



Universidad Politécnica
de Madrid

**Escuela Técnica Superior de
Ingenieros Informáticos**



Grado en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

Simulación de Cuentas Corrientes

Autor: Álvaro Adánez Huecas

Tutor(a): Juan Antonio Fernández del Pozo de Salamanca

Madrid, Mayo 2023

Este Trabajo Fin de Grado se ha depositado en la ETSI Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid para su defensa.

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Informática

Título: Simulación de Cuentas Corrientes

Mayo 2023

Autor: Álvaro Adánez Huecas

Tutor: Juan Antonio Fernández del Pozo de Salamanca
Inteligencia Artificial
ETSI Informáticos
Universidad Politécnica de Madrid

Resumen

Entendemos la simulación como la modelización de sistemas reales o hipotéticos para comprender su funcionamiento o lograr predecir como será su comportamiento dentro de un contexto dado [1].

Dentro del campo de la simulación, definimos la simulación de eventos discretos como la aparición de ocurrencias instantáneas que pueden llegar a causar variaciones en el estado de nuestro sistema. Una parte importante dentro de este tipo de simulación, para medir el tiempo, es un reloj que puede tanto funcionar en tiempo real como a mayor o menor velocidad [2].

El propósito general del trabajo es realizar una simulación de cuentas corrientes de un cliente en un banco.

Este trabajo abordara diferentes tipos de perfiles basados en aspectos como cantidad de ingresos, tipos de gastos (periódicos, variables y extraordinarios entre otros), créditos , etc.

Se pretenderá obtener medidas de rendimiento en la simulación del estado financiero de un gran número de cuentas con una serie de condiciones iniciales y reglas estocásticas de evolución.

Se trata de construir un modelo de simulación con el objetivo general de lograr una herramienta de planificación, gestión y análisis.

Abstract

Simulation refers to the process of modeling real or hypothetical systems with the goal of understanding their functioning or predicting their behavior within a specific context [1].

Within the field of simulation, discrete event simulation is defined as the occurrence of instantaneous events that can cause variations in the state of our system. An important part of this type of simulation is a clock that can operate in real-time or at different speeds [2].

The main objective of this work is to simulate a customer's checking accounts in a bank. The study will examine various profiles based on different aspects such as the amount of income, types of expenses (periodic, variable, extraordinary, etc.), credits, etc.

Performance measures will be obtained by simulating the financial state of a large number of accounts using a set of initial conditions and stochastic evolution rules.

The aim of this simulation model is to develop a tool for planning, management, and analysis.

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
1.1. Definición del problema	1
1.2. Aspectos claves	2
1.3. Visión general	3
2. Estado del Arte	5
2.1. Modelizado	5
2.2. Simulación	6
2.2.1. Simulación continua	8
2.2.2. Simulación de eventos discretos	9
2.2.3. Otros tipos de simulación	10
2.2.4. Futuro de la simulación	10
2.3. Sistema y sector financiero	11
2.3.1. Evolución tecnológica del sector	12
2.3.2. Cliente bancario y cuentas corrientes	13
2.3.3. Tipos de cuentas corriente	13
2.3.4. Movimientos en cuentas corrientes	13
2.3.5. Sistemas de simulación relacionados	13
2.3.6. Aplicado a nuestro proyecto	14
2.4. Lenguaje y entorno de programación	14
2.4.1. Librerías python	15
2.4.1.1. Librerías de datos y cálculo	15
2.4.1.2. Librería gráfica	15
2.4.1.3. Librería interfaz	15
3. Desarrollo	16
3.1. Plan de trabajo	16
3.2. Conceptos previos	18
3.3. Modelo	20
3.4. Estructura	22
3.5. Fases del desarrollo y adaptaciones	25
4. Resultados	27
4.1. Resultados simulador	28
4.2. Resultados Analizador	30
4.2.1. Parte específica	30

TABLA DE CONTENIDOS

4.2.2. Parte global	33
4.3. Variedad de simulaciones	39
4.3.1. Segunda configuración	39
5. Conclusiones	42
5.1. Objetivos	42
5.2. Lineas futuras	42
5.3. Evaluación del proceso	43
6. Análisis de impacto	44
Bibliografía	45

Índice de figuras

3.1. Diagrama de Gantt	18
3.2. Ejemplo fichero	19
3.3. Diagrama Cliente	24
3.4. Diagrama Generador	25
4.1. Primeras gráficas individuales ejemplo estándar	30
4.2. Otras gráficas individuales ejemplo estándar	32
4.3. Tabla individual ejemplo estándar	33
4.4. Primeras gráficas globales ejemplo estándar	34
4.5. Otras gráficas globales ejemplo estándar	35
4.6. Tabla global ejemplo estándar	36
4.7. Más gráficas globales ejemplo estándar	37
4.8. Más gráficas globales segundo clúster	38
4.9. Más gráficas globales tercer clúster	38
4.10 Más gráficas globales cuarto clúster	38
4.11 Clustering KMeans ejemplo adicional	40
4.12 Tabla global ejemplo adicional	40

Capítulo 1

Introducción

1.1. Definición del problema

El propósito general del trabajo es realizar una simulación de cuentas corrientes de un cliente en un banco.

Dentro del contexto, actualmente, la necesidad de seguir avanzando y mejorando las tareas de modelización y simulación es un aspecto clave para el desarrollo, si estas labores se realizan de forma correcta permiten de una forma más sencilla el avance en un gran número de áreas sin tener que arriesgar o poner en peligro la situación actual. Es muy importante adaptarnos de forma correcta a nuestra situación para lograr los mejores resultados.

Este trabajo abordara diferentes tipos de perfiles basados en aspectos como cantidad de ingresos, tipos de gastos (periódicos, variables y extraordinarios entre otros), créditos , etc. Se pretenderá obtener medidas de rendimiento con la simulación del estado financiero del cliente y un gran número de cuentas con una serie de condiciones iniciales y reglas estocásticas de evolución.

Es un modelo de simulación con el objetivo general de lograr una herramienta de planificación, gestión y análisis Se usará la modelización como proceso encargado de desarrollar modelos válidos para tratar de convertir datos en información útil [3]. Este proceso se divide en diferentes fases [3]:

- Obtención de datos.
- Tratamiento de datos.
- Modelizado de datos.
- Visualización de los datos.
- Obtención de medidas de rendimiento.

Por otra parte, usaremos la simulación como generador de un gran número de opciones y posibilidades bajo una serie de condiciones iniciales y unas reglas

Introducción

estocásticas de evolución. La simulación, trata de acercarse lo máximo posible y de manera eficiente a la realidad con un cuerpo de conocimiento y una base de búsqueda de datos [2]. Tras entender ambos significados se presenta el siguiente método de trabajo:

- Crear un modelo que asemeje el área escogida.
- Observar el funcionamiento del modelo con varias simulaciones.
- Representar los diferentes resultados obtenidos
- Analizar los resultados y validar el proceso.
- Adaptar el modelo y repetir el proceso si fuera necesario.

Dentro de los diferentes tipos de simulación, destacamos la simulación de eventos discretos. Este tipo de simulación con ayuda de un reloj para medir el tiempo se encarga de monitorizar la aparición de ocurrencias instantáneas que pueden llegar a modificar el estado de nuestro sistema [2].

1.2. Aspectos claves

El objetivo general es lograr una herramienta de planificación, gestión y análisis para el estudio del estado financiero de varias cuentas corrientes. Existirán diferentes tipos de cuentas que se podrán ver afectadas por diferentes tipos de movimientos, patrones de eventos, etc.

Dentro de nuestro sistema, podremos cargar en cada ejecución distintos valores de entrada, estos valores de entrada o parámetros se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Parámetros para métodos estadísticos:
 - Variable distribución de Poisson, para generar el número de movimientos de una cuenta corriente.
 - Variables distribución normal, para calcular los diferentes importes según el tipo de movimiento.
 - Variables de creación y cancelación de cuentas, de esta forma podemos ajustar si nuestro sistema va a crecer en cuanto a número de cuentas, disminuir o mantenerse estable.
- Parámetros para el tamaño y desarrollo del sistema:
 - Número de cuentas.
 - Días de simulación.
 - Saldo inicial de las cuentas.
 - Tasa cancelación de cuentas.
 - Tasa creación de cuentas.

Introducción

- Parámetros para la visualización del resultado:
 - Cuentas a mostrar.
 - Datos a mostrar, tanto globales a nivel entidad, como individuales a nivel cuenta.

También hay que destacar que se usaran ficheros tipo CSV para ir guardando datos que se mostraran mediante la interfaz tras analizarse correctamente, estos datos incluirán:

- Identificador de la cuenta o cuentas, dependiendo del tipo de movimiento.
- Identificador del cliente.
- Estado de la cuenta.
- Tipo de cuenta.
- Hora y fecha de todos los movimientos.
- Importe de los movimientos.
- Tipo de movimiento.
- Cuentas implicadas en el movimiento, normalmente una, pero existen casos como transacciones en la que son más.
- Número de cuentas
- Balance de la cuenta.
- Estatus de la cuenta.

Por último, mediante la interfaz gráfica que monitoriza la simulación se podrá interactuar de forma directa con los datos. Mostrando diferentes grupos y tipos de gráficas. Ello ayudara a interactuar de una forma más fluida y obtener resultados eficientemente.

1.3. Visión general

El contenido de la memoria es como sigue:

- Estado del Arte, hablara sobre los antecedente de este trabajo y de la situación actual de temas o áreas relacionados.
- Introducción, tratara el contexto y los objetivos del trabajo.
- Desarrollo, detallara como ha sido el progreso del trabajo a lo largo del tiempo.
- Resultados, detallara todas las tareas y objetivos cumplidos.
- Conclusiones, analizara los objetivos, líneas futuras, procesos y desarrollo de este trabajo fin de grado.

Introducción

- Análisis de impacto, se centrará en el estudio de cómo este trabajo podría influir en la situación actual.
- Anexos, en este capítulo se incluirán todos los documentos de importancia relacionados con el trabajo de fin de grado.

Capítulo 2

Estado del Arte

En este capítulo, mostramos los fundamentos de la modelización y simulación en el contexto de trabajo. Además, describimos los aspectos de interés en el dominio de simulación del sistema: el sector financiero y la banca.

2.1. Modelizado

Entendemos el concepto de modelizar como conseguir una estructura que detalle correctamente los sistemas de información de una organización o empresa. Esta estructura tratara de facilitar el trabajo a todas las partes que deseen acceder a los datos, de tal forma que si en una empresa tenemos analistas, desarrolladores, encargados de soporte e ingenieros todos puedan acceder a la información que les interesa de la forma más sencilla y ordenada posible. El modelo también se encargará de tratar todos los métodos que se usaran para el acceso y almacenaje de los datos [3].

Existen diferentes tipos de modelizado [3] de los cuales nos centraremos en los siguientes:

- **Modelo entidad-relación:** Definimos una entidad como la representación de un dato o grupo de datos clave en un sistema, normalmente una entidad está formada por uno o varios atributos que representan las diferentes características, por ejemplo, dentro de una empresa financiera serían entidades una cuenta y un cliente con atributos como identificadores y balances. En este modelo, la representación de datos se basa en diagramas que relacionan las entidades que componen nuestro sistema. Todas las cargas de datos están pensadas para llevarse a cabo de una forma óptima teniendo en cuenta las diferentes entidades y la eliminación de datos redundantes, ello puede causar que las consultas de datos no sean tan rápidas.
- **Modelo orientado a objetos,** en este modelo los llamados objetos son los que representan los datos o grupo de datos clave del sistema. Podríamos decir que las entidades del anterior modelo se aproximan a los objetos de este. La principal diferentes de este tipo de modelizado es que no es necesario

que el proceso adapte los datos de las bases sino que puedes construir tus propios objetos que se adapten correctamente a los procesos, Un ejemplo de este tipo de modelo sería un sistema de transportes que tiene como objetos bicicletas, autobuses y coches con diferentes tipos de datos, se podría perfectamente relacionar estos distintos objetos y sus características dentro de un objeto llamado transporte sin tener que adaptarse a entidades y atributos.

- Modelo dimensional, este modelo es el más usado actualmente en determinadas empresas, se basa en guardar un gran número de datos priorizando la rapidez y dejando atrás otros aspectos como el espacio y redundancia [3]. En este tipo de modelo se prioriza antes la consulta que la carga de datos, puesto que al tener un gran número de datos y datos repetidos a la hora de actualizar un campo puede demorar mucho más que un modelo sin estas características. Por ejemplo, en un sistema de usuarios y valoraciones de establecimiento donde queremos filtrar por valoración media de usuario y por valoración media de establecimiento deberán de existir datos redundantes que ocuparán más espacio, pero permitirán acceder más rápido a los datos para filtrar.

Dentro de estos diferentes tipos de modelizado, normalmente el que mejor se adapta de cara a la simulación es el modelo orientado a objetos, esto se debe a que en la simulación se establecen una serie de valores iniciales y reglas estocásticas de evoluciones para poder lograr resultados, por lo que realizar consultas y cargas en bases de datos sería muy ineficiente.

2.2. Simulación

Los orígenes de la simulación se remontan hasta la segunda Guerra Mundial, cuando se usó por los matemáticos J.V. Neumann y S. Ulam para la resolución de problemas complejos con los comportamientos de los neutrones. En esta época, se utilizaban experimentos basados en prueba y error con el problema de que eran muy caros, por lo que decidieron realizar una aproximación basada en diferentes distribuciones de probabilidad y números aleatorios.

Durante la Guerra Fría el uso de la simulación se intensificó bastante para resolver problemas de índole militar, estos problemas estaban relacionados con sistemas de ecuaciones diferenciales no lineales. Para resolverlos usaban ordenadores analógicos que eran capaces mediante elementos electrónicos de realizar operaciones como integración, sumas, multiplicaciones, etc.

En los años 80 el uso de la simulación se generaliza en prácticamente todas las áreas de ingeniería y informática, como por ejemplo aviación, medicina, tiempo, etc. [4]

En la actualidad se ha ido centrando cada vez más en aspectos de ocio y en mejorar de manera segura la situación actual de cada área, por ejemplo, en el sector financiero reduce el riesgo de cometer un error y en el sector de transporte permite optimizar al máximo los recursos en función del tiempo.

Estado del Arte

Tras hablar brevemente de la historia, definimos la simulación como una técnica para probar, analizar o entrenar modelos en los que sistemas de la vida real se ponen a prueba o se figuran [2].

Una serie de aspectos claves sobre la simulación serían [2]:

- Esta continuamente en crecimiento y transforma cada vez más la forma en la que se investiga.
- Es considerada como una de las principales vías de investigación a través de la teoría y experimentación,
- Puede usarse dentro de muchas zonas de trabajo que no tienen por qué tener mucha relación entre sí como bien pueden ser la validación de modelos y experimentos, recopilación de información, control de procesos en tiempo real, predicción de resultados, evaluación de sistemas, respaldo de análisis y predicciones, etc.
- Pueden utilizarse desde los ordenadores más comunes con características estándar hasta ordenadores de alto rendimiento y sistemas distribuidos a gran escala.
- Dentro de ella los analistas y encargados de realizar simulaciones deben de estar obteniendo conocimiento constantemente para poder reducir al mínimo el riesgo de sus análisis y decisiones.
- Se desarrolla un sistema artificial de sucesos e influencias.
- Es usado cuando el suceso en la realidad es demasiado complejo como para plantear una solución analítica.
- Tiene un espectro de uso basado en la cantidad de ideas que se obtienen y la cantidad de condiciones de alta incertidumbre que existen.
- Su propósito es ser considerada como una representación realista y confiable del fenómeno que se estudia.
- Comúnmente es considerada como un modelo incompleto y en parte incorrecto puesto que las decisiones más importantes suelen ser tomadas en base a resultados anteriores.
- Para llevar a cabo una simulación es necesario establecer un contexto en el que se aplicaba lo que podría ocasionar la asunción de ciertas premisas.

Tras esta serie de aspectos, es muy importante explicar el ciclo de vida que siguen la mayoría de las simulaciones [2]:

1. Surge la idea o necesidad de que una simulación sería útil en un determinada área y se decide elaborar una.
2. Se establecen las características que va a tener, desde una simulación que se va a realizar y cerrar hasta una simulación que puede estar continuamente en supervisión y mejora. Para ello es necesario tener un gran entendimiento de para qué vas a simular y qué tipo de información quieres obtener.

3. Se produce un primer ciclo obtención de información.
4. Normalmente se producen muchos más ciclos para poder ir depurando y mejorando el sistema. En ocasiones, aunque alguien tenga una fuerte confianza de los datos que quiere obtener y piense que solo va a ser necesario un ciclo, es necesario más de uno porque descubre que el conocimiento que tiene no es lo suficientemente completo o porque quieren cambiar las características.
5. Tras superar la fase de obtención de información, se produce el desarrollo del simulador, en esta fase también puede darse el caso de volver o cambiar algunos aspectos de las fases anteriores.
6. La última fase se basa en la finalidad del simulador, si se hizo para tener un programa que no evoluciona, será usado las veces necesarias para obtener los datos y medidas de rendimientos planeadas sin ninguna evolución, en caso contrario se ira actualizando para mejorar la información obtenida.

Dentro de la simulación, existen diferentes tipos entre los que podemos destacar la simulación de eventos discretos y la simulación continua.

2.2.1. Simulación continua

La simulación continua está definida por variables que cambian continuamente con el tiempo, para representarla siempre es necesario la utilización de funciones continuas que puedan mostrar el estado del sistema en cualquier momento. Estas funciones normalmente están compuestas por modelos matemáticos que a su vez están formados por una o más ecuaciones con las variables del sistema. Dentro de estas ecuaciones las que más se utilizan son las ecuaciones diferenciales dado que son las más convenientes para ordenadores digitales [2].

Un ordenador digital funciona por naturaleza con pasos discretos en el tiempo debido a sus relojes internos que procesan instrucciones en un intervalo dado, por lo tanto para poder lograr una simulación continua es necesario usar ecuaciones diferenciales con la forma de Δt y así calcular basándonos en estos avances discretos en el tiempo cada vez más y más datos hasta lograr que los avances en el tiempo sean casi despreciables y conseguir que la representación del estado de las variables siga una curva continua .[2].

Un ejemplo de este tipo de simulación sería la velocidad a la que se mueve un coche desde que arranca hasta que está totalmente parado, el movimiento sigue la siguiente ecuación diferencial:

$$v(t + \Delta t) = v(t) + \alpha(t)(\Delta t)$$

Siendo $\alpha(t)$ la aceleración del coche en el tiempo t , esta velocidad está cambiando continuamente según aceleres o dejes de acelerar y pese a que para un ordenador digital sería difícil aproximarse con exactitud a esa representación continua, con la ecuación anterior si podría hacerlo.

Otro ejemplo más concreto e ilustrativo es la simulación de un MRU (movimiento rectilíneo uniforme), podemos encontrar diferentes herramientas que nos permiten entender cómo funciona esta simulación, en esta simulación [5] tras introducir el punto de partida, la velocidad inicial y la aceleración podemos observar gráficamente el espacio recorrido cambiado continuamente respecto al tiempo.

2.2.2. Simulación de eventos discretos

La simulación de eventos discretos por su parte no está relacionada con variables que cambian continuamente, sino que como su propio nombre indica estas variables cambian en momentos concretos, estas simulaciones en ordenadores digitales tampoco necesitan las ecuaciones diferenciales para acercarse a un suceso continuo puesto que no lo es.

El concepto de reloj y tiempo en este tipo de simulación generalmente es mucho más importante dado que se puede utilizar para desencadenar o activar eventos bajo el cumplimiento de una serie de reglas en el sistema. Este reloj no tiene por qué funcionar de la misma forma que el tiempo en la realidad, puede funcionar tanto a mayor como a menor velocidad según se requiera.

Un factor muy importante en este tipo de simulación es la aleatoriedad de los sucesos, por ejemplo cuando nos fijamos en el número de clientes que entran en una tienda, estos por naturaleza no tienen que venir en un determinado momento sino que vienen siguiendo un patrón aleatorio, por ello para representar estos tipo de sucesos es necesario el uso de distribuciones estadísticas que trabajen bajo una cierta incertidumbre. En el ejemplo anterior podríamos medir el número de clientes con una distribución log-normal con una media y desviación típica que se ajuste a la características y volumen de clientes de la tienda. La ocurrencia de estos sucesos depende de una lista de eventos en la cual cada suceso esta almacenado o generado junto con el tiempo en el que va a suceder, este tiempo suele estar decidido por un factor aleatorio que depende de la situación y características que se quieran simular [2].

Otro ejemplo de este tipo de simulación sería la espera de un cliente en un restaurante para realizar algún pedido, el sistema funciona de tal forma que el cliente, entra, realiza una acción (comer) y entra otro cliente, estas acciones varían de forma determinista o aleatoria, según los productos y los clientes. Entendemos el pedido como un suceso discreto en el tiempo que tiene que seguir un patrón, por ello como habíamos explicado debería de ser representado por una distribución estadística, pero esta no sería la única variable, también debemos de considerar entre otras variables, el dinero que gasta el cliente y el tiempo entre ellos. En el caso de número de clientes estos podrían ser representados por la distribución de Poisson, para calcular el tiempo de diferencia entre cada cliente, podríamos utilizar una distribución exponencial y para calcular la media de importes se podría utilizar una log-normal. [2].

Un ejemplo real sería el detallado en este documento [6], en el, con datos sobre

la producción, demanda y costes de una fábrica de componentes electrónicos, un problema de producción y varios tipos de sistemas para solucionarlo, se ha de simular cada uno de ellos para obtener el mejor rendimiento posible.

2.2.3. Otros tipos de simulación

Destacamos la simulación de Monte Carlo y la simulación basada en agentes [7].

La simulación de Monte Carlo es usada para el análisis de riesgos, por ejemplo, esta simulación se llevaría a cabo antes de empezar con un proyecto que cambiara la forma en la que se trata una operativa en un banco, el cambio de esta operativa podría influir en muchas otras generando riesgo para la empresa y siendo necesario su análisis para saber si es productivo, por así decirlo en este tipo de simulaciones es tan importante simular el producto o área cambiada como el impacto en el sistema que produce.

La basada en agentes por su parte se basa en análisis de un agente en un sistema, un ejemplo de este tipo de simulación sería el caso de cambiar una maquinaria dentro de una empresa de fabricación, habría que ver como se adapta el sistema a ese nuevo agente y como el cambio influye en las diferentes variables de la industria como bien podrían ser el tiempo de producción y la cantidad.

2.2.4. Futuro de la simulación

Predecir como va a ser el futuro comportamiento de un suceso plantea mayor dificultad cuando mayor es la precisión de la predicción. Durante muchos años las diferentes convenciones sobre simulación han hablado y planteado muchas cosas alrededor de este tema, en la mayoría de los casos se trataba la simulación tanto en pequeña escala como en grandes escalas, pero destacando más en pequeña escala.

Destacamos las simulaciones convergentes, normalmente los enfoques más comúnmente conocidos son el continuo y el discreto, relacionados ambos como dos enfoques independientes. Este tipo de simulación busca una convergencia de los enfoques aportando muchas más posibilidades, pero plantea muchos problemas. El principal problema es la cultura de la simulación ya que no acepta el hecho de reinventar algo que han inventado otros, otros problemas están relacionados con el formato de datos y la falta de comunicación entre los componentes de la simulación que han sido desarrollos de formas totalmente independientes [2].

Otro punto a destacar es el uso de inteligencia artificial junto con la simulación, utilizado para resolver problema de optimización en campos como materiales, química, biología, neurociencia, etc.

Si estos campos avanzaran, podríamos contemplar un futuro en el que este tipo de simulación tuviera el centro de atención.

2.3. Sistema y sector financiero

Un sistema financiero proporciona soporte para el crecimiento económico y el desarrollo, básicamente se encarga con todo lo relacionado con el dinero y todas las entidades que lo manejan. Por otra parte, el sector financiero se podría decir que son las entidades que forman parte del sistema financiero. Este sector es de gran importancia puesto que hace posible que el capital este en constante movimiento [8].

A la hora de hablar de una empresa que no es financiera, esta únicamente recoge su volumen de actividad a través de vías como ventas y facturación. En cambio, cuando se trata de una empresa que, si es financiera, esta recoge el volumen de negocio a través de su balance, tanto el activo (inversión crediticia) como el pasivo (depósitos captados de clientes u otros instrumentos de financiación). Ello hace que el análisis en el sector financiero sea un aspecto muy clave [9].

Para el correcto análisis financiero, los factores que se deben de tener en cuenta [9] son los siguientes:

- **Liquidez:** Poder hacer frente a la demanda de fondos líquidos. Esta se suele medir por los activos a primera vista, pero dentro del contexto de una entidad bancaria carece de sentido por su peculiaridad ilíquida (balance pasivo a la vista y balance activo a largo plazo).
- **Solvencia:** Características de los créditos y adecuación de recursos (endeudamiento). Hay que destacar que es necesario establecer ratios de solvencia, para poder afrontar la morosidad, estos ratios principalmente se basan en la calidad de los fondos propios y secundariamente en el apalancamiento (sistema en auge de endeudarse para invertir).
- **Rentabilidad:** Capacidad para generar beneficios con los recursos aportados. Es muy importante tener en cuenta tanto los plazos como los riesgos, el binomio rentabilidad y riesgo es un factor clave para este sector.
- **Existen dos formas de calcular el margen financiero (diferencia entre costos y ingresos) [10]:**
 - **Ex ante:** calculada en base a la diferencia entre el interés activo y el pasivo.
 - **Ex post:** calculada en base a la diferencia entre los ingresos obtenidos y los costos de obtener los depósitos.

La rentabilidad dentro de un banco se puede medir principalmente al comparar los diferentes balances de los activos o pasivos con el total de los activos o pasivos respectivamente y entre sí, con esta comparación, se podrá calcular el margen financiero que junto con las comisiones formaran el margen básico del negocio. Sin embargo, existe una gran limitación que es la imposibilidad de calcular con valores fuera del banco, únicamente se puede calcular con los valores recogidos en las cuentas anuales. Por ello, como hemos mencionado anterior-

mente con la morosidad en la solvencia, existen diferentes ratios que los bancos usan como referencia, estos ratios se calculan en base a información interna. Alguno de los ratios más empleados dentro la banco son [9]:

- En el caso de morosidad, entendiendo como el porcentaje de créditos que tienen dificultades para ser devueltos bajo las condiciones establecidas:
 - Créditos morosos / Créditos sobre clientes
 - Créditos morosos / (Créditos sobre clientes + Avaless)
 - Provisiones / Activos totales medios
 - Cartera en morosidad/ Activo total
- En el caso de solvencia, entendiendo como recurso para absorber pérdidas y afrontar riesgos:
 - Capital regulatorio / Activos ponderados por riesgos

Dentro de este contexto, simuladores que puedan usarse para calcular un futuro margen financiero tienen mucha utilidad, ya que con ellos podrás saber sus diferentes valores según vaya pasando el tiempo. El único problema que plantea el uso de simuladores es la propia entidad y todas áreas. Puede que al banco no le interese el propio valor de margen, sino que prefiere ver cómo afecta un determinado producto o cambio en área específica sobre ese valor, esto abre muchísimas opciones. Además, también debe de tomarse en cuenta que normalmente las estructuras de cada entidad financiera son internas y variantes, luego encontrar un simulador para todas es una tarea casi imposible. Pretenderemos crear un simulador de un área específica como son las cuentas corrientes que tenga un propósito general y que pueda ser fácilmente adaptado.

2.3.1. Evolución tecnológica del sector

Actualmente, la tecnología está cambiando el sector financiero y su modelo de negocio. Una serie de factores pueden provocar que el futuro del sector sea más abierto y dividido. Se prevé que en un futuro aparezca un gran número de competidores que puedan cambiar todo el panorama actual, siendo estos competidores de dos tipos [11]:

- Fintech, que traten de monopolizar partes marginales del mercado, en principio no resultarían graves por su tamaño y capacidad.
- Gigantes tecnológicos, cuyo valor en bolsa está un poco por debajo de la banca mundial, aunque sus activos y patrimonio estén muy por debajo.

Los gigantes tecnológicos se ven muy apoyados por su reputación y planean ir obteniendo cada vez más y más influencia. Esto hace pensar que técnicas que están en constante evolución como la simulación deban tenerse aún más en cuenta.

2.3.2. Cliente bancario y cuentas corrientes

Un cliente bancario es aquel que adquiere servicios de una entidad financiera y que puede disponer de diferentes tipos de cuenta, dentro de estas cuentas, una cuenta corriente es el tipo de cuenta más común, con ella un usuario puede hacer diferentes operaciones como transferencias, consulta de movimientos, conciliación de ingresos y pagos, etc. [12] Dentro de estas cuentas a su vez hay diferentes tipos.

2.3.3. Tipos de cuentas corriente

Las cuentas corrientes normalmente se rigen por la edad e intereses de cada persona, a grande escala podemos diferenciar estos tipos [12]:

- Cuenta sin comisiones: estas cuentas no tienen ni mínimo ni máximo y no requieren de una nómina ni tampoco de recibos.
- Cuenta nomina: esta cuenta te permite no tener comisiones por tener tu nómina o ingresos en su entidad bancaria.
- Cuenta joven: dispone de dos tipos de cuenta como las dos anteriores (nómina joven y sin comisiones joven) pero sumándole los beneficios y promociones de una cuenta joven, como es el caso de regalar algún tipo de suscripción a compañías como Spotify o Netflix.
- Cuenta niño: Para menores de 18 años, permiten más autonomía y a partir de cierta edad (normalmente sobre los 14 años) una cuenta adicional. Este tipo de cuenta es la que menos impacto suele tener, debido a que el tipo de movimientos que tiene suelen ser muy reducidos y a que no suelen tener un balance alto.

2.3.4. Movimientos en cuentas corrientes

Dentro de las cuentas corrientes los movimientos más comunes son [13]:

- Domiciliación: puede ser tanto de la nómina o pensión como de recibos, por lo que pueden generar tanto una ganancia como perdida.
- Transferencias: tanto retirar dinero de tu cuenta y enviarlo a otra como viceversa, por tanto, también pueden generar tanto perdida como ganancia.
- Liquidación de intereses: sucede cuando contratas un producto y este genera beneficio que puedes cobrar produciendo una ganancia.
- Ingreso y retirada de efectivo: puede producir tanto perdida como ganancia, en el caso de retirada e ingreso respectivamente.
- Pagos de adeudos y comisiones: adeudos como la hipoteca y comisiones por los servicios contratados con la entidad bancaria, generan perdida.

2.3.5. Sistemas de simulación relacionados

Dentro del sector financiero, algunos ejemplos de simulación son los siguientes:

- Simulador de ahorro e inversión, permite obtener distintos planes de ahorro adaptados a las necesidades y situación de cada persona[14].
- Simulador de planificación financiera, este simulador permite según los objetivos varias funcionalidades como el cálculo de rentas.
- Simulador de préstamos, permite elaborar una planificación sabiendo cuanto tendrás que pagar al pedir un préstamo [15].

2.3.6. Aplicado a nuestro proyecto

Nuestro trabajo se basa en la simulación de cuentas corrientes como herramienta de planificación, gestión y análisis, para ello básicamente se podrá usar la simulación juntos con unas series de condiciones para poder representar la situación real de la forma más completa posible. Nuestro sistema no pretende simular lo que significa una entidad financiera en su totalidad, sino que se centrará en analizar y simular de la mejor forma posible una parte específica como son las cuentas corrientes. Se podrá calcular el volumen de actividad perfectamente a través del número y balance de las cuentas y de sus diferentes tipos de movimientos, movimientos que irán evolucionando según avance nuestro sistema, desde los más básicos hasta más complejos.

El margen financiero será ex ante y se podrá calculara gracias al interés balance global de todas las cuentas y al interés de la inversión crediticia del banco. A su vez también se tendrá en cuenta diferentes limitaciones en base a datos del sistema y parámetros para poder controlar la morosidad, la solvencia de cada cliente y la rentabilidad dentro del banco entre otros aspectos, estas limitaciones serán básicas al principio e irán evolucionando de acorde a los movimientos.

La idea básica al crear el sistema será empezar con tres movimientos básicos en las cuentas (retirada, importe y transacción) y acabar con más tipos de movimientos como hipotecas, nóminas, subscripciones, etc.

Otro aspecto importante que debe seguir el sistema es la brindar diferentes posibilidades en base a diferentes parámetros iniciales de simulación.

Todo este sistema a su vez necesitará una herramienta de análisis y visualización, esta herramienta no solo deberá aportar datos de forma escrita, sino que también de forma gráfica.

En relación con los objetivo de desarrollo sostenible (ODS), nuestro sistema estaría de acorde con ellos y ayuda a la economía, industria e innovación.

2.4. Lenguaje y entorno de programación

Para la elaboración de este trabajo de fin de grado se han barajado principalmente dos lenguajes de programación, Java y Python. Entre ellos Python destaca por su velocidad y todas las librerías que facilitan el correcto desarrollo y simplificación del trabajo, como pueden ser librerías que contienen todo tipo de

operaciones con distribuciones estadísticas o librerías de análisis y gráficas.

En cuanto al entorno de programación se han tratado entorno como Eclipse, PyCharm, Visual Studio Code, Jupyter Notebook y anaconda, destacando PyCharm por todas las posibilidades que brinda tanto como compilador como supervisor de calidad de código.

2.4.1. Librerías python

Dentro de las librerías de Python consideraremos los siguientes tipos.

2.4.1.1. Librerías de datos y cálculo

Dentro de las muchas librerías de Python para el manejo de datos y el cálculo, unas de las más comunes son *pandas* y *numpy*, se pueden usar para crear listas, generar distribuciones estadísticas, leer y crear archivos tipo CSV, etc. Otra librería que destacar es *datetime* esta nos permite manejar las fechas y realizar diferentes cálculos con ellas y por último también nombrar la librería *stats* que nos permite realizar cálculos con diferentes grupos de datos.

2.4.1.2. Librería gráfica

Destaca principalmente *matplotlib*, con ella se pueden realizar un gran número de gráficas como diagramas de cajas, gráficas lineales, gráficas de dispersión, etc.

Otra librería que puede aportar gran utilidad es *skit-learn*, esta permite entre otras cosas, incorporar elementos de machine learning en nuestro sistema, un buen ejemplo de lo que nos permite, es la función *KMeans*. Esta función, selecciona los centroides de unos clúster iniciales que se pasan como parámetro por el usuario en base a una distribución de probabilidad empírica que usa la contribución de los puntos a la inercia general, permitiendo identificar grupos de datos y relaciones entre ellos [16].

2.4.1.3. Librería interfaz

Tkinter es una librería que sirve para crear interfaces que pueden incluir todo tipos de datos y medios visuales para verlos, como por ejemplo ventanas, frames, tablas, botones, etc.

Capítulo 3

Desarrollo

El desarrollo del trabajo se basará en diferentes fases que harán a nuestro sistema cada vez más completo y complejo.

3.1. Plan de trabajo

Dentro del plan de trabajo, nuestro principal cometido será lograr una herramienta de planificación, gestión y análisis para el estudio financiero de varias cuentas corrientes. Se seguirá la siguiente lista de objetivos:

1. Modelizado, estructuración e implementación realista de las cuentas corrientes con todos los diferentes tipos de perfiles y modelizado de los factores influyentes en las cuentas como las características de servicio al cliente, los diferentes tipos de movimientos, los diferentes patrones de eventos y el contexto económico.
2. Documentación y comprobación de las variables y objetivos de simulación.
3. Elaboración de un sistema de ficheros log para la salida del simulador: estados, saldos, etc.
4. Implementación de una interfaz esquemática del sistema que visualice tanto el estado de las cuentas como de la entidad.

A su vez, tendremos la siguiente lista de requisitos:

1. Definir la estructura de datos para las cuentas corrientes.
2. Definir los tipos de cuentas.
3. Definir medidas de rendimiento.
4. Establecer un sistema de ficheros log.
5. Implementar una interfaz gráfica para ver cada una de la cuenta y una visión global.

Por último, tendremos las siguientes tareas :

Desarrollo

1. Comprensión y elaboración del plan de trabajo.
2. Redacción de una memoria según avance el TFG.
3. Estudio sobre la situación actual del tema elegido, basándose en el contraste de diferentes fuentes y teniendo en cuenta las últimas actualizaciones e investigaciones.
4. Estudio sobre hasta qué punto nuestro trabajo esta de acorde con los objetivo de desarrollo sostenible (ODS).
5. Búsqueda y estudio de distintos fundamentos por los cuales podemos realizar el TFG.
6. Estudio de la mejor estructura posible teniendo en cuenta la documentación y el diseño de la salida sobre ficheros log.
7. Estudio general del problema, planteando diferentes perfiles para una cuenta corriente de un único banco. Teniendo en cuenta diferentes factores como ingresos, tipos de gastos ,etc.
8. Establecimiento de limites dentro del contexto si proceden, dependiendo del número de cuentas, capital mínimo, gasto máximo, etc.
9. Estudio de diferentes fuentes sobre simulación, estructura y tipos de datos, estadística, etc.
10. Estudio de diferentes soluciones basadas en diferentes tipos de simulación. Teniendo en cuenta diferentes tipos de variables establecidas con anterioridad.
11. Codificación de los diferentes algoritmos necesarios para el correcto desarrollo del TFG.
12. Elaboración de distintos tipos de prueba que ayuden a mejorar, comprobar y documentar la funcionalidad del TFG.
13. Documentación y análisis de los resultados. Distinguiendo los diferentes tipo de datos y factores, como por ejemplo gastos periódicos y variables.
14. Redacción de la memoria final
15. Presentación del TFG

De acuerdo con la numeración anterior de las tareas, observamos la siguiente planificación:

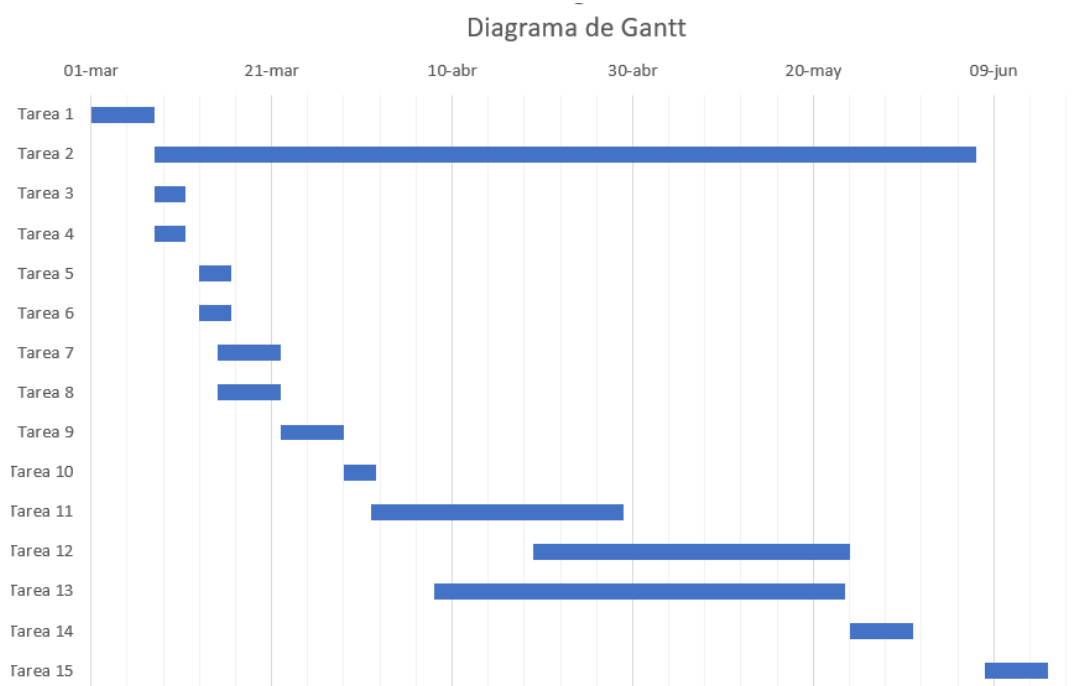


Figura 3.1: Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt mostrado (figura 3.1) es secuencial, tratara de desarrollar un prototipo y llevar a cabo varias iteraciones para el desarrollo de versiones. Desde el principio del trabajo se han mantenido reuniones semanales de unos 30 minutos de duración junto al tutor para discutir sobre todos estos aspectos. Estas reuniones han sido un factor clave para el correcto desarrollo del trabajo realizado.

3.2. Conceptos previos

Antes de hablar sobre la estructura y el modelo de nuestro sistema, así como de las diferentes partes y archivos que tiene para su correcto funcionamiento, vamos a tratar una serie de conceptos previos.

- Se construirá un modelo de simulación basado en eventos discretos, puesto que es la que más se asemeja a la situación real. Esto se debe a que a la hora de pensar en cómo funcionan los distintos tipos de cuentas corrientes vemos que los cambios que sufren no son continuos en el tiempo sino más bien discretos.
- Es necesario que el sistema de simulación para cumplir con todas las expectativas y desarrollarse de forma completa, tenga otra parte que se encargue de analizar toda la simulación. Además de una serie de ficheros compartidos para comunicarlasy ficheros con parámetros. Estas dos partes y los ficheros compartidos se explicarán más adelante.

Desarrollo

- Este sistema representa una parte concreta de una entidad financiera como son las cuentas corrientes, esto hará que se tomen ciertas decisiones para adaptar los procesos globales bancarios a nuestro sistema.
- Al representarse una parte concreta y al tratarse de un área tan compleja, se presentan un sin fin de posibilidades más.
- Al tratarse de una simulación basada en eventos discretos, el concepto de tiempo será clave y deberá de tratarse con mucho cuidado.
- Se podrá diferenciar entre los diferentes tipos de cuentas corrientes en base a sus distintos movimientos y beneficios.
- Habrá cuatro tipos de cuentas, cuentas sin comisiones, cuentas nóminas, cuenta sin comisiones joven y cuenta nómina joven.
- Se tratará de adaptar el sistema tratando de seguir de la mejor forma posible el funcionamiento de las cuentas corrientes en la realidad.
- Se realizará un prototipo simple que mejorará para convertirse en algo más complejo.
- Todos los ficheros usados tanto compartidos entre ambas partes o de parámetros serán CSV que estarán definidos con una primera fila o cabecera. A partir de esta primera fila las demás serán datos que se ajusten a la cabecera, un ejemplo bastante ilustrativo de este sistema sería la siguiente imagen:

```
1 TipoDeTransporte,ColorDelTransporte,MarcaDeTransporte
2 Coche,Rojo,BMW
3 Coche,Amarillo,AUDI
4 Coche,Azul,RENOULT
5 Coche,Blanco,PEUGOT
```

Figura 3.2: Ejemplo fichero

En la figura 3.2 podemos ver como la primera línea define los nombres de las variables mediante un separador y las demás proporcionan valores para esas variables mediante el mismo separador (en este caso la coma). Hay que tener muy controlado que el número de parámetros siempre sea correcto y se asignen en el orden correcto.

- Los movimientos finales que tendrán las cuentas corrientes son los siguientes:
 - Importes cotidianos, como bien podría ser generar algún beneficio o realizar un ingreso de capital. Movimiento puntual.
 - Retiradas cotidianas, como bien podría ser comprar algún producto o realizar una retirada de capital. Movimiento puntual.
 - Transferencias, realizar una cesión de capital de una cuenta a otra. Movimiento puntual.

- Hipoteca, pago de la hipoteca. Movimiento periódico.
- Nómina, cobro de la nómina salarial. Movimiento periódico.
- Suscripción, pago de una suscripción. Movimiento periódico.
- Crédito, pago o cobro de un crédito. Movimiento puntual y periódico.
- El margen de financiación se calculará en base al interés del balance pasivo y al interés del balance activo.
- Se llevará un control de morosidad durante la simulación, cuentas que estén en números rojos verán cada vez más delimitados sus tipos de movimientos (por ejemplos de los créditos).

3.3. Modelo

El modelo de simulación se basará en las siguientes partes:

- Simulador, esta parte se encargará de las partes más importante del sistema:
 - Definir y generar el cliente bancario.
 - Definir y generar las cuentas corrientes.
 - Recoger los parámetros que tienen las condiciones iniciales y establecer unas reglas estocásticas de evolución.
 - Recoger los parámetros para las diferentes distribuciones estadísticas.
 - Definir y generar los distintos movimientos de las cuentas corrientes.
 - Establecer fecha y hora específica para cada tipo de movimiento.
 - Cancelar y crear nuevas cuentas de acorde a los parámetros de simulación. Una cuenta cancelada no podrá volver a estar activa ni realizar ningún otro movimiento y contará con un balance nulo.
 - Crear los ficheros intermedios y volcar todos los datos que va generando para su posterior análisis.
- Analizador, esta parte se encarga de leer y analizar todos los datos que genera el simulador. Obtendremos a su vez diferentes medidas de rendimiento que ayudaran a mejorar el modelo. Permite visualizar sencillamente mediante una interfaz todas estas medidas de forma gráfica y esquemática, además de poder alternar con otras gráficas y aspectos claves de cada cuenta corriente.
- Ficheros intermedios, básicamente se usarán dos ficheros:
 - Fichero de movimientos, este fichero documentara como ha sido la evolución de las distintas cuentas corrientes en base a sus movimientos.

Sera un CSV en el cual a partir de la segunda fila cada fila representara un movimiento, a su vez las columnas definidas en la primera fila o cabecera representaran la siguiente información:

- Cliente al cual pertenece la cuenta corriente.
 - Identificador de la cuenta corriente.
 - Número total de las cuentas del cliente.
 - Fecha y hora exacta del movimiento.
 - Tipo de movimiento.
 - Cantidad retira o agregada a la cuenta corriente.
 - Balance total de la cuenta.
- Fichero con el estatus del cliente, este fichero también será un CSV en el que partir de la segunda fila cada fila representara una cuenta corriente, a su vez las columnas definidas en la primera fila o cabecera representaran la siguiente información:
 - Cliente al cual pertenece la cuenta corriente.
 - Identificador de la cuenta corriente.
 - Fecha del último movimiento o fecha de creación si no ha realizado ningún movimiento tras su creación.
 - Balance de la cuenta corriente.
 - Tipo de cuenta corriente.
 - Estado de la cuenta (activada o cancelada)
 - Ficheros de parámetros, serán dos CSV en los cuales la primera fila o cabecera definirá dos variables, el tipo de parámetro y su valor. Estos ficheros pueden ser fijados por el usuario a partir de la información disponible o bien para evaluar un escenario de interés, serán:
 - Fichero de entrada de parámetros para la simulación, este fichero contara con los siguientes parámetros:
 - Número de cuentas iniciales.
 - Salgo inicial de las cuentas.
 - Días de simulación mínimos.
 - λ para una distribución de Poisson que calcule el número de movimientos en base al número de cuentas y días de simulación.
 - Tasa de creación de cuentas (número en una escala del 0 al 100 que establezca la probabilidad de crear una cuenta).
 - Tasa de cancelación de cuentas (número en una escala del 0 al 100 que establezca la probabilidad de cancelar una cuenta).

- Factor de tiempo medio entre movimientos (número indicador del tiempo entre movimientos en minutos).
- Factor para cuentas jóvenes (número en una escala del 0 al 100 que establezca la probabilidad de que una cuenta tenga beneficios de jóvenes).
- Factor de tiempo anormal en movimientos (número en una escala del 0 al 100 que establezca la probabilidad de tiempo anormal de movimientos), para poder ajustar el número de movimientos en zonas horarias con menor actividad, como bien podría ser entre la 1:00 y 8:00 de la mañana.
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad retirada en el pago de una hipoteca.
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad importada en el pago de nómina.
- Valores mínimos para hipotecas y nóminas, cabe destacar que, si la media y desviación típica imposibilita llegar al mínimo, este valor no se tendrá en cuenta.
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad retirada en el pago de una suscripción.
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad en un crédito.
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad en los movimientos restantes.
- Fichero de entrada de parámetros para el análisis, este fichero es bastante más simple, únicamente tendrá tres parámetros que indicarán, la primera información que veras de la interfaz de análisis y los dos tipos de intereses, activo y pasivo. Podrás elegir entre ver información global de todas las cuentas o datos específicos de una cuenta.

3.4. Estructura

Cada una de las partes a su vez tendrá su estructura:

- Simulador: para entender más fácil esta parte diferenciamos dos subconjuntos, el generador y el cliente bancario. En el caso del cliente bancario tenemos los siguientes datos y funciones.
 - Id: Identificador del cliente
 - nCuentas: Número de cuentas corrientes del cliente.
 - cuentas: Lista con cada una de las cuentas del cliente.
 - historial: historial de movimientos del cliente y sus cuentas.

Desarrollo

- `nueva_cuenta`: Crear una nueva cuenta, aumentar el número de cuentas y añadirla a la lista.
- `create_historial_status`: Recoge la situación de cada cuenta y la devuelve para poder volcarlar al fichero de estatus.
- `activada`: consulta si una cuenta especifica del cliente se encuentra activada.
- `act_des`: modifica la situación actual de la cuenta para activarla o cancelarla.
- `movimiento1`: movimiento por el cual una cuenta corriente pierde capital, es necesario saber que cuenta corriente es, que tipo de movimiento, la fecha del movimiento y el importe.
- `movimiento0`: movimiento por el cual una cuenta corriente gana capital, es necesario saber que cuenta corriente es, que tipo de movimiento, la fecha del movimiento y el importe.
- `comprobacion_actividad`: comprueba la última actividad de una cuenta.

A su vez cada cliente podría tener entre 1 e infinitas cuentas, cada una tendrá los siguientes datos y funciones:

- `iden_cuenta`: Identidad de la cuenta.
- `balance`: El balance de la cuenta.
- `activada`: Indicador de si la cuenta se encuentra activa o por el contrario ha sido cancelada.
- `joven`: indicador de cuenta corriente joven.
- `set_joven`: modifica el indicador de si la cuenta corriente es joven.
- `set_activada` modifica el indicador de si la cuenta corriente esta activa.
- `activada`: devuelve si la cuenta esta activa.
- `ganancia`: movimiento por el cual una cuenta corriente gana capital, es necesario saber qué tipo de movimiento, la fecha del movimiento y el importe.
- `perdida`: movimiento por el cual una cuenta corriente pierde capital, es necesario saber qué tipo de movimiento, la fecha del movimiento y el importe.

Una forma más visual de entender como está distribuido el cliente y la cuenta es en la figura 3.3.

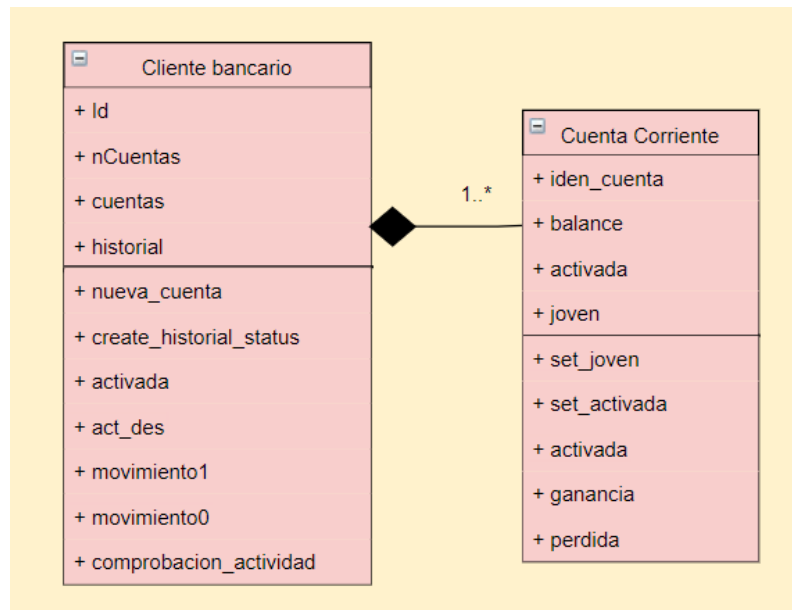


Figura 3.3: Diagrama Cliente

- Generador, tendremos los siguientes datos y funciones:
 - num_mov: Lista con el número de movimientos para las cuentas corrientes por día de simulación.
 - tipo_mov: Lista con los tipos de movimientos.
 - cantidad: Lista con las cantidad de las ganancias o pérdidas que genere los movimientos.
 - fechas: Lista con las fechas en las que sucede cada movimiento.
 - fecha: Fecha actual en la simulación.
 - avance_horas: Avance de tiempo de simulación, cabe destacar que este avance se basa en el factor de tiempo medio entre movimientos que viene como parámetro de entrada y la hora actual.
 - set_fecha: avance en el día de simulación.
 - generador: crea todas las listas anteriores teniendo en cuenta el avance de las horas y de los días de simulación.

Una forma más visual de entender como está distribuido el generador es en la figura 3.4.

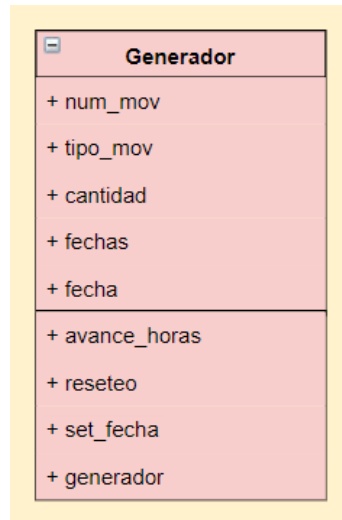


Figura 3.4: Diagrama Generador

En el caso del analizador, únicamente tendremos una parte que será la encargada tanto de analizar como de mostrar los datos mediante gráficas y tablas. Habrá dos tipos de vistas, una global del banco y otra individual por cada cuenta corriente. La interfaz gráfica permitirá ir alternando la vista según se requiera.

3.5. Fases del desarrollo y adaptaciones

El desarrollo de este trabajo fin de grado se ha basado en diferentes prototipos:

- Primer prototipo, este al ser el primero únicamente representaba una estructura básica a partir de la cual se podía seguir desarrollando. Tenía las siguientes características:
 - Modelo de clases completo, con cliente bancario, cuentas corrientes, generador y analizador.
 - Únicamente dos tipos de movimientos importes y retiradas. Movimientos puntuales y no periodicos.
 - Cantidad fija de cuentas corrientes, no se podían cancelar ni crear nuevas durante la simulación.
 - En el analizador solo se podían observar datos de cada cuenta corriente individualmente, no había una visión global como banco, también los datos y gráficas mostrados eran básicos (Diagrama de dispersión y barras, junto con una tabla con datos de la cuenta como número de movimientos y balance).
 - Solo existía un fichero intermediario entre simulador y analizador, el ficheros de los movimientos.
 - No existían cuentas con beneficios de jóvenes.

Desarrollo

- Las fechas eran tratadas con menor cuidado, tampoco existía un factor de tiempo entre movimientos como parámetro.
- No había fichero de parámetros para el analizador, solo para el simulador y con mucho menor número de movimientos en gran parte por la reducción de movimientos (no hay parámetros de distribución normal para hipotecas, nóminas, suscripciones, etc.)
- Segundo prototipo, este mejoro el anterior prototipo añadiendo las siguientes características:
 - Contenía todos los movimientos.
 - Se podían crear y cancelar las cuentas corrientes durante la simulación.
 - En el analizador, había una visión tanto global del banco como individual de las cuentas, pero faltaban gráficas y datos en las tablas que podían contener datos relevantes.
 - Mayor control de las fechas y existencia del factor de tiempo entre movimientos.
 - Existencia de fichero de parámetros para el analizador.
 - Al incorporar todos los movimientos también se añadieron más parámetros de distribuciones estadísticas. Este prototipo ya contaba con casi todos los parámetros de entrada al simulador.
- Tercer y último prototipo, nuevas características:
 - El analizador contaba con todas las tablas y gráficas importantes.
 - Ajustes y adaptaciones en la fechas para evitar desajustes entre tiempo de simulación y factor de tiempo entre movimientos (establecer un factor muy largo implicaba que en determinadas ocasiones la generación de fechas para los movimientos retrocediese en tiempo, al cambiar de mes o año).
 - Pequeños ajustes en los movimientos de cara a lograr una mejor simulación y análisis.
 - Se añadieron valores mínimos en determinados movimientos como pueden ser las nóminas y hipotecas.
 - Se añadieron determinadas casuísticas para controlar mejor las cuentas en números rojos y la morosidad.
 - Establecimiento de beneficios para cuentas jóvenes junto con su parámetro correspondiente.
 - Mejoras de eficiencia y ajustes en determinados parámetros.

Tras este prototipo, el desarrollo de nuestro sistema estaría completo y habríamos logrado una herramienta de planificación, gestión y análisis de cuentas corrientes mediante la simulación de eventos discretos y un analizador.

Capítulo 4

Resultados

En este apartado vamos a hablar de los distintos resultados que hemos obtenido, diferenciaremos tal y como se ha dicho en el desarrollo, dos partes, el simulador y el analizador. Para ver como son sus resultados vamos a hacer una ejecución estándar con los siguientes parámetros:

- Número de cuentas iniciales: 8.
- Salgo inicial de las cuentas: 2000.
- Días de simulación mínimos: 30.
- λ para una distribución de Poisson: 39
- Tasa de creación de cuentas: 40
- Tasa de cancelación de cuentas 10
- Factor de tiempo medio entre movimientos: 6
- Factor para cuentas jóvenes : 15
- Factor de tiempo anormal en movimientos. 15
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad retirada en el pago de una hipoteca:
 - Media: 1200
 - Desviación típica: 400
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad importada en el pago de nómina:
 - Media: 1500
 - Desviación típica: 400
- Valores mínimos para hipotecas y nóminas:
 - Hipoteca: 450
 - Nómina: 1050

Resultados

- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad retirada en el pago de una suscripción:
 - Media: 10
 - Desviación típica: 6
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad en un crédito:
 - Media: 200
 - Desviación típica: 800
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad en los movimientos restantes:
 - Media: 70
 - Desviación típica: 40
- Interés activo 3%
- Interés pasivo 0.5%

4.1. Resultados simulador

Los resultados del simulador son los ficheros intermedios que luego trataran el analizador. Para comprender todas las posibilidades que luego podrán ser analizadas, vemos las siguientes tablas (4.1 y 4.2).

Cliente	CC	Núm_CC	Tipo_movimiento	Cantidad	Balance	Fecha
Cliente_X	1	8	Nómina	1558.45	3258.45	22/05/2023 10:06
Cliente_X	6	8	Pagar Crédito	-874.28	1125.72	22/05/2023 10:22
Cliente_X	3	8	Ingreso	8.58	2000.58	22/05/2023 11:45
Cliente_X 5->4	5	8	Transacción Perdida	-24.47	1975.53	22/05/2023 19:02
Cliente_X 5->4	4	8	Transacción Recibida	24.47	2024.47	22/05/2023 19:02
Cliente_X	1	9	Retirada	-194.93	3063.52	22/05/2023 20:27
Cliente_X	7	10	Hipoteca	-1381.35	627.93	23/05/2023 09:27
Cliente_X	4	10	Recibir Crédito	1556.88	3610.67	23/05/2023 12:42
Cliente_X	3	10	Suscripción	-3.7	1996.88	23/05/2023 15:01

Cuadro 4.1: Tabla fichero movimientos

Esta tabla 4.1 es un ejemplo muy simplificado (Un movimiento de cada tipo) del primer fichero intermedio, el de los movimientos, lo usaremos para poder ver como se tratan los distintos tipos de movimientos. Destacamos los siguientes aspectos:

- Cuando en la cabecera está escrito 'CC' esto se refiere a la cuenta corriente que ha hecho el movimiento.
- 'Num_CC' Se refiere al número total de cuentas en el sistema.

Resultados

- Como ya se ha explicado, cada línea se refiere a un tipo de movimiento, este movimiento no tiene que estar destinado a la misma cuenta, de hecho, en este ejemplos no se reitera ninguna.
- Los resultados que se generan siguen estrictamente el orden cronológico, no es posible retroceder en el tiempo.
- En el caso de transacciones, en el nombre del cliente también se indica los números de cuentas implicados. Estas transacciones no tienen que ser estrictamente realizadas en ambos sentidos, con cuentas corrientes del mismo cliente como es este caso, pueden también ser en un único sentido.
- El balance ya tiene en cuenta el movimiento realizado, por ejemplo, en el primer movimiento de nómina, podemos observar un balance de 3258.45 este valor ya tiene en cuenta los 1258.45 que suma el movimiento.
- Normalmente, el tamaño en líneas de ficheros usados para analizar es de mínimo 9000 movimientos (en esta ejecución 9300), este valor también depende del número de cuentas que tiene el sistema y del tipo de simulación que se quiera realizar.

Cliente	CC	Fecha_Ult_Mov	Balance	Tipo_CC	Estatus
Cliente_X	1	21/06/2023 00:36	5596.69	Cuenta nómina joven	Activada
Cliente_X	2	30/05/2023 14:58	0.0	Cuenta nómina joven	Cancelada
Cliente_X	3	22/05/2023 14:18	0.0	Cuenta nómina	Cancelada
Cliente_X	4	21/06/2023 01:21	4141.64	Cuenta nómina	Activada
Cliente_X	18	25/05/2023 12:18	0.0	Cuenta sin intereses	Cancelada
Cliente_X	29	13/06/2023 08:23	0.0	Cuenta sin intereses joven	Cancelada
Cliente_X	46	20/06/2023 18:59	133.69	Cuenta sin intereses joven	Activada
Cliente_X	65	19/06/2023 16:42	1890.47	Cuenta sin intereses	Activada

Cuadro 4.2: Tabla fichero estatus

Esta tabla 4.2 representa las diferentes posibilidades o estatus en las que se puede encontrar una cuenta corriente. Observamos los 4 tipos diferentes de cuentas y sus dos posibilidades de estatus, activada y cancelada. Destacamos los siguientes aspectos:

- Al igual que en la anterior tabla, cuando en la cabecera está escrito 'CC' esto se refiere a la cuenta corriente que ha hecho el movimiento.
- Las cuentas aparecen en orden según su número.
- Apreciamos que cuando una cuenta se cancela, retira todo su dinero.
- Pese a que una cuenta se cancele, se sigue manteniendo la fecha de su último movimiento.
- El balance total de las cuentas es superior cuando se trata de cuentas nóminas, tanto jóvenes como convencionales. Esto se debe a que la nómina es el movimiento que más ingreso económico suele implicar junto con los créditos. Este aspecto se observará mejor en los resultados del analizador.

4.2. Resultados Analizador

En cuanto a los resultados del analizador, son muchos más. Nos centraremos primero en los resultados que se pueden observar de una cuenta corriente y posteriormente nos centraremos en la vista global. Cabe recordar que seguimos con la misma configuración del primer apartado.

4.2.1. Parte específica

Usaremos la cuenta con el identificador de 1 (se podría elegir cualquiera de ellas), ya que la hemos puesto de ejemplo tanto en el fichero de movimientos como en el de estatus. Lo primero que podemos apreciar al ejecutar el analizador es la siguiente ventana (figura 4.1):

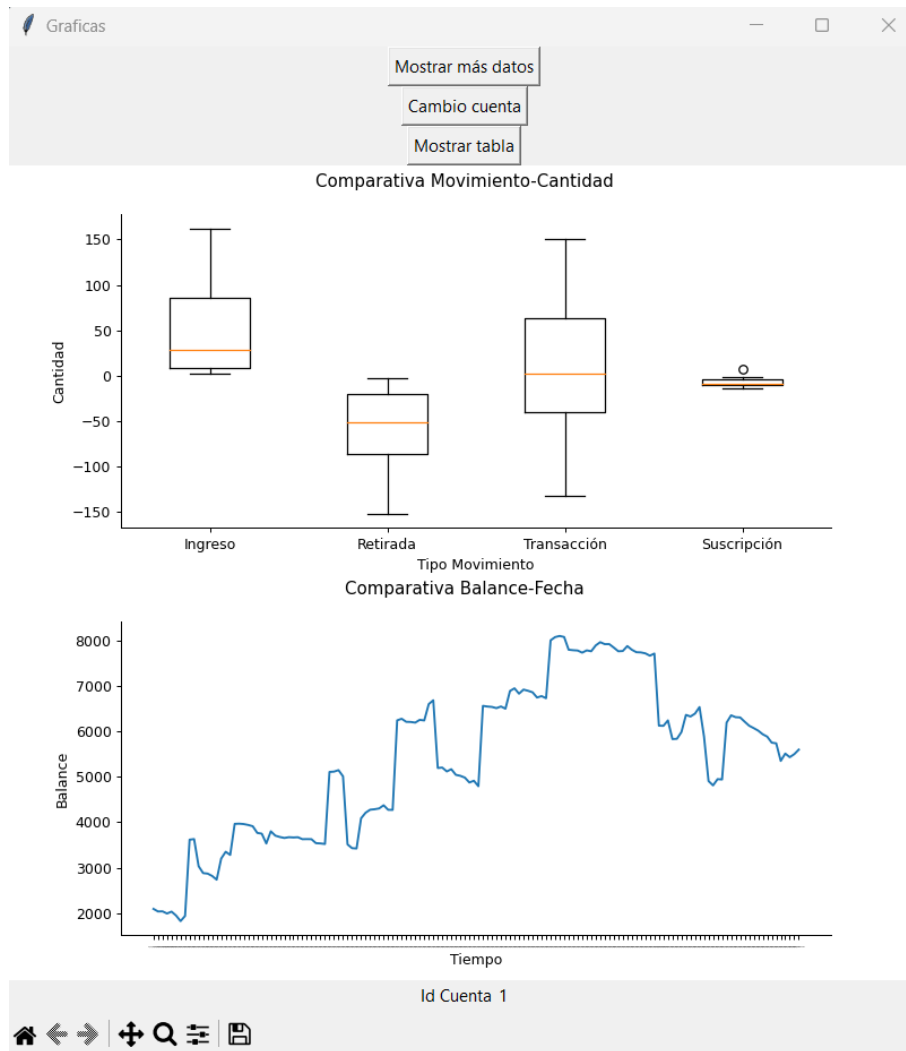


Figura 4.1: Primeras gráficas individuales ejemplo estándar

En esta ventana, podemos observar varias cosas:

- Una primera gráfica (parte superior figura 4.1) con un diagrama de cajas

Resultados

múltiple para la cuantía que implica cada movimiento, en este caso hay un diagrama de cajas para ingresos, retiradas, transacciones y suscripciones. Con este diagrama de cajas, centrándonos en los ingresos, podemos fácilmente apreciar lo siguiente:

- No hay valores atípicos (círculos fuera de los bigotes, si nos fijamos en la suscripciones si hay uno) , valor máximo de 164 (bigote superior) y valor mínimo de 1 (bigote inferior).
- Distribución de los datos en 4 partes delimitadas por el valor mínimo, primer cuartil, la mediana (línea de color naranja), tercer cuartil y valor máximo.
- Tendencia general de los valores con la mediana sobre 30.
- La mitad de los valores están entre el primer y tercer cuartil (rango intercuartílico 10-90).

De cara a la visión general como diagrama de cajas múltiple y no específica de la gráfica con un tipo de movimiento. Podemos apreciar que rango de valores han tenido cada movimiento y la tendencia general de cada movimiento.

- En cuanto a la segunda gráfica, esta gráfica representa la variación del balance de la cuenta corriente a lo largo de los días de simulación, podemos observar que, tal y como sale en el fichero de estatus su último balance es sobre 5600 y esta activa.
- Por último, tener también en cuenta las diferentes opciones que ofrece la ventana con los botones:
 - Mostrar más datos, mostrara más gráficos que vamos a mirar a continuación.
 - Cambio cuenta, pedirá un número que debe ser -1 si queremos ver la visión global o en su defecto el número de cuenta que queremos observar.
 - Mostrar tabla, mostrara valores importante de la cuenta corriente.
 - En la parte inferior, el id de la cuenta que estamos observando.

Si le diéramos a mostrar más datos tendríamos la siguiente ventana (Figura 4.2):

Resultados

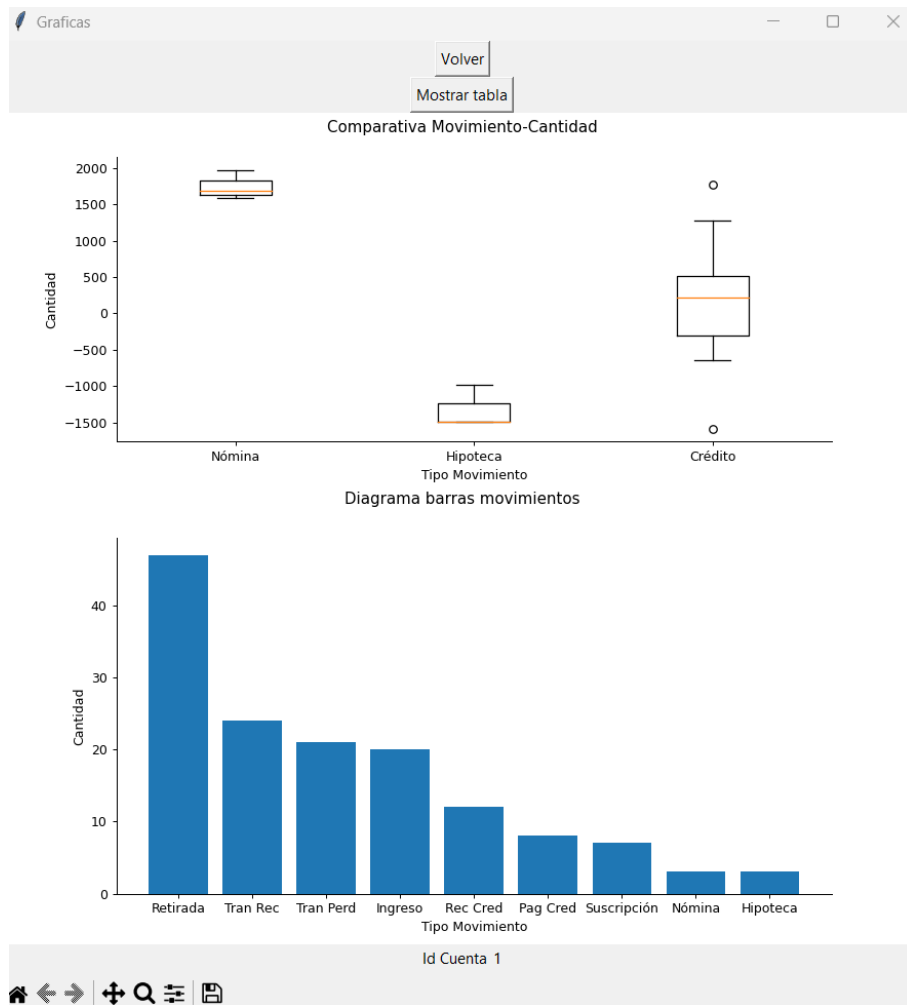


Figura 4.2: Otras gráficas individuales ejemplo estándar

En esta ventana podemos apreciar un diagrama de cajas múltiple con el resto de los movimientos, además también se puede observar un diagrama de barras con el número de movimientos, en este caso dado que la cuenta esta activa no ha existido ningún movimiento de cancelación. Todas estas gráficas dan una buena idea de cómo ha sido la evolución de la cuenta y que tipos de movimientos han supuesto un mayor impacto.

Para finalizar con la vista individual de una cuenta, vamos a mirar la opción de mostrar tabla (figura 4.3):

Resultados



The image shows a screenshot of a Tk window. At the top, there is a title bar with the text 'tk' and standard window control buttons (minimize, maximize, close). Below the title bar is a button labeled 'Volver a gráficas'. The main content area of the window contains a table with two columns: 'Dato' and 'Valor'. The table lists the following data:

Dato	Valor
Id Cuenta	1
Valor medio balance	5370.26
Estatus Cuenta	Activada
Último movimiento	21/06/2023 00:36
Último balance	5596.69
Tipo de cuenta	Cuenta nómina joven

Figura 4.3: Tabla individual ejemplo estándar

En esta tabla podemos observar de una forma sencilla, los valores que salen en el fichero de estatus y el balance medio que ha tenido la cuenta durante toda la simulación.

Con todos estos gráficos y valores de la tabla, ya nos podemos imaginar perfectamente cual es la situación de la cuenta que estamos observando y cuáles son los movimientos que más han afectado a su situación final. En caso de esta cuenta nómina joven, podemos apreciar que su balance positivo, respecto al balance inicial de 2000 (parámetro), se debe a que ha pedido muchos crédito que todavía no ha devuelto y a que la distribución de valores de las nóminas es más alta que el de las hipotecas. Pese a que haya retirado mucho más dinero que ingresado, esta cuenta también ha recibido más transacciones y no ha tenido demasiadas suscripciones significantes (pocas suscripciones y su distribuciones de valores es muy cercana a 0).

4.2.2. Parte global

En cuanto la vista global, tendremos como primera ventana la siguiente (figura 4.4):

Resultados

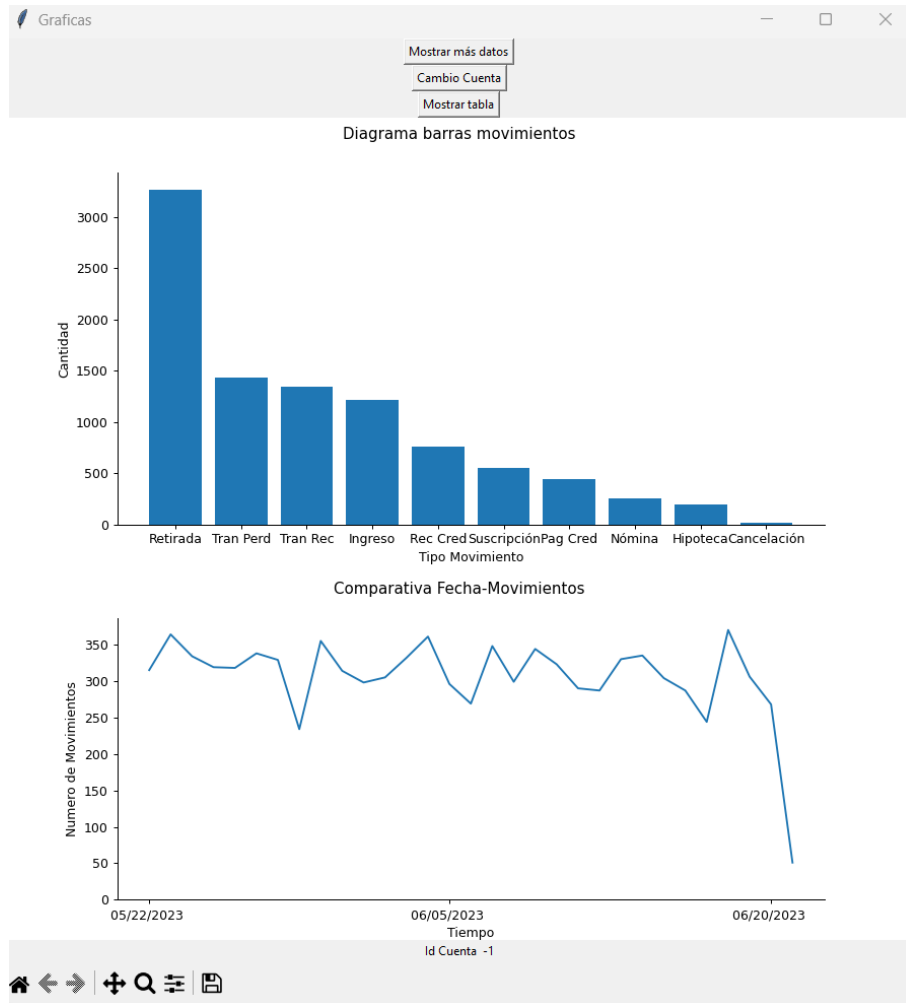


Figura 4.4: Primeras gráficas globales ejemplo estándar

En la primera gráfica (parte superior figura 4.4), observamos que se trata de la misma que tenemos en la vista individual (una gráfica de barras de todos los movimientos) pero teniendo en cuenta todas las cuentas y el movimiento de cancelación de cuenta.

La segunda gráfica lineal, representa el número total de movimientos por cada día de simulación.

Destacamos el final de la gráfica, vemos que los movimientos caen en picado, esto se debe a la configuración. El tener un factor de tiempo entre movimientos tan alto (6 minutos) respecto al número total de movimiento por día (Variante dependiendo del número de cuentas), implica que algunos movimientos del último día pasen a un día extra de simulación, por ello, también está especificado en el parámetro de número de días de simulación que estos días son los mínimos. En este caso hemos tenido 30 + 1 días de simulación.

Observamos también diferentes posibilidades como en la vista específica:

Resultados

- Mostrar más datos, mostrara más gráficos que vamos a mirar a continuación.
- Cambio cuenta, pedirá un número que debe ser -1 si queremos ver de nuevo la visión global o en su defecto el número de cuenta que queremos observar.
- Mostrar tabla, mostrara valores importante de la vista global.

Si le diéramos a mostrar más datos tendríamos la siguiente ventana (figura 4.5):

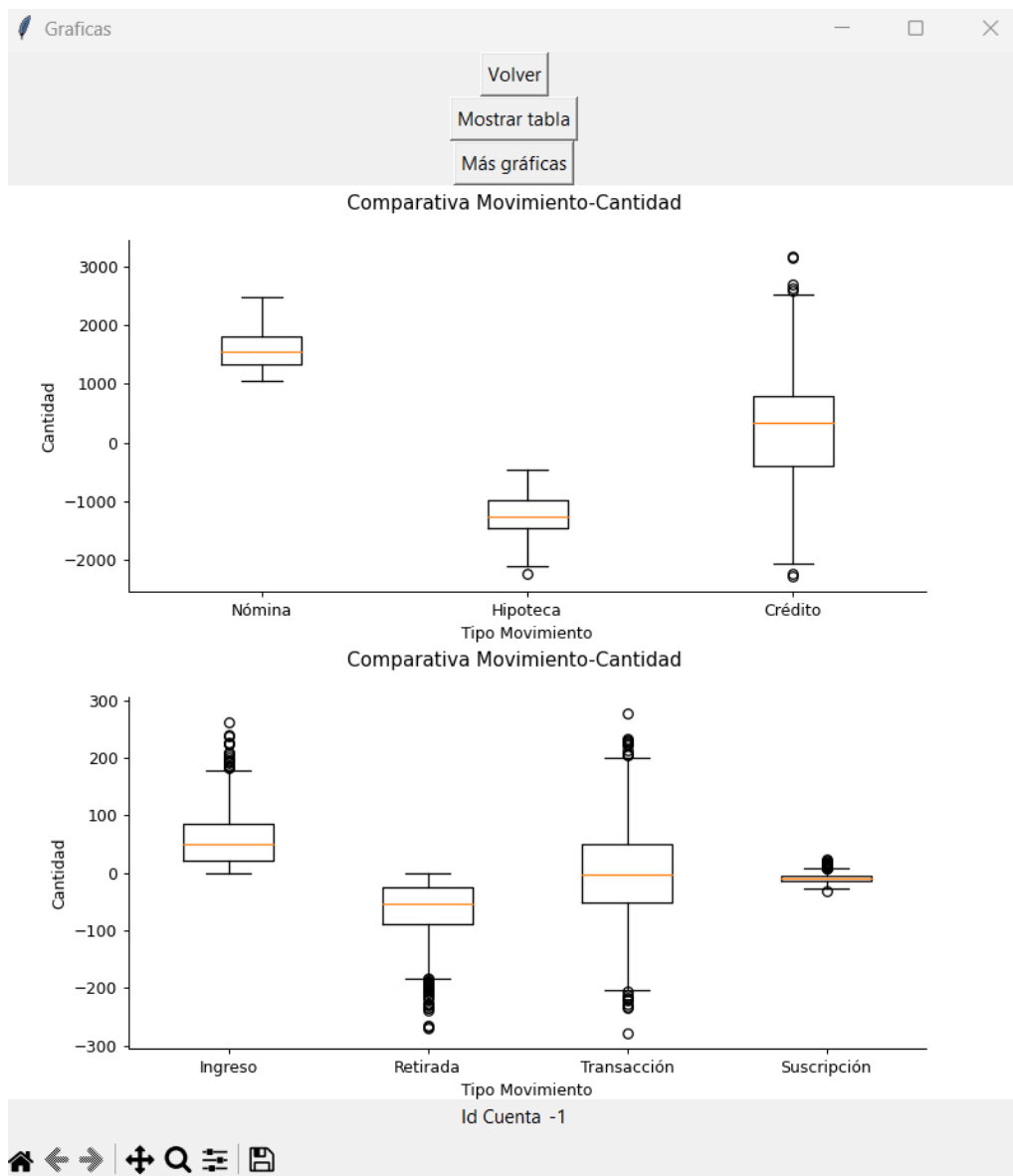
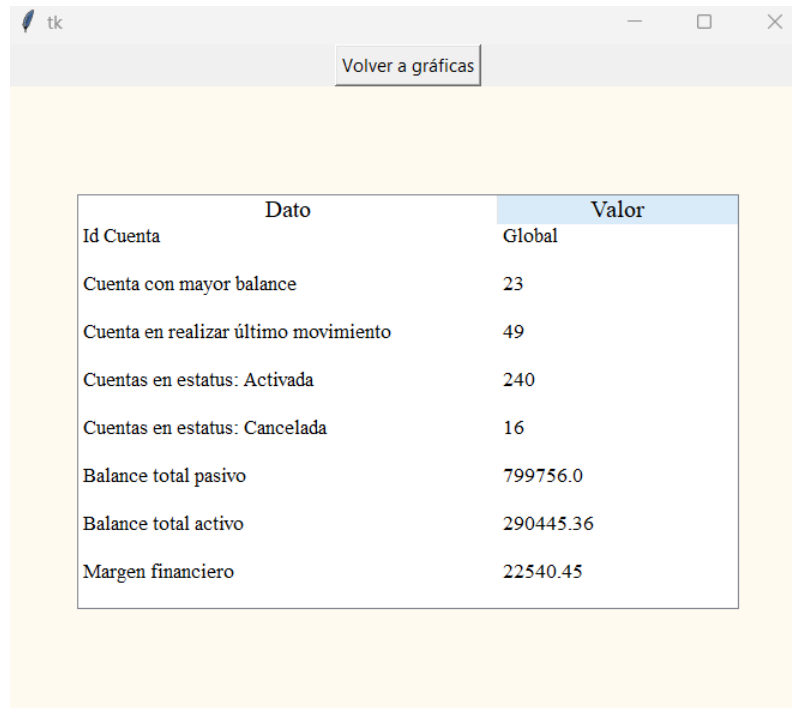


Figura 4.5: Otras gráficas globales ejemplo estándar

En este caso, tenemos dos diagramas de caja múltiple, que contienen todos

Resultados

los tipos de movimientos, este tipo de diagrama también lo tenemos para vista individual pero en este caso es mucho más complejo debido al número de datos. Dándole a la opción de mostrar tabla, veríamos lo siguiente (figura 4.6):



The screenshot shows a window titled 'tk' with a button labeled 'Volver a gráficas'. Below the button is a table with two columns: 'Dato' and 'Valor'. The table contains the following data:

Dato	Valor
Id Cuenta	Global
Cuenta con mayor balance	23
Cuenta en realizar último movimiento	49
Cuentas en estatus: Activada	240
Cuentas en estatus: Cancelada	16
Balance total pasivo	799756.0
Balance total activo	290445.36
Margen financiero	22540.45

Figura 4.6: Tabla global ejemplo estándar

Observamos diferentes tipos de parámetros:

- Id de cuenta global.
- Cuenta con mayor balance.
- Cuenta que ha realizado el último movimiento.
- Número de cuentas activadas.
- Número de cuentas canceladas.
- Balance total pasivo, calculado en base al balance individual de cada cuenta.
- Balance total activo, calculado en base a la diferencia de balance entre créditos pagados y recibidos.
- Margen financiero, calculado en base a los dos valores anteriores y los intereses.

Nos damos cuenta como en apenas 31 días hemos pasado de 8 cuentas a 256, esto se debe a que la tasa de creación de cuentas que hemos establecido como parámetro es medianamente alta, solo 16 de ellas están canceladas debido a que la tasa de cancelación de cuentas no era demasiado alta. También teniendo en

Resultados

cuenta que el saldo inicial es de 2000 y son 256 cuenta (512000 de balance pasivo inicial), si observamos el balance pasivo el balance general tiende a crecer. Pero si tenemos en cuenta también el activo , el balance tiende a estar estable (como debería de ser ya que es una ejecución estándar).

Todos estos diagramas y la tabla son muy útiles de cara a saber cómo es el balance global, pero sigue faltando la necesidad de identificar diferentes grupos en función del balance y el tipo de cuentas. Para ello, en la anterior ventana 4.5, observamos que a diferencia de la vista individual, en esta tenemos la opción de ver todavía más gráficas.

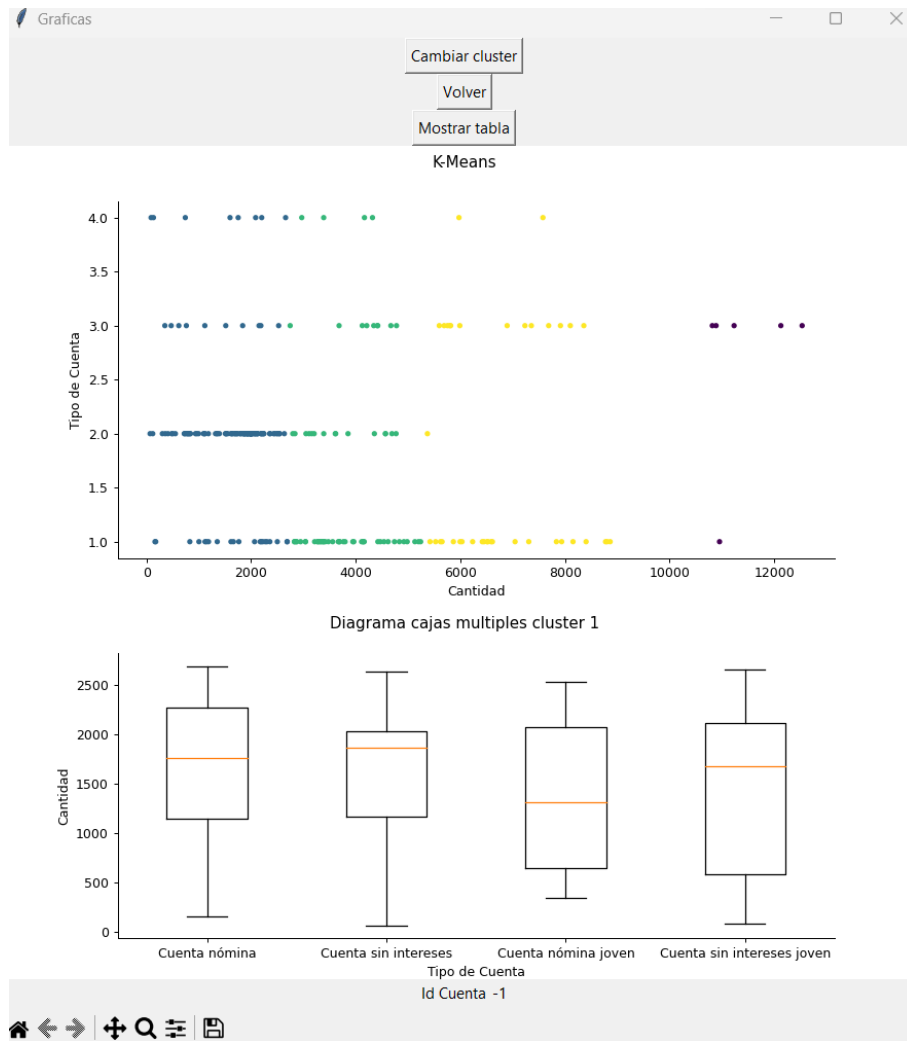


Figura 4.7: Más gráficas globales ejemplo estándar

En esta ventana (figura 4.7), observamos primero una gráfica que sigue un método de agrupamiento basado en KMeans clustering, este gráfica sigue el siguiente algoritmo de datos 'Cuenta nómina' es 1, 'Cuenta sin intereses' es 2, 'Cuenta nómina joven' es 3 'Cuenta sin intereses joven': es 4. Este tipo de agrupamiento

Resultados

divide y agrupa los datos en base a diferentes clústeres, en este caso se han elegido 4 clúster debido al volumen de datos, si tuvieran un mayor volumen podríamos elegir más o menos número de ellos. Cada uno está identificado por un color y en la segunda gráfica, podemos apreciar un diagrama de cajas múltiple en el cual cada caja implica un tipo de cuenta. Esta gráfica representa únicamente los datos del clúster que le hemos indicado (el número que pide al seleccionar más gráficas) a su vez también nos da la opción de ir cambiando de clúster en función de la parte que queremos observar. A continuación, podemos apreciar los demás clústeres (figura 4.8):

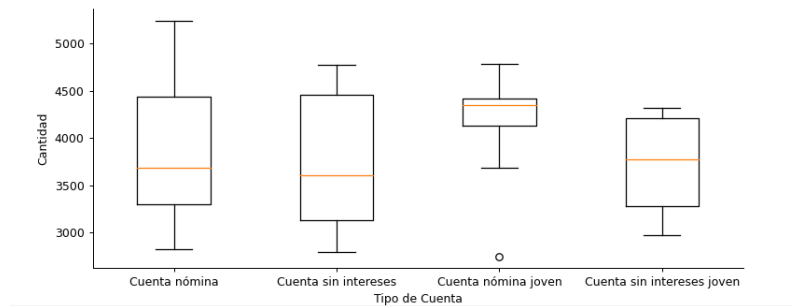


Figura 4.8: Más gráficas globales segundo clúster

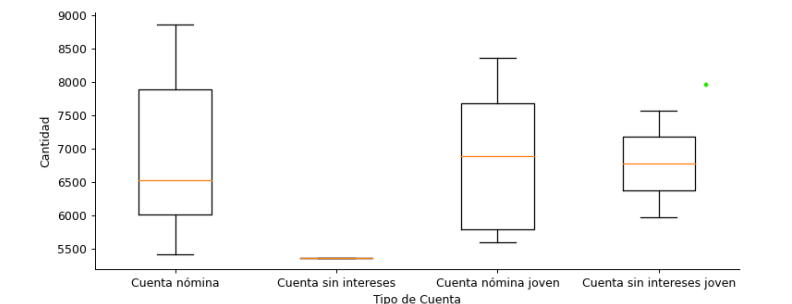


Figura 4.9: Más gráficas globales tercer clúster

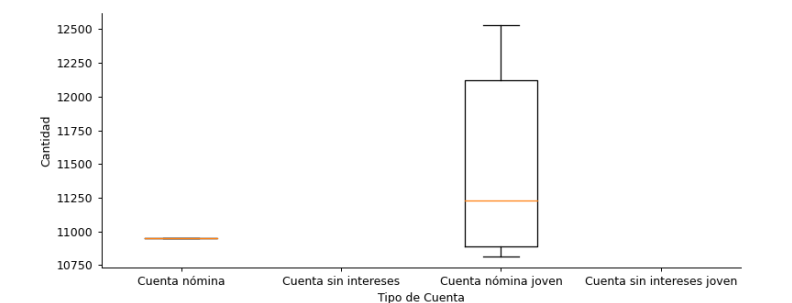


Figura 4.10: Más gráficas globales cuarto clúster

En general con todas estas gráficas (figura 4.9 y 4.10) podemos observar como las

Resultados

cuentas que más balance tienen son las cuentas nóminas y entre ellas destaca a un más las cuentas jóvenes, esto se debe a que las nóminas son de los tipos de movimientos que más dinero generan y a los beneficios que de los que disponen, como es el caso de suscripciones gratis.

4.3. Variedad de simulaciones

Esto que hemos observado, solo se trata de una simulación con un ajuste de parámetros estándar, quiere decir que es la mejor simulación para poder ver todo lo que ofrece el simulador, pero también tenemos otros tipos de configuración que puedan dar mucho juego. Vamos a hablar sobre otro tipo de configuración y ver algunos de los gráficos más importantes, para ver como cambian, en este caso solo tendremos en cuenta aspectos de la vista global dado que es la que más datos relevantes nos puede aportar.

4.3.1. Segunda configuración

Principales cambios en los parámetros respecto a la anterior:

- Tasa de creación de cuentas: 20
- Tasa de cancelación de cuentas 10
- Factor de tiempo medio entre movimientos: 6
- Factor para cuentas jóvenes : 5
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad retirada en el pago de una hipoteca:
 - Media: 2000
 - Desviación típica: 400
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad importada en el pago de nómina:
 - Media: 1200
 - Desviación típica: 400
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad retirada en el pago de una suscripción:
 - Media: 10
 - Desviación típica: 6
- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad en un crédito:
 - Media: 300
 - Desviación típica: 200

Resultados

- Media y desviación típica para una distribución normal que calcule la cantidad en los movimientos restantes:
 - Media: 150
 - Desviación típica: 40

Observamos que todos los movimientos que implicaban un pago han visto aumentada su cuantía y todo lo contrario para los movimientos que implicaban un cobro. Además, el factor de cancelación de cuenta ha aumentado y el factor de cuentas jóvenes, se ha visto reducido, al igual que la tasa de creación de cuentas.

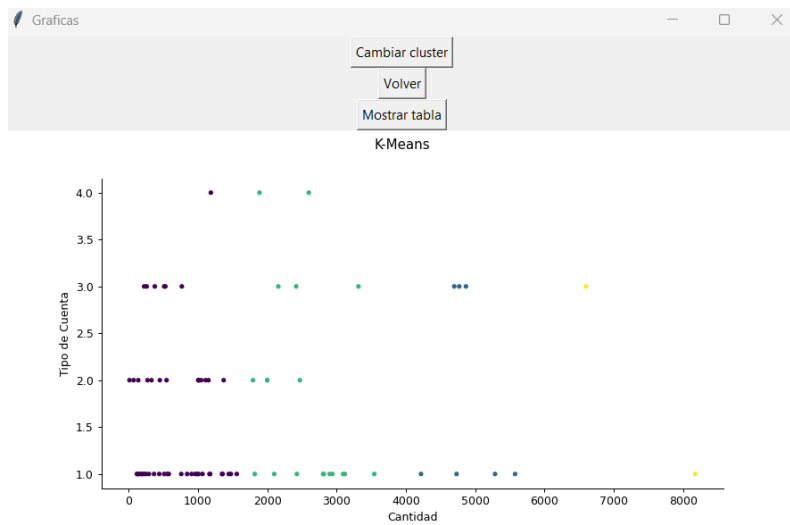


Figura 4.11: Clustering KMeans ejemplo adicional

tk

Volver a gráficas

Dato	Valor
Cuenta con mayor balance	94
Cuenta en realizar último movimiento	27
Cuentas en estatus: Activada	76
Cuentas en estatus: Cancelada	44
Balance total pasivo	130526.0
Balance total activo	127967.91

Figura 4.12: Tabla global ejemplo adicional

Resultados

Fijándonos en la gráfica de clustering KMeans (figura 4.11) , lo primero que observamos es que el número de puntos (cuentas) ha bajado bastante, lo segundo es que el número de cuentas jóvenes respecto del total ha bajado demasiado (número de puntos en los valores 3 y 4 del eje y), lo tercero que en general el balance global y los máximos a los que alcanzaban las cuentas también ha disminuido. Por último, podemos ver como el algoritmo pese a que haya intentado encontrar 4 clúster o agrupaciones de datos, al haber tan pocos números de cuentas el último clúster (color amarillo), apenas muestra relación, en esta caso sería más eficiente reducir el número de clúster a 3.

Observando la tabla (figura 4.12), vemos como el número de cuenta en general y las cuentas activadas se han reducido, el número de cuentas canceladas ha aumentado y en general sobre todo el balance pasivo y también el pasivo se han visto reducidos. Hay que destacar también que la cuenta con mayor balance es la 94, teniendo en cuenta que la simulación empezó con 8 cuentas, esta cuenta es bastante nueva, lo que quiere decir que el banco no está creciendo sino más bien lo contrario.

Capítulo 5

Conclusiones

Conclusiones y líneas futuras sobre el trabajo realizado.

5.1. Objetivos

Recordando nuestro objetivos iniciales. El principal, de lograr una herramienta de planificación, gestión y análisis para el estudio del estado financiero de varias cuentas corrientes ha sido cumplido con creces. También hemos logrado los objetivos secundarios:

- Hemos modelado, estructura e implementado diferentes perfiles y factores influyentes en cuentas corrientes.
- Hemos documentado y comprobado las variables y objetivos de simulación.
- Hemos implementado una interfaz esquemática que visualiza tanto el estado de la entidad como de las cuentas.

5.2. Líneas futuras

Existen muchas líneas futuras para este tipo de simulación ya que el área es muy extensa, destacamos las siguientes:

- Implementación de más tipos de movimientos.
- Implementación de más tipos de cuentas.
- Implementación de otro tipo de interfaz que en base a los valores de la propia entidad (gastos de gestión, trabajadores, etc) calcule el margen financiero de la entidad.
- Realizar una implementación concurrente del tipo de simulación.
- Mejorar la parametrización para que represente los cambios en la demanda, movimientos y operaciones.

5.3. Evaluación del proceso

En mi opinión, el desarrollo de este trabajo de fin de grado ha sido una experiencia altamente positiva para el aprendizaje, pese a que tuve grandes dificultades sobre todo para compaginarlos con mis demás materias y practicas. Este trabajo, te permite darte cuenta de que por muy lejano que parezca un resultado, si sigues una serie de metas lo acabas logrando .

Desde mi puntos de vista, ha supuesto un gran reto debido a que no había utilizado demasiado python como lenguaje de programación, tampoco tenia demasiado conocimiento especifico sobre la simulación financiera ni sobre las cuentas corrientes.

Agradecer a mi tutor Juan Antonio Fernández del Pozo de Salamanca por toda la ayuda que me ha brindado y por estar dirigiendo este trabajo hacía el mejor resultado posible.

Recuerdo la primera vez que hablamos sobre lo que era un simulador, los diferentes tipos de simulación y como utilizan los simuladores las entidades financieras, en ese momento no entendia demasiado. Ahora, aunque no pueda decir que tengo un conocimiento completo, se perfectamente lo que significa y podría hablar perfectamente sobre el tema.

Capítulo 6

Análisis de impacto

En relación con estas fuentes [17] [18], nuestro trabajo tiene el siguiente alineamiento con los ODS (objetivos de desarrollo sostenible) :

- En el 8 objetivo (Trabajo decente y crecimiento económico), estara de acorde la meta de lograr niveles más elevados de productividad económica y con la meta de fortalecer la capacidad de las instituciones financieras globales.
- En el 9 objetivo (industria, innovación e infraestructura), estara de acuerdo con la meta de apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación.


Bibliografía

- [1] UPC. (2023) 'la simulación por ordenador'. [Online]. Available: <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/simulacio.html>
- [2] C. M. B. John A. Sokolowsk, *Principles of Modeling and Simulation*. John Wiley and Sons, Inc, 2009.
- [3] AWS. (2023) ¿qué es el modelado de datos?. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/es/what-is/data-modeling/>
- [4] UPC. (2022) La simulación por ordenador. [Online]. Available: <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/simulacio.html#:~:text=Sus%20or%C3%ADgenes%20los%20encontramos%20en,el%20comportamiento%20de%20los%20neutrones>.
- [5] Desmos. Kinematics simulation. [Online]. Available: <https://www.desmos.com/calculator/4jrx1daei?lang=es>
- [6] UCM. Ejemplossimuevendisc. [Online]. Available: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/38406/1/DOCDEF2s.pdf>
- [7] aula21. Qué es la simulación de procesos industriales. [Online]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-simulacion-de-procesos-industriales/>
- [8] J. F. López. (2019) Sector financiero. [Online]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/sector-financiero.html>
- [9] A. L. S. F. Velasco. Análisis financiero: ¿cómo interpretar el balance de un banco? [Online]. Available: <https://www.bbva.com/es/interpretar-balance-banco/>
- [10] P. N. Roldán. (2020) Margen financiero. [Online]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/margen-financiero.html>
- [11] PWC. La evolución de la regulación y la digitalización marcarán la llegada de grandes entrantes ajenos al sector bancario. [Online]. Available: <https://www.pwc.es/es/sala-prensa/notas-prensa/2019/revolucion-regulacion-digitalizacion-sector-bancario.html>
- [12] E. BBVA. Tipos de cuentas bancarias: ¿cuáles son y cómo funcionan? [Online]. Available: <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/cuentas/tipos-cuentas-bancarias.html>

BIBLIOGRAFÍA

- [13] BBVA. Tipos de movimientos bancarios. [Online]. Available: <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/cuentas/tipos-de-movimientos-bancarios.html>
- [14] MAFRE. Mapfre presenta su simulador de ahorro e inversión, una herramienta online pionera en el sector financiero. [Online]. Available: <https://noticias.mapfre.com/>
- [15] FEXER. Los 5 mejores simuladores financieros para tus clientes. [Online]. Available: <https://www.fexer.io/blog/los-5-mejores-simuladores-financieros-para-tus-clientes/>
- [16] scikit learn. sklearn.cluster.kmeans¶. [Online]. Available: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.KMeans.html>
- [17] UPM. Conoce los objetivos de desarrollo sostenible. [Online]. Available: <https://sostenibilidad.upm.es/conoce-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [18] U. P. de Madrid. Sostenibilidad-estudios-oficiales-upm-2020. [Online]. Available: <https://sostenibilidad.upm.es/wp-content/uploads/sites/759/2021/03/Sostenibilidad-estudios-oficiales-UPM-2020.pdf>

Este documento esta firmado por



Firmante	CN=tfgm.fi.upm.es, OU=CCFI, O=ETS Ingenieros Informaticos - UPM, C=ES
Fecha/Hora	Tue May 30 18:34:12 CEST 2023
Emisor del Certificado	EMAILADDRESS=camanager@etsiinf.upm.es, CN=CA ETS Ingenieros Informaticos, O=ETS Ingenieros Informaticos - UPM, C=ES
Numero de Serie	561
Metodo	urn:adobe.com:Adobe.PPKLite:adbe.pkcs7.sha1 (Adobe Signature)