^m CVEGM_j + \sum_{i=1}^m CVEITF_j + \sum_{i=1}^m CVEOC_j \right) \\ & + \left(\sum_{j=1}^m ICC_j + \sum_{j=1}^m ICC_j + \sum_{j=1}^m ICC_j + \sum_{j=1}^m CEPC_j \right) - \left(\sum_{i=1}^m CCD_j + \sum_{i=1}^m CCGM_j + \sum_{i=1}^m CCITF_j + \sum_{i=1}^m CCOC_j \right) \end{aligned}$$

S.A.:

$$CECR_j \geq 300$$

$$CECR_j \leq 300000$$

$$CETEA_j \geq 20$$

$$CETEA_j \leq 40$$

$$\forall CECR_j, CETEA_j \geq 0$$

$$CACR_j \geq 500$$

$$CATEA_j \geq 25$$

$$CATEA_j \leq 74$$

$$\forall CACR_j, CATEA_j \geq 0$$

$$CPCR_j \geq 300$$

$$CPCR_j \leq 300000$$

$$CPTEA_j \geq 20$$

$$CPTEA_j \leq 40$$

$$\forall CAPR_j, CPTEA_j \geq 0$$

$$CVECR_j \geq 300$$

$$CVECR_j \leq 300000$$

$$CVETEA_j \geq 20$$

$$CVETEA_j \leq 40$$

$$\forall CVECR_j, CVETEA_j \geq 0$$

$$CVECR_j \geq 300$$

$$CVECR_j \leq 300000$$

$$CVETEA_j \geq 20$$

$$CVETEA_j \leq 40$$

$$\forall CVECR_j, CVETEA_j \geq 0$$

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Respecto a la investigación de Rosero (2006), la presente investigación está ligeramente de acuerdo en los procesos del crédito que se realiza para su aprobación de manera óptima, esto refleja como modelos matemáticos factibilizan la optimización de actividades en todos los rublos. Tan pronto sea evaluado y aprobado en tiempos establecidos por la institución deben ser inmediatos.

Sobre la investigación Cifuentes (2007), fue la investigación antecedente que estuvo más cercano a las conclusiones arribadas por al presente investigación, en el sentido de que los créditos para optimizar el proceso de crédito se usó como estrategia principal la eliminación de duplicidad e incremento de actividades que agregaron valor al proceso, que en el análisis de la Estrategia de Calidad actual del Proceso de Crédito no se tuvieron todas las perspectivas necesarias para lograr el cumplimiento de la estrategia.

Respecto a la investigación antecedente de Barboza (2014), se concuerda que, para los algoritmos genéticos, el tamaño de paso puede controlarse y adaptarse a su valor óptimo mediante la evaluación de los créditos para comparar las ganancias y las pérdidas financieras, también en lo referente a que en la programación de algoritmos genéticos lo más factible es abordarlo aplicando números binarios.

Con referencia a la investigación de Martínez (2016), se está de acuerdo en que la conclusión se asemeja a los resultado obtenidos, que antes de otorgar un crédito es necesario hacer un minucioso estudio de los solicitantes caso contrario el nivel de riesgo se presentaría en cualquier periodo de cumplimiento de compromisos, perjudicando a ambas financieros, el marco impositivo, las obligaciones legales y el entorno económico, la dimensión de la empresa, la solvencia exigida y el grado de apalancamiento más adecuado a la situación.

Sobre la investigación de Ramos (2017), sus conclusiones concuerdan con los de la presente investigación en que concluyó que los algoritmos genéticos permiten adaptar los parámetros para integrar los datos e información de los modelos plasmado en una programación matemática en la optimización de crédito, con un indicador de poder de

predicción muy aceptable y con resultados coherentes; que el modelo obtenido con los algoritmos genéticos se pueden implementar con ventaja frente a otros métodos computacionales de la inteligencia artificial.

Se está de acuerdo con la concepción de los algoritmos genéticos imitan el comportamiento evolutivo de los individuos vivientes, que los mejores individuos sobreviven y éstos generan nuevos individuos que formarán parte de la nueva población en el ciclo evolutivo, que los Algoritmos Genéticos requieren de codificación de entrada y una función objetivo para evaluar su bondad como posible solución al problema, inician con la selección de una población inicial de individuos con lenguaje binario (Koza, 1992).

De acuerdo con los estudios realizados en la presente investigación se está de acuerdo con que la programación matemática es una potente técnica de modelado usada en el proceso de toma de decisiones, que esta técnica ayuda en el modelamiento matemático de la optimización de los recursos económico financieros.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión general

El modelo de programación matemática de los créditos de la Caja Sullana Filial Chimbote basado en Algoritmos Genéticos aplicados con fines de optimización de las utilidades cubre los créditos empresariales, agrario, pesca, vehicular empresarial y comercial. Todos estos modelos van a contribuir en la optimización de las utilidades de los créditos.

Conclusiones Específicas

El modelo de programación matemática del crédito empresarial de la Caja Sullana Filial Chimbote basado en Algoritmos Genéticos aplicados va a contribuir en la optimización de las utilidades de esta línea de crédito.

El modelo de programación matemática del crédito agrícola de la Caja Sullana Filial Chimbote basado en Algoritmos Genéticos aplicados va a contribuir en la optimización de las utilidades de esta línea de crédito.

El modelo de programación matemática del crédito pesca de la Caja Sullana Filial Chimbote basado en Algoritmos Genéticos aplicados va a contribuir en la optimización de las utilidades de esta línea de crédito.

El modelo de programación matemática del crédito vehículo empresarial de la Caja Sullana Filial Chimbote basado en Algoritmos Genéticos aplicados va a contribuir en la optimización de las utilidades de esta línea de crédito.

El modelo de programación matemática del crédito comercial de la Caja Sullana Filial Chimbote basado en Algoritmos Genéticos aplicados va a contribuir en la optimización de las utilidades de esta línea de crédito.

Recomendaciones

Recomendación general

La administración de Créditos y la gerencia general de la Caja Sullana de Chimbote deben tomar en cuenta los modelos matemáticos alcanzados y propiciar en el futuro su implementación computacional con la finalidad de que los objetivos de optimización de las utilidades por cada tipo de crédito se concrete en el corto plazo.

Recomendaciones Específicas

La administración de Créditos y la gerencia general de la Caja Sullana, Chimbote deben tomar en cuenta el modelo matemático del crédito empresarial, si es necesario actualizar los datos financieros de ingresos y egresos, y apoyar en adelante en la implementación computacional con la finalidad de que los objetivos de optimización de las utilidades en el corto plazo.

La administración de Créditos y la gerencia general de la Caja Sullana, Chimbote deben tomar en cuenta el modelo matemático del crédito agropecuario, si es necesario actualizar los datos financieros de ingresos y egresos, así como las restricciones en caso de ser necesario, y apoyar en adelante en la implementación computacional con la finalidad de que los objetivos de optimización de las utilidades en el corto plazo.

La administración de Créditos y la gerencia general de la Caja Sullana, Chimbote deben tomar en cuenta el modelo matemático del crédito pesca, en caso de ser necesario actualizar los datos financieros de ingresos y egresos, y apoyar en adelante en la implementación computacional con la finalidad de que los objetivos de optimización de las utilidades en el corto plazo.

La administración de Créditos y la gerencia general de la Caja Sullana, Chimbote deben tomar en cuenta el modelo matemático del crédito vehículo empresarial, si es necesario actualizar los datos financieros de ingresos y egresos, y apoyar en adelante en la implementación computacional con la finalidad de que los objetivos de optimización de las utilidades en el corto plazo.

La administración de Créditos y la gerencia general de la Caja Sullana, Chimbote deben tomar en cuenta el modelo matemático del crédito comercial, en caso de ser necesario actualizar los datos financieros de ingresos y egresos, y apoyar en adelante en la implementación computacional con la finalidad de que los objetivos de optimización de las utilidades en el corto plazo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alander, J.T. (1992). *On optimal population size of genetic algorithms. Proceedings CompEuro 1992, Computer Systems and Software Engineering*, 6th Annual European Computer Conference, 65-70.
- Alba, E., Cotta, C. (2003) *Tutorial on evolutionary computation*.
- Anderson, D., Sweeney, D. y T. Williams. (2004). *Métodos cuantitativos para los negocios*. México: Editorial Thomson. 822 p.
- Alvarez, A. (1999). *Análisis de riesgo crediticios*. Disponible en:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/laex/garcia_s_m/capitulo2.pdf
- Baker, J. (1987). *Adaptive Selection Methods for Genetic Algorithm*, en Grefenstette, J. (editor), *Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms*, Lawrence Erlbaum Associates, pag. 100-111, NJ.
- Banco Nacional de Fomento (1983). *Informe de Calificación. Solventa*.
- Barboza, M. A. (2014). *Aplicaciones de algoritmos evolutivos a finanzas*. Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada, Baja California.
- Beneke, R. y R. Winterboer. (1984). *Programación lineal aplicación a la agricultura*. España: Editorial AEDOS. 222 p.
- Caja Municipal Sullana. (2013). *Crédito personal directo*. Disponible en:
<https://docplayer.es/16558710-Credito-personal-directo.html>
- Cajasullana (2016). *Tarifario de comisiones – créditos*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/wp-content/uploads/2019/04/TARIFARIO-COMISIONES-GASTOS-CREDITOS-ABRIL-19.pdf>

- Cajasullana (2013). *Crédito con garantía de depósito plazo fijo*. Disponible en:
https://www.cajasullana.pe/003banercentral/formulas/credito_gta_plaz_ofijo.pdf
- Cajasullana (2015). *Crédito hipotecario coficasa*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/wp-content/uploads/2015/12/Coficasa.pdf>
- Cajasullana. (2017). *Crédito empresarial*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/wp-content/uploads/2017/08/Empresarial01AGO17-1.pdf>
- Cajasullana (2018). *Crédito empresarial*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/wp-content/uploads/2018/01/CreditoEmpresarial2018.pdf>
- Cajasullana. (2016). *Tarifas comisiones _créditos*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/wp-content/uploads/2019/04/TARIFARIO-COMISIONES-GASTOS-CREDITOS-ABRIL-19.pdf>
- Cajasullana. (2015). *crédito empresarial*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/creditos-3/credito-empresarial/>
- Cajasullana. (2015). *Agropecuario: beneficios y requisitos*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/creditos-3/credito-agropecuario/>
- Cajasullana. (2017). *Crédito empresarial*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/wp-content/uploads/2017/08/Empresarial01AGO17-1.pdf>
- Cajasullana. (2015). *Pesca: beneficios y requisitos*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/creditos-3/credito-pesca/>
- Cajasullana. (2015). *Vehicular empresarial: beneficios y requisitos*. Disponible en:
en: <https://www.cajasullana.pe/creditos-3/credito-vehicular/>
- Cajasullana. (2015). *Vehicular personal: beneficios y requisitos*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/creditos-3/credito-vehicular-personal/>
- Cajasullana. (2015). *Crédito comercial: beneficios y requisitos*. Disponible en:
<https://www.cajasullana.pe/creditos-3/credito-comercial/>
- Cajasullana (2014). *Créditos credigas gnv*. Disponible en:
https://www.cajasullana.pe/003banercentral/formulas/Credigas_GNV.pdf

- Cifuentes, L. (2007). *Optimización y Automatización del Proceso de Crédito para el Segmento Personas de una Institución Financiera*. Universidad San Francisco de Quito.
- Dasgupta, D., y Michalewicz, Z. (1997). *Evolutionary Algorithms in Engineering Applications*, Dasgupta, D., y Michalewicz, Z. (editores), Springer_Verlag, pag. 3-28.
- De Lara, A. (2008) *Medición y Control de Riesgos Financieros*, (3º ed.). Limusa: México
- De Jong, K. (1975). *An Analysis of the Behaviour of a Class of Genetic Adaptive Systems*, Ph.D. Thesis, University of Michigan, Ann Arbor.
- Eppen, G.,Gould, F.,Schidt, C., Moore, J. & Weatherford, L. (2000). *Investigación de operaciones en la ciencia administrativas* (5ª ed.). México: Prentice Hall. Disponible en: <https://jrvargas.files.wordpress.com/2009/01/investigacic3b3n-de-operaciones-en-la-ciencia-administrativa-5ta-edicic3b3n.pdf>
- Eshelman, L.J.;Caruana, R.A., y Schaffer, J.D. (1989). *Bases in the Crossover Landscape*, en Schaffer, J. (editor), Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann Publishers, pag. 10-19, San Mateo, CA, 1989.
- Fogel, D. y Ghozeil, A. (1996). *Using Fitness Distributions to Design more Efficient Evolutionary Computations*, en Fogel, D. (editor), Proceedings of the Third IEEE Conference on Evolutionary Computation, IEEE Press, pag. 11-19. Nagoya, Japan.

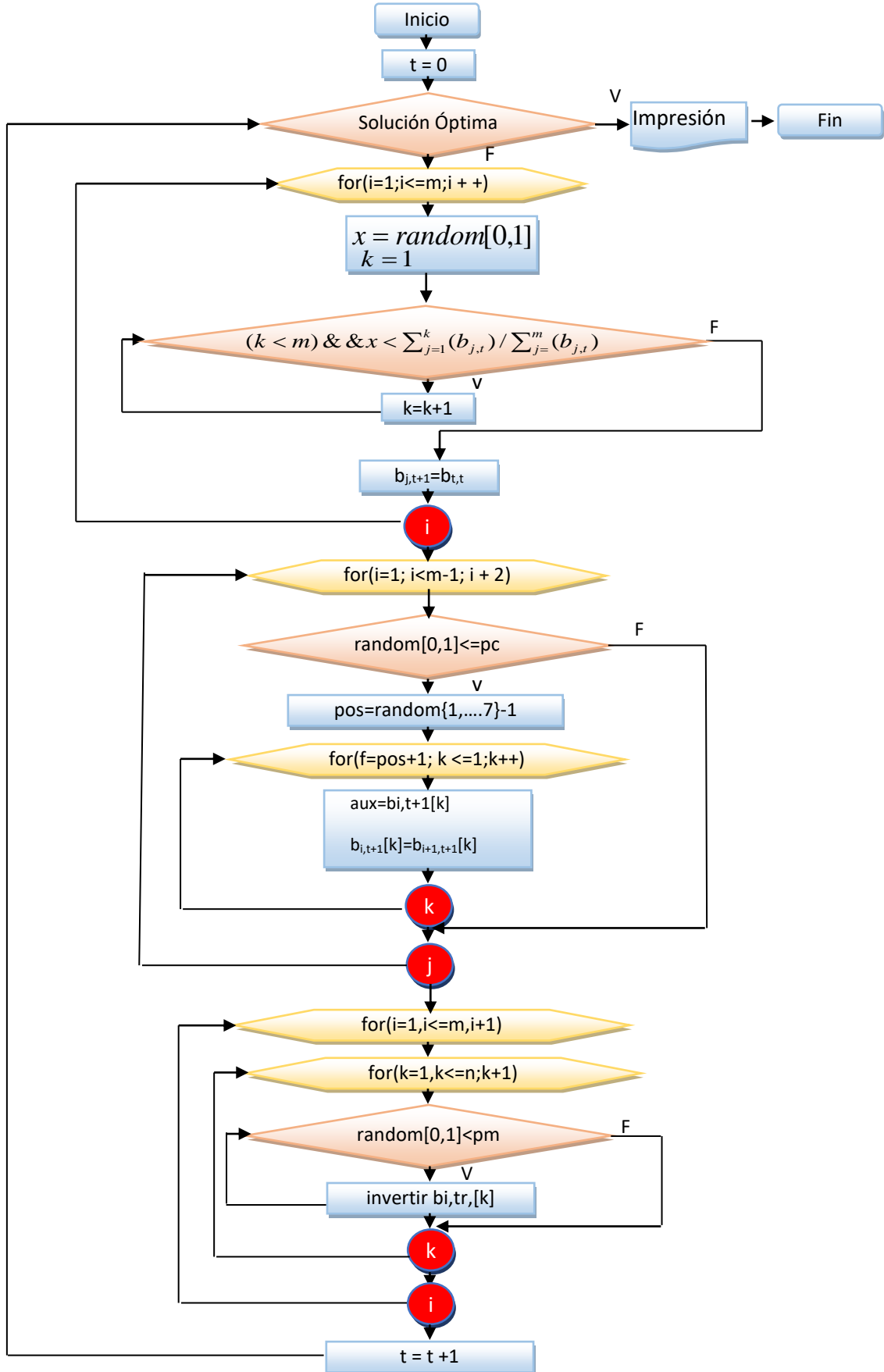
- Gen, M. y Runwei, C. (1997). *Genetic Algorithms and Engineering Design*, Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, Inc.
- Gen, M., y Cheng, R. (1996). *A Survey of Penalty Techniques in Genetic Algorithms*, en Fogel, D. (editor), *Proceedings of the Third IEEE Conference on Evolutionary Computation*, IEEE Press, pag. 804-809, Nagoya, Japan.
- Gen, M., y Kobayashi, T. (1994). *Proceedings of the 16th International Conference on Computers and Industrial Engineering*, Ashikaga, Japan.
- Goldberg, D. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.
- Goldberg, D. (2003). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Prentice Hall, USA.
- Grefenstette, J. J. (1986). *Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms*, en *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, SMC-16(1), pag. 122-128.
- Grefenstette, J., y Baker, J. (1989). *How Genetic Algorithms Work: a Critical Look at Implicit Parallelism*, en Schaffer, J. (editor), *Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms*, Morgan Kaufmann Publishers, pag. 20-27, San Mateo, CA.
- Hillier, F. S. y Liebermann, G. J. (2001). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Ed. McGraw-Hill.
- Holland, J.H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor.

- Koza, J. R. (1992). *Genetic Programming. On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. The MIT Press.
- Martínez, J. M. (2016). *Modelo de gestión financiera basado en la optimización de las necesidades operativas de fondos: el caso de las empresas farmacéuticas en España*. Tesis para obtener el grado de doctor. España. Universidad Complutense de Madrid.
- Membreño, S.(s.f.). *Portafolio de investigación de operaciones*. Disponible en: <http://angelicamembreño.blogspot.com/p/ramos.html>
- Michalewicz, Z. (2005). *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. Third, revised and extended edition. Mc Graw Hill, USA 2004.
- Moya, M. (1998). *La programación lineal*. Costa Rica: EUNED. 264 p.
- Muñoz, P. A. (2005). *Algoritmos genéticos*. México: Prentice Hall
- Orvosh, D. and Davis, L. (1995). *Using a Genetic Algorithm to Optimize Problems with Feasibility Constraints, en Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation*, IEEE Press, pag. 548-552.
- Philippe. J. (2002). *Financial Risk Manager*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. pp 85
- Ramos, H. M. (2017). *Implementación de una herramienta de análisis de riesgo de crédito basado en el modelo de rating de crédito, algoritmos genéticos y clustering jerárquico aglomerativo*. Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.
- Rosero, J. C. (2006). *Análisis y propuesta de optimización del proceso de crédito para la banca de empresas del banco xx*. Universidad andina Simón Bolívar de Ecuador.

- Ruiz, J. (2019). *Introducción a la programación matemática*. Disponible en:
<http://www.fdi.ucm.es/profesor/jjruiz/MasterUned/Documentos%20en%20aLF/Tema%200.pdf>
- Salto. C. (2000). Algoritmos genéticos. Recuperado de:
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4060/IV_-_Algoritmos_gen%C3%A9ticos.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- Schaffer, H., Caruana, R., Eshelman, R., y Das, R. (1989). *A Study of Control Parameters Affecting Online Performance of Genetic Algorithms Optimization*, en *Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms*, Morgan Kaufmann Publishers, pag. 51-60, San Mateo, CA.
- Superintendencia Banca y Seguro (2015). *Riesgo de crédito-CBS*. Disponible en:
<https://intranet2.sbs.gob.pe/estadistica/financiera/2015/Setiembre/SF-0002-se2015.PDF>
- Syswerda, G. (1989). *Uniform Crossover in Genetic Algorithms*, en *Proceeding of the International Conference on Genetic Algorithms*, pag. 2-9.
- Taha, A. Hamdy (1997). *Investigación de Operaciones. Una introducción*. Sexta Edición. Editorial Prentice Hall.
- Weber, J. (1984). *Matemática para administración y economía*. México: Editorial Hala. 823 p.

ANEXO 1

Diagrama de Flujo General de un Algoritmo Genético



ANEXO 2

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Algoritmos Genéticos aplicados a la optimización de los créditos en la Caja Sullana - Chimbote.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Algoritmos genéticos aplicados a la optimización de los créditos en la Caja Sullana – Chimbote	Los algoritmos genéticos proceden imitando el comportamiento evolutivo de los individuos vivientes. En la evolución los mejores individuos sobreviven y éstos generan nuevos individuos que formarán parte de la nueva población en el ciclo evolutivo, comienzan con una población inicial de individuos, representados por cadenas (strings) de acuerdo a la codificación utilizada (Koza, 1992).	Para aplicar los algoritmos genéticos en la optimización de créditos de la Caja Sullana se va modelar matemática los créditos con los datos de los indicadores de cada una de las dimensiones Crédito Empresarial, Crédito Agrícola, Crédito Pesca, Crédito Vehículo Empresarial, y Crédito Comercial.	Crédito Empresarial	Capital de crédito	Numérico Continuo
				Tasa efectiva anual	
				Número de periodos	
				Interés ganado pro cada tipo de crédito	
				Utilidad por cada tipo de crédito	
				Costos de desgravamen	
				Otros ingresos debido a la generación del crédito	
				Otros egresos debido a la generación del crédito	
			Crédito Agrícola	Capital de crédito	
				Tasa efectiva anual	
				Número de periodos	
				Interés ganado pro cada tipo de crédito	
				Utilidad por cada tipo de crédito	
				Costos de desgravamen	
				Otros ingresos debido a la generación del crédito	
				Otros egresos debido a la generación del crédito	
			Crédito Pesca	Capital de crédito	
				Tasa efectiva anual	
				Número de periodos	
				Interés ganado pro cada tipo de crédito	
				Utilidad por cada tipo de crédito	
				Costos de desgravamen	
				Otros ingresos debido a la generación del crédito	
				Otros egresos debido a la generación del crédito	
			Crédito Vehículo Empresarial	Capital de crédito	
				Tasa efectiva anual	
				Número de periodos	
				Interés ganado pro cada tipo de crédito	
Utilidad por cada tipo de crédito					
Costos de desgravamen					
Otros ingresos debido a la generación del crédito					
Otros egresos debido a la generación del crédito					
Crédito Comercial	Capital de crédito				
	Tasa efectiva anual				

				Número de periodos	
				Interés ganado pro cada tipo de crédito	
				Utilidad por cada tipo de crédito	
				Costos de desgravamen	
				Otros ingresos debido a la generación del crédito	
				Otros egresos debido a la generación del crédito	

ANEXO 03

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Algoritmos Genéticos aplicados a la optimización de los créditos en la Caja Sullana - Chimbote.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	VARIABLES
<p>GENERAL: ¿Cómo modelar la programación matemática de los créditos de la Caja Sullana - Chimbote 2018 basado en Algoritmos Genéticos aplicados con fines de optimización de las utilidades?</p>	<p>GENERAL: Modelar la programación matemática de los créditos de la Caja Sullana Filial Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades</p>	<p>Debido a que se va diseñar un diseño de modelos de programación matemática, no se va contrastar hipótesis, por lo tanto la hipótesis es implícita</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: No Experimental</p>	<p>V. 1. Algoritmos genéticos aplicados a la optimización de los créditos en la Caja Sullana - Chimbote</p>
	<p>ESPECIFICO: Modelar la programación matemática del crédito empresarial de la Caja Sullana - Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades.</p>		<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Diseño descriptivo propositivo tecnológico M --- O</p>	
	<p>Modelar la programación matemática del crédito agropecuario de la Caja Sullana - Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades.</p>			
	<p>Modelar la programación matemática del crédito pesca de la Caja Sullana - Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades.</p>			
	<p>Modelar la programación matemática del crédito vehicular empresarial de la Caja Sullana - Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades.</p>			
<p>Modelar la programación matemática del crédito comercial de la Caja Sullana - Chimbote 2018 basado en la aplicación de los Algoritmos Genéticos con fines de optimización de las utilidades.</p>				

