



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

## **ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**

### **ESCOM**

Trabajo Terminal

**“Simulador de inversión en el mercado de valores gubernamentales  
en México”**

20-2-0012

Presenta

**José Rodolfo Reyes Luna**

Directores

**Dr. Benjamín Cruz Torres**

**M. en C. Juan Antonio Castillo Marrufo**

Junio 2020

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



**ESCOM**  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**  
**SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



No de TT: 20-2-0012

Junio de 2020

Documento Técnico

**“Simulador de inversión en el mercado de valores gubernamentales en  
México”**

Presenta

**José Rodolfo Reyes Luna**

Directores

**Dr. Benjamín Cruz Torres**

**M. en C. Juan Antonio Castillo Marrufo**

**RESUMEN**

En el presente trabajo se describe el desarrollo de una aplicación web que permitirá al usuario simular inversiones en el mercado de valores gubernamentales en México obtenidos a través de algoritmos genéticos para obtener diferentes opciones de inversión y presentarle al usuario la mejor propuesta encontrada, con el objetivo de diversificar los resultados de los portafolios y obtener el menor margen de error posible. El sistema es alimentado por la información actualizada de los valores gubernamentales publicada a través del sitio web de Banco de México. Cabe destacar que el Instituto Central para el Depósito de Valores (INDEVAL) es el encargado de llevar a cabo la subasta de dichos títulos, así como el proceso de compra, resguardo y liquidación de éstos.

**Palabras Clave:** Finanzas, INDEVAL, Banco de México, simulador, inteligencia artificial.

## Advertencia

“Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM) del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y, por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan.”

La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.

Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en: La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n Teléfono: 57296000, extensión 52000

## Contenido

1. Introducción .....	8
2. Definición del problema .....	10
2.1 Propuesta de Solución .....	10
2.2 Objetivos .....	11
2.2.1 Objetivo General .....	11
2.2.2 Objetivos Específicos .....	11
2.3 Justificación .....	11
3. Estado del arte .....	11
3.1 Market replay .....	12
3.2 BBVA Asset Management .....	12
3.3 Trabajo Terminal 2014-B094.....	13
3.4 TIT-007-2005-0889/ 2014 .....	13
4 Marco Teórico .....	16
4.1 Portafolio de inversión .....	16
4.2 Instrumentos de inversión.....	16
4.2 Valores gubernamentales en México .....	17
4.3 Teoría de portafolios.....	21
4.4 Algoritmos genéticos .....	23
4.4.1 Conceptos.....	24
4.5 Aplicaciones web .....	29
4.4.1 Conceptos.....	29
4.6 Servidores.....	31
4.4.1 Servidor web.....	31
4.4.1 Servidor de aplicaciones.....	31
5. Análisis .....	33
5.1 Especificación de Requerimientos.....	33
Requerimientos Funcionales.....	33
Requerimientos No Funcionales .....	33
5.2 Actores .....	34
Inversionista .....	34

Administrador .....	34
5.3 Diagrama de Casos de Uso.....	35
5.4 Especificación de Casos de Uso .....	36
5.4.1 CU01 Generar propuesta de portafolio de inversión .....	36
5.4.2 CU02 Estadísticas y resultados .....	40
5.4.3 Mensajes.....	42
5.5.3 Reglas de negocio .....	42
5.6 Algoritmos .....	44
5.6.1 Algoritmo de generación de portafolio de inversión .....	44
6. Diseño.....	50
6.1 Base de datos.....	50
6.2 Tecnologías .....	51
6.3 Arquitectura.....	52
6.4 Estructura del sistema .....	55
6.5 Diagramas secuenciales .....	56
6.5.1 Diagrama secuencial general.....	56
7. Implementación .....	57
7.1 Infraestructura .....	57
7.2 Frontend .....	57
7.3 Backend .....	57
7.3.1 Población inicial .....	58
7.3.2 Cruza .....	59
7.3.1 Mutación.....	60
8. Pruebas .....	61
8.1 Pruebas unitarias .....	62
8.1.1 CU01 Generar propuesta de portafolio de inversión .....	62
8.1.2 CU02 Estadísticas y resultados .....	64
6.2 Pruebas del Algoritmo Genético .....	68
6.2.2 Diversidad de portafolios de inversión .....	68
9.Conclusiones .....	70
Referencias .....	71
Anexos .....	75

Anexo 1: Datos de entrada para el algoritmo de generación de propuestas de portafolios de inversión.....75

Anexo 2: Datos contenidos en la tabla “Valores” de la Base de datos .....76

## Índice de imágenes

Ilustración 1 Representación de cromosoma .....	25
Ilustración 2 Representación de cruza .....	28
Ilustración 3 Representación de mutación .....	29
Ilustración 4 Diagrama de Casos de Uso .....	35
Ilustración 5 Diagrama de flujo general de algoritmo de generación de portafolios de inversión .....	45
Ilustración 6 Diagrama de flujo de proceso de creación de población inicial .....	47
Ilustración 7 Diagrama de Flujo del proceso de Cruza .....	48
Ilustración 8 Diagrama de Flojo del proceso de Mutación .....	49
Ilustración 9 Diagrama entidad Relación de la Base de Datos del TT .....	50
Ilustración 10 Representación Modelo-Vista-Controlador.....	53
Ilustración 11 Diagrama de flujo de la implementación final del proceso de creación de un individuo .....	58
Ilustración 12 Diagrama de flujo de la implementación final del proceso de cruza .....	59
Ilustración 13 Diagrama de flujo de la implementación final del proceso de mutación .....	60
Ilustración 14 Salida del algoritmo genético. Representación de un portafolio de inversiones .....	63
Ilustración 15 Estructura de la variable tipo String para el llenado de la tabla resultado .....	65
Ilustración 16 Estructura de la variable tipo String para la generación de la gráfica de resultados .....	65
Ilustración 17 Vista principal inicial .....	66
Ilustración 18 Vista al presionar el botón "Simular" .....	67
Ilustración 19 Diversidad de la distribución de valores en los portafolios generados .....	68

## Índice de tablas

Tabla 1 Comparativa entre diferentes sistemas de simulación de inversiones .....	15
Tabla 2 Títulos de deuda gubernamental emitidos localmente en la actualidad. BANXICO, 2014.....	18
Tabla 3: Requerimientos funcionales .....	33
Tabla 4: Requerimientos no funcionales .....	34
Tabla 5 Tecnologías usadas .....	51

## 1. Introducción

El desarrollo del mercado de deuda gubernamental en México ha roto paradigmas del ámbito de la teoría financiera, en el que se consideraba que los países emergentes eran incapaces de emitir deuda en su propia divisa, así como inversiones a largo plazo. El Gobierno Federal pudo sustituir su financiamiento externo con deuda interna, recibiendo ahora un monto mayor de recursos provenientes del mercado interno que del externo [1].

En el periodo de 1999 a 2006 se extendió la curva de rendimiento de los valores gubernamentales hasta incluir el plazo de 30 años en bonos y udibonos<sup>1</sup>. Esta curva de rendimientos ha servido de referencia para la colocación de deuda en pesos para muchos emisores nacionales, e incluso para agentes extranjeros. Actualmente cada institución desarrolla sus propias herramientas para la inversión con valores, por lo que las instituciones de reciente creación deben realizar un análisis inicial de este mercado.

El desarrollo del mercado de valores gubernamentales en México en los últimos 15 años ha sido muy importante. El Gobierno Federal cuenta hoy en día con una curva de rendimiento nominal y real con plazo de hasta 30 años, con un mercado secundario líquido y profundo en todos sus plazos y con una amplia participación de diversos inversionistas institucionales nacionales y extranjeros.

Contar con un mercado de deuda maduro brinda más alternativas de financiamiento, tanto para el gobierno como para el sector privado, reflejadas en mayores plazos y menores costos de financiamiento. Al mismo tiempo, los

---

<sup>1</sup> Los Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal denominados en Unidades de Inversión (**Udibonos**), fueron creados en 1996 y son instrumentos de inversión que protegen ante cambios inesperados en la tasa de inflación, al mantener constante el valor real de su inversión.



inversionistas nacionales y extranjeros también se ven beneficiados al contar con más alternativas para invertir sus recursos en función de su particular perfil de inversión.

En México el Gobierno Federal emite y coloca actualmente cuatro instrumentos distintos en el mercado de deuda local. Éstos son los cetes, los bonos, los bondes y los udibonos [2]. A su vez, el Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB) coloca los llamados Bonos de Protección al Ahorro (BPAS), mismos que, si bien son emitidos por el referido instituto, cuentan con una garantía de crédito del Gobierno Federal; La garantía explícita consiste en que en el caso de que el IPAB no honre sus obligaciones, estos valores se pagarían directamente de la cuenta de la Tesorería de la Federación (TESOFE) [3]. Banco de México (Banxico) funge como agente financiero en la colocación de estos valores, tanto de los del Gobierno Federal como de los del IPAB.

Usualmente los valores gubernamentales (denominados en moneda local) se consideran “libres de riesgo” para los inversionistas privados porque los respalda la confianza y el crédito del gobierno del país. En el caso mexicano, podría decirse que los emisores libres de riesgo comprenden, además del Gobierno Federal, el Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB) y el Banco de México (Banxico). [4]. Es decir, supone que el emisor soberano tiene la suficiente capacidad de recaudación (y por ende de pago) como para que sus obligaciones sean completamente seguras para el inversionista o deudor, al menos en teoría.

Por lo regular, las oportunidades de colocación de instrumentos de deuda se crean a partir de la emisión de bonos de gobierno y, por ello, estos últimos se consideran como el centro u origen de los mercados de instrumentos de renta fija disponibles en un país. En otras palabras, a partir de la curva de rendimiento gubernamental se crea la curva de tasas de interés de referencia para otras emisiones de deuda [5]. Además, los valores gubernamentales también sirven como instrumento subyacente para diversos productos derivados.

## 2. Definición del problema

Para poder realizar una inversión en el mercado de valores en México se realiza a través del sistema DALÍ [6]. Es un sistema de liquidación de operaciones con valores. DALÍ utiliza un algoritmo de compensación que frecuentemente compensa y liquida grupos de operaciones y liga la entrega de valores con el pago correspondiente, es decir, sigue la práctica de “entrega contra pago” (DVP por sus siglas en inglés) [7].

Actualmente hay 33 participantes en el Sistema DALÍ, según el registro de accionistas en este sistema, por lo que se considera un mercado muy cerrado, al cual para participar se requieren cumplir con múltiples normas. Esta situación llevará a nuevos participantes a buscar las mejores decisiones para hacer valer su participación en el sistema DALÍ, por lo que su principal problema, después de lograr su acreditación, será el cómo invertir sus recursos en este [8].

En México los participantes en el mercado de valores han desarrollado sus propias herramientas de apoyo para la toma de decisiones de inversión. Sin embargo, las instituciones de reciente creación deberán decidir cómo invertir en el mercado de valores gubernamentales, para poder así tener las mayores ganancias posibles.

### 2.1 Propuesta de Solución

Desarrollar un simulador de inversiones con valores gubernamentales en México que dé como resultado propuestas de un portafolio de inversión en los mencionados anteriormente. Las personas interesadas en este tema podrán tener un acercamiento a dicho mercado y así familiarizarse con el mismo, brindándoles información de cada tipo de títulos.

## 2.2 Objetivos

### 2.2.1 Objetivo General

Desarrollar un simulador de inversiones con valores gubernamentales mexicanos orientado a agentes de inversión en dicho mercado a plazo fijo, con base en la teoría moderna de portafolios a través de un algoritmo de inteligencia artificial.

### 2.2.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un algoritmo de inteligencia artificial orientado a encontrar las mejores decisiones de inversión.
- Diseñar un ambiente web de representación de resultados.

## 2.3 Justificación

Se decidió usar algoritmos genéticos en este proyecto por la diversidad en los resultados comparado con otras técnicas de Inteligencia Artificial, además de un mayor conocimiento y experiencia en el uso de estos algoritmos.

El ambiente web se tomó como la forma de mostrar los resultados hacia el usuario final, por su gran adaptabilidad en diferentes dispositivos como ordenadores y dispositivos móviles.

## 3. Estado del arte

En el mercado financiero se utilizan diferentes herramientas para la comparación de opciones, específicamente para inversiones se utilizan calculadoras y simuladores de inversión que nos permiten mostrar, de manera sencilla, la forma de crecimiento de una inversión inicial, hasta el término de ésta. Se seleccionó un simulador porque presenta más información respecto a una calculadora financiera, como el crecimiento durante el paso del tiempo y no solamente el resultado final.

Actualmente existen diversas aplicaciones y sistemas que ayudan a las entidades financieras a realizar proyecciones de inversión a corto y largo plazo. Entre estas herramientas las más comunes son los simuladores de inversión. A continuación, se describen las más relevantes encontradas.

### 3.1 Market replay

Un simulador de inversiones basado en datos históricos. Está orientado a la inversión en mercados bursátiles e internacionales, principalmente al mercado de valores NASDAQ. NASDAQ es un mercado de intercambio de valores ubicada en la ciudad de Nueva York. Está posicionado como el segundo mejor en la lista de mercado de intercambio de valores

Market Replay es un simulador de pago, así como también es una herramienta de análisis que permite a los usuarios ver la cartera de pedidos consolidada y los datos comerciales de NASDAQ. Funciona a través del método de suscripción, con un costo de 90 USD. El resultado de este simulador son predicciones de los valores usando big data. Solamente hay una versión en inglés [9].

Entre sus múltiples funciones, las más destacadas son las siguientes:

- Cargar operaciones personalizadas
- Rastreo de operaciones ajustando la marca de tiempo: El análisis de intervalo de tiempo proporciona las cotizaciones de mayor y menor precio que existieron durante un período de tiempo específico, incluso si duraron menos de un milisegundo.
- Filtrar datos por Exchange para una visión más específica del mercado
- Ver la mejor oferta y oferta nacional en cualquier momento

Market Replay proporciona acceso a cotizaciones y detalles comerciales sin igual en la industria actual. Con una interfaz fácil de usar, puede solicitar una repetición por tema, fecha y hora en cuestión de segundos.

### 3.2 BBVA Asset Management

BBVA Asset Management es una herramienta del Grupo Financiero BBVA Bancomer que engloba las gestoras de fondos de inversión y pensiones a nivel global. Se alza

como un referente mundial en la gestión de activos, con posiciones líderes tanto en España como en América Latina. Su principal función es una calculadora de inversiones basada en los productos que BBVA proporciona a sus clientes [10].

Actualmente esta herramienta está disponible para 6 países, 2 del continente Europeo y 4 de América Latina.

La herramienta mencionada tiene una extensa gama de productos y bajo las más estrictas normas de control de riesgo, variantes entre los países con esta aplicación, entre los que se encuentran los siguientes.

- Fondos de inversión
- ETF's (Exchange Traded Funds)
- Gestión de Portafolios
- Previsión Social

### 3.3 Trabajo Terminal 2014-B094

Sistema web para la optimización de portafolios de inversión a través de técnicas de computación evolutiva y cómputo paralelo. El sistema web te permite obtener propuestas de portafolios de los siguientes mercados:

- Acciones en la Bolsa Mexicana de Valores
- Mercado cambiario (USD y EUR)
- Valores gubernamentales (CETES, UDIBONOS Y BONOS M)

Todos los instrumentos de inversión mencionados a un plazo máximo de 365 días y no está definido a qué público va dirigido el Trabajo Terminal [11].

### 3.4 TIT-007-2005-0889/ 2014

El objetivo general de este proyecto Terminal es la realización de un software el cual tenga la capacidad de predecir el comportamiento de los Índices bursátiles de los Petro-bonos en la cual son afectados por diferentes factores. Los factores identificados por este proyecto son los siguientes:

-Factores Poblacionales.

-Natalidad.

-Mortalidad.

-Tasa Poblacional.

-Población.

-Tasa de mortalidad.

-Producción.

-Consumo.

-Reservas.

-Porcentaje de Consumo Cálculo de Petro-bonos con Matemáticas Complejas.

En resumen, el proyecto fue orientado a identificar la volatilidad de un tipo de inversión, es decir, predecir su tasa de interés y riesgo [12].

<b>SOFTWARE</b>	<b>Año</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>Simulador de inversiones</b>	<b>Inversiones de valores en México</b>	<b>Orientado a personas físicas</b>	<b>Orientada a agentes de inversión</b>
Market replay	2001	Contiene un simulador de inversiones con datos históricos, de esta forma se usa para obtener predicciones de las inversiones usando big data.	X		X	
Trabajo Terminal 2014-B094	2014	Algoritmo evolutivo para la optimización de portafolios de inversión. Cabe destacar que este trabajo se orienta a las inversiones que personas físicas pueden realizar a través de un intermediario (bancos).	X		X	
TIT-007-2005-0889/ 2014	2014	Cálculo de Petro-bonos con Matemáticas Complejas. Trabajo orientado a conocer la volatilidad de un tipo de inversión, es decir predecir su tasa de interés y riesgo.		X		
BBVA Asset Management	2016	Calculadora de inversiones para personas físicas, considerando las tasas de interés que el banco BBVA proporciona día a día.	X		X	

*Tabla 1 Comparativa entre diferentes sistemas de simulación de inversiones.*

## 4 Marco Teórico

### 4.1 Portafolio de inversión

Se le conoce como portafolio de inversión a la selección de instrumentos de inversión en el mercado bursátil, y en la que una persona física o moral decide invertir su dinero, consiste en una combinación de instrumentos e intenta mitigar el riesgo al combinar varios instrumentos. A esto se le llama “diversificación de la cartera de inversiones”.

Al construir una cartera o una cartera de inversiones de una institución financiera, como regla general, se realiza un análisis de la inversión, mientras que las personas físicas pueden utilizar los servicios de un asesor financiero o una institución.

Se deben de tomar en cuenta algunos aspectos básicos como el riesgo que desea correr y los objetivos que se están buscando, además de la necesidad de conocer muy bien los instrumentos disponibles en el mercado de valores antes de decidir cómo integrar la cartera-

El proceso de selección de un portafolio consiste en dos posibles escenarios:

1. Comienza con la observación y la experiencia, y termina con las expectativas del comportamiento futuro de los valores.
2. Comienza con las expectativas y finaliza con la selección del portafolio.

El modelo de Markowitz se ocupa de estudiar la segunda parte del proceso de la selección de un portafolio [13].

### 4.2 Instrumentos de inversión

Con instrumento de inversión se hace referencia a aquellos medios a través de los cuales se puede colocar efectivo para que genere un rendimiento (Ganancia) en un tiempo determinado. Los instrumentos financieros que se utilizaron en el desarrollo de este trabajo se enlistan en el siguiente subcapítulo.



## 4.2 Valores gubernamentales en México

El desarrollo del mercado de valores gubernamentales en México en los últimos 15 años ha sido muy importante. El Gobierno Federal cuenta hoy en día con una curva de rendimiento nominal y real a plazo de hasta 30 años, con un mercado secundario líquido y profundo en todos sus plazos, y una amplia participación de diversos inversionistas institucionales nacionales y extranjeros.

Contar con un mercado de deuda maduro brinda más alternativas de financiamiento tanto para el gobierno como para el sector privado, reflejadas en mayores plazos y menores costos de financiamiento [14]. Al mismo tiempo, los inversionistas nacionales y extranjeros también se ven beneficiados al contar con más alternativas para invertir sus recursos en función de su particular perfil de inversión. A continuación, se enlistan los títulos de valores en México:

<b>Títulos de deuda gubernamental emitidos localmente en la actualidad</b>					
<b>Instrumento</b>	<b>Valor Nominal</b>	<b>Plazo</b>	<b>Plazo utilizado más frecuentemente</b>	<b>Periodo de Interés</b>	<b>Tasa de Interés</b>
<b>Cetes</b> <i>Certificados de la Tesorería de la Federación</i>	10 pesos	Min: 7 días. Máx: 728 días	28 y 91 días, y cercanos a los seis meses y un año	Bonos cupón cero	Tasa de rendimiento referenciada a la tasa de descuento
<b>Bondes D</b> <i>Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal</i>	100 pesos	Múltiplo de 28 días	3, 5 y 7 años	28 días	Tasa ponderada de fondeo bancario en el periodo de interés.
<b>Bonos</b> <i>Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal con Tasa de Interés Fija</i>	100 pesos	Múltiplo de 182 días	3, 5, 10, 20 y 30 años	182 días	Fijada por el Gobierno Federal en la emisión
<b>Udibonos</b> <i>Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal denominados en Unidades de Inversión</i>	100 udis	Múltiplo de 182 días	3, 10 y 30 años	182 días	Fijada por el Gobierno Federal en la emisión
<b>BPA182</b> <i>Bonos de Protección al Ahorro con pago semestral de interés y protección contra la inflación</i>	100 pesos	Múltiplo de 182 días	5 y 7 años	182 días	Cetes de 182 días o cambio del valor de la udi en el periodo
<b>BPAG28</b> <i>Bonos de Protección al Ahorro con pago mensual de interés y tasa de interés de referencia adicional</i>	100 pesos	Múltiplo de 28 días	3 años	28 días	Max [Cetes 28, Tasa Ponderada de Fondeo Gubernamental] vigentes al inicio del periodo de interés.
<b>BPAG91</b> <i>Bonos de Protección al Ahorro con pago trimestral de interés y tasa de interés de referencia adicional</i>	Cupón 91 días.	Max [Cetes 91, Tasa Ponderada de Fondeo Gubernamental] vigentes al inicio del periodo de interés.	Sí		

Tabla 2 Títulos de deuda gubernamental emitidos localmente en la actualidad. BANXICO, 2014.

- Cetes: Los Certificados de la Tesorería de la Federación son el instrumento de deuda más antiguo emitido por el Gobierno Federal. Se emitieron por primera vez en enero de 1978 y, desde entonces, constituyen un pilar fundamental en el desarrollo del mercado de dinero en México. Estos títulos pertenecen a la familia de los bonos cupón cero, esto es, se comercializan a descuento (por debajo de su valor nominal), no pagan intereses en el transcurso de su vida y liquidan su valor nominal en la fecha de vencimiento. Su plazo máximo actualmente es de un año, aunque en el pasado llegaron a emitirse en plazos de hasta dos años [15].
- Bondes: Los Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal (bondes) son valores gubernamentales a tasa flotante, esto significa que pagan intereses y revisan su tasa de interés en diversos plazos (plazos que han ido variando a lo largo de su historia). Se emitieron por primera vez en octubre de 1987. A partir de agosto de 2006 se colocan los llamados bondes D que pagan intereses en pesos cada mes (28 días o según el plazo que sustituya a éste en caso de días inhábiles). Actualmente se subastan a plazos de 3, 5 y 7 años [16]. La tasa de interés que pagan estos títulos se determina componiendo diariamente la tasa a la cual las instituciones de crédito y casas de bolsa realizan operaciones de compraventa y reporto a plazo de un día hábil con títulos bancarios, conocida en el mercado como “Tasa ponderada de fondeo bancario”. La tasa ponderada de fondeo bancario es calculada y dada a conocer por el Banco de México a través de su página de internet. [17].
- Bonos: Los Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal con Tasa de Interés Fija (bonos) fueron emitidos por primera vez en enero de 2000. Actualmente son emitidos y colocados a 3, 5, 10, 20 y 30 años. Los bonos pagan intereses cada seis meses y, a diferencia de los bondes, la tasa de interés se determina desde la emisión del instrumento y se mantiene fija a lo largo de toda la vida del mismo. Lo anterior ocasiona que los bonos no puedan ser fungibles entre sí a menos que paguen exactamente la misma tasa de interés [18].

- Los bonos son susceptibles de segregarse, es decir, pueden separarse los pagos de intereses del principal del título, generando “cupones segregados”. Incluso, una vez segregados pueden reconstituirse reintegrando los “cupones segregados”, los intereses por pagar y el principal correspondiente, regresando al formato originalmente emitido [19].
- Udibonos: Los Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal denominados en Unidades de Inversión (udibonos) fueron creados en 1996 y son instrumentos que protegen de la inflación a su tenedor. Los udibonos se emiten y colocan a plazos de 3, 10 y 30 años y pagan intereses cada seis meses en función de una tasa de interés real fija que se determina en la fecha de emisión del título. Las Unidades de Inversión (udis) se actualizan quincenalmente de acuerdo con el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), de conformidad con el procedimiento que el Banco de México determinó y publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 4 de abril de 1995 [20]. Debido a que cada emisión de estos títulos cuenta con una tasa de interés real fija desde que nace hasta que vence, los udibonos no pueden ser fungibles entre sí a menos que pagaran exactamente la misma tasa de interés.[21] Los udibonos también son susceptibles de segregarse (pueden separarse los pagos de intereses del principal del título, generando “cupones segregados”). Al igual que los bonos, una vez segregados pueden reconstituirse reintegrando los “cupones segregados”, los intereses por pagar y el principal correspondiente [21].
- BPAS: El Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB) emite Bonos de Protección al Ahorro utilizando para ello al Banco de México como su agente financiero. Estos títulos son emitidos en plazos de 3, 5 y 7 años y pagan intereses en plazos iguales a los de cetes. Al que paga cada mes se le identifica como BPAG28, al que paga cada tres meses se le identifica como BPAG91 y al que paga cada seis meses se le reconoce como BPA182. Los títulos devengan intereses en pesos. Los instrumentos del IPAB son fungibles entre sí, siempre y cuando venzan en la misma fecha y sean de la misma clase (BPAG28,

BPAG91 y BPA182 respectivamente), independientemente de la fecha en la que hayan sido emitidos.[22]

#### 4.3 Teoría de portafolios

Al tener diferentes opciones de inversión con valores se debe tomar en cuenta cuál es la inversión que genera mayores rendimientos y así tomar la mejor decisión. Para atender este problema existe la *Teoría de Portafolio* (TP), la cual se distingue de otras teorías de inversión porque da un marco de relación entre riesgo y rendimiento. Es un práctico proceso orientado a la toma de decisiones que brinda al inversionista un control sobre la cantidad y duración del riesgo de una inversión [23].

El proceso que lleva a una decisión según la Teoría de Portafolios (TP) es una secuencia consiste en cuatro pasos:

1. **Evaluación de un papel de inversión (acciones, bonos, etc.) según parámetros de riesgo y rendimiento esperado.** Aunque especialistas en la materia pueden dar una estimación sobre un gran grupo de instrumentos de inversión, siempre existirá un elemento de subjetividad, además de inseguridad, ya que se trata de futuros resultados/riesgos. Las proyecciones toman en cuenta los resultados alcanzados en el pasado, pero esto “no constituye una garantía para el futuro”.
2. **Determinar las proporciones de varios instrumentos en un portafolio.** Para esto se clasifican los instrumentos de deuda y capital según sus esperados riesgos y rendimientos.
3. **Optimización del portafolio.** La optimización del portafolio determina para cada grupo de papeles cuales tienen el más alto rendimiento para un nivel determinado de riesgo. Es un análisis relativo, que en muchos casos es la responsabilidad de un Comité de Inversiones.
4. **Medición del rendimiento.** Dividiendo éste en lo atribuido a movimientos del mercado de papeles de inversión (efecto sistémico), y el rendimiento relacionado con la particular industria o empresa (efecto residual).

Hay que reconocer el alto grado de subjetividad en este proceso. El fundamento teórico de la TP contribuyó a la llamada “Teoría de Markowitz”, que se basa en inversionistas racionales. Siempre preferirán el rendimiento más alto por cada nivel de riesgo. Aquí ya entra la *Teoría de los Mercados de Capital* [24].

Esta teoría establece un mecanismo para determinar los precios de las acciones, basado en la premisa de la *Teoría de Portafolios*; los inversionistas siempre pedirán un rendimiento más alto por riesgos más altos. A través de los años se han comprobado estas teorías, convirtiéndose en la llamada *Modern Portfolio Theory* (Teoría Moderna de Portafolios, “TMP”) [23].

En el Modelo de Markowitz se selecciona un portafolio eficiente que optimiza las expectativas/la satisfacción de los inversionistas, estimando:

1. **El rendimiento esperado.**
2. **La variación de estos rendimientos según su curva de probabilidad**, es decir, su desviación estándar.
3. **La covariación entre todos los instrumentos de inversión.** Teóricamente no es muy difícil calcular el grado de correlación entre dos papeles de inversión, aún si resulta mucho más baja que un “perfecto” 1. Es casi obvio decir que el riesgo combinado de dos instrumentos de inversión será más bajo que el de uno solo. Para la aplicación práctica se requiere realizar cierta cantidad de cálculos para obtener el resultado deseado. Por ésta se simplifica el procedimiento, llamando a la variación del mercado en su totalidad (en cualquier día del año) la variación de mercado o rendimiento del mercado (sistémico) como un sustituto de la correlación, y la restante variación de un portafolio o rendimiento específico (o residual).

#### 4.4 Algoritmos genéticos

En las ciencias de la computación se resuelven problemas mediante el uso de técnicas de computación evolutiva. Desde los años 1930, algunos investigadores comenzaron a relacionar el proceso de evolución de las especies con el proceso de aprendizaje mediante el cual la naturaleza dota a las especies de diferentes aptitudes; tomando como base lo antes mencionado, no resulta difícil imaginar que existen algoritmos que tratan de resolver problemas, definiéndolos como especies de un entorno, de tal forma que usarán el principio de la "supervivencia del más apto" que postula Charles Darwin en su teoría de la evolución de las especies para encontrar una solución [24].

El término "computación evolutiva" o "algoritmos evolutivos" engloba una serie de técnicas inspiradas en los principios de la teoría Neo-Darwiniana de la evolución natural.

En términos generales, para simular el proceso evolutivo en una computadora se requiere:

- Codificar las estructuras de datos que representan las soluciones, emulando procesos como la reproducción y la mutación.
- Establecer una función de aptitud que permita comparar a los individuos entre sí.
- Plantear un mecanismo de selección y reemplazo de individuos [25].

La evolución también se puede ver como un proceso de adaptación en el cual la aptitud no se considera como una función objetivo a ser optimizada, sino como una expresión que describe los requerimientos que debe cumplir un individuo dentro del medio ambiente. El proceso evolutivo hace que la población incremente su aptitud y que se vaya adaptando de mejor manera a su entorno [24].

Dichos algoritmos son denominados, hoy en día, algoritmos evolutivos y su estudio conforma la computación evolutiva. Dentro de la computación evolutiva se engloban distintas estrategias para la resolución de problemas de optimización. Entre ellas se

encuentran los algoritmos genéticos (A.G.), métodos o procedimientos de búsqueda y optimización basados en el mecanismo de selección natural (supervivencia del más apto) Después de 1967 numerosos científicos comienzan a usar los A.G. para resolver diversos problemas de búsqueda y optimización, y empiezan a desarrollar diferentes técnicas y contribuciones para el desarrollo de éstos.

De esta manera, los algoritmos genéticos son algoritmos de búsqueda de optimización. El principio de este tipo de algoritmos es el siguiente: Se crea un conjunto de individuos representados por bits de manera aleatoria inicialmente, para después crear nuevas generaciones basadas en las anteriores.

#### 4.4.1 Conceptos

Es importante mencionar algunos conceptos de biología, cómo son representados y usados en los A.G para el entendimiento de este.

El concepto base sería el ya mencionado cromosoma, ya que estos son los responsables de la transmisión de información genética. Un cromosoma es una de las conocidas cadenas de ADN, siendo una estructura formada por secuencia lineal de genes.

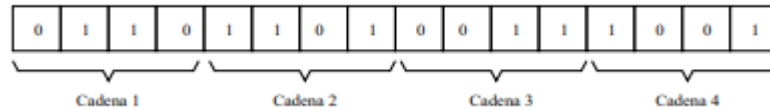
Aunque los seres vivos poseen en el interior de sus células conjuntos de cromosomas, en A.G. es costumbre representar a cada individuo por un único cromosoma. En consecuencia, sustituiremos una población de individuos, por una población de cromosomas en los A.G.

Llamaremos *individuo* a una posible solución al problema. Cada individuo contiene una secuencia de genes, siendo los genes las unidades funcionales de la herencia. Cada uno de estos genes es capaz de ocupar sólo una región de particular de un cromosoma (su *lugar* o *locus*) [26].

En determinado lugar de la población pueden existir formas alternativas del gen (estados), a las cuales se les llama *alelo*. En A.G. asumiremos que cada gen codifica alguna característica en particular de un individuo (color, posición en un índice, etc.).



Usualmente se usan alfabetos para representar los genes dentro de los cromosomas, siendo el alfabeto binario el más ocupado por su simplicidad y pequeño tamaño. La representación de un cromosoma está ilustrada por una cadena binaria, a cada posición de la cadena se le denomina *gene*, y el valor dentro de esa posición sería el alelo.



*Ilustración 1 Representación de cromosoma*

El algoritmo genético básico debe contener los siguientes pasos:

- Generar (aleatoriamente) una población inicial.
- Calcular aptitud de cada individuo.
- Seleccionar (probabilísticamente) en base a aptitud.
- Aplicar operadores genéticos (cruza y mutación) para generar la siguiente población.
- Ciclar hasta que cierta condición se satisfaga.

Es importante saber que un A.G. enfatiza la importancia de la cruza sexual (operador principal) sobre el de la mutación (operador secundario), y usa selección probabilística.

Para poder aplicar un A.G. se requiere de los siguientes componentes básicos:

- Una representación de las soluciones potenciales del problema.
- Una forma de crear una población inicial de posibles soluciones (normalmente un proceso aleatorio).
- Una función de evaluación que juegue el papel del ambiente, clasificando las soluciones en términos de su “aptitud”.

- Operadores genéticos que alteren la composición de los hijos que se producirán para las siguientes generaciones.
- Valores para los diferentes parámetros que utiliza el A.G. (tamaño de la población, probabilidad de cruce, probabilidad de mutación, número máximo de generaciones, etc.)

Existen diversas técnicas y métodos para llevar a cabo cada uno de los pasos que involucra un A.G., pero solo se expondrán las que se utilicen para resolver el problema.

La **generación** es el primer paso dentro de un A.G. En este paso se genera una población de cromosomas con alelos aleatorios, es decir, con características aleatorias. Esta primera población es fundamental, ya que de ella se obtendrán las primeras cruces y mutaciones que darán lugar a la solución óptima [26].

Después de generar la primera población es necesario calcular la aptitud de cada individuo, la cual se define biológicamente como la probabilidad de que éste viva (viabilidad), es decir, qué organismo es más apto para vivir según sus condiciones genéticas. Traspasando este concepto a los A.G. la aptitud se mide con el coeficiente de aptitud, el cual es un valor que se asigna a cada individuo (cromosoma) y nos indica que tan bueno es con respecto a los demás para la solución de un problema<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Este coeficiente es calculado mediante una función  $f(x)$  propuesta por los diseñadores del algoritmo según el problema a resolver.

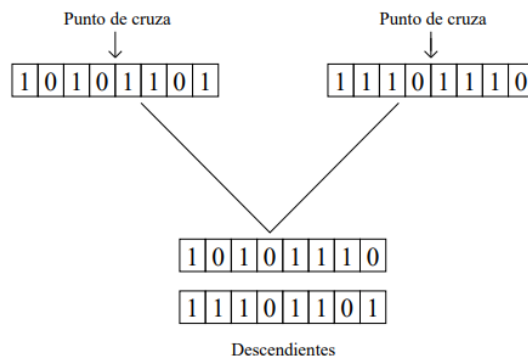
Una vez que se calculó la aptitud de cada individuo éstos deben pasar por un proceso de *selección*. Se define la selección como el proceso mediante el cual se elige a los mejores individuos para reproducirse, generalmente con base en la aptitud.

Existen diferentes métodos de selección, en este caso se explicará la ***selección por torneo***; la idea básica del método es seleccionar con base en comparaciones directas de los individuos. Se seleccionan 2 individuos al azar y se comparan sus aptitudes, el más apto será seleccionado y esto dará como resultado que sólo sobreviva la mitad de la población [26].

Luego de haber seleccionado a los mejores individuos es momento de aplicar los operadores genéticos cruza y mutación. Su función es modificar los alelos y genes de cada cromosoma o individuo seleccionado, tratando de encontrar la mejor solución posible.

En los sistemas biológicos, la *cruza* es un proceso complejo que ocurre entre parejas de cromosomas. Estos cromosomas se alinean, luego se fraccionan y posteriormente intercambian fragmentos entre sí. En computación evolutiva se simula la cruza intercambiando segmentos de cadenas (genes) de cada cromosoma o individuo.

Existen diferentes métodos de cruza, en este caso se usará el método de cruza simple o cruza de un punto. Este método consiste en tomar dos individuos (individuos padres) y partirlos en 2 partes (generalmente partes iguales) y combinarlas, surgiendo así dos individuos hijos.



*Ilustración 2 Representación de cruce*

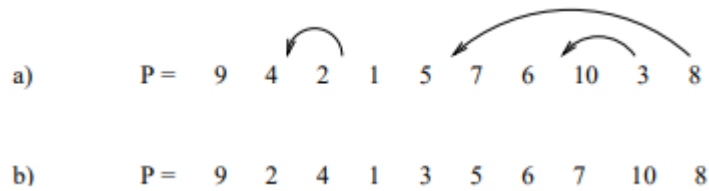
En los cromosomas los seres vivos experimentan cambios bruscos, imprevistos y heredables, conociéndose a estos cambios fortuitos como *mutaciones*. Las mutaciones son el resultado de la acción de ciertos agentes que los inducen, como radiaciones, sustancias químicas, etc.

En A.G. se denomina mutación a un operador que forma un nuevo cromosoma a través de alteraciones, usualmente pequeñas, de los valores de los genes de un solo cromosoma padre. La mutación se efectúa mediante un porcentaje de cambio<sup>3</sup>, el cual se recomienda esté entre 0.001 y 0.01 para la representación binaria.

Se usará la **mutación por inserción**, que consiste en seleccionar un valor en forma aleatoria y después insertarlo en una posición arbitraria [26].

---

<sup>3</sup> Qué tanto va a cambiar el individuo.



*Ilustración 3 Representación de mutación*

Una vez que se han aplicado los operadores genéticos es necesario realizar todo el proceso muchas veces con la finalidad de encontrar la solución óptima. El proceso se repetirá  $n$  veces, y la población inicial solo se generará aleatoriamente una vez. Las veces restantes la población será resultado del proceso completo [26].

## 4.5 Aplicaciones web

Para que, lo que conocemos en internet funcione, por detrás nos encontramos con una serie de tecnologías que hacen que sea posible el acceso a este. Estas tecnologías se encargan de que todo funcione correctamente para que el usuario no tenga ningún problema al mandar una petición, consulta u obtener datos. Estamos hablando de los lados frontend y backend que se unen para cumplir un mismo objetivo: buscar la satisfacción del usuario [27].

### 4.4.1 Conceptos

El Frontend se enfoca en el usuario, en todo con lo que podemos interactuar y lo que vemos mientras navegamos. Buena experiencia de usuario, inmersión y usabilidad, son algunos de los objetivos que busca un buen frontend y hoy en día existen una gran variedad de frameworks, preprocesadores y librerías que nos ayudarán en esta tarea. Las tecnologías que utiliza para lograr su objetivo son HTML, CSS y JAVASCRIPT.

Por otro lado, tenemos el Backend enfocado en hacer que todo lo que está detrás de un sitio web funcione correctamente. Toma los datos, los procesa y los envía al usuario, además de encargarse de las consultas o peticiones a la Base de Datos, la conexión con el servidor, entre otras tareas que debe realizar en su día a día. Cuenta

con una serie de lenguajes y herramientas que le permiten cumplir con su objetivo como PHP, Ruby, Python, JavaScript, SQL, MongoDB, MySQL, etcétera.

Como podemos deducir, el Frontend y el Backend se complementan con el fin de cumplir el mismo objetivo [27].

Una base de datos es una colección organizada de información estructurada, o datos, típicamente almacenados electrónicamente en un sistema informático. Una base de datos generalmente está controlada por un sistema de gestión de bases de datos (DBMS). Juntos, los datos y el DBMS, junto con las aplicaciones que están asociadas con ellos, se denominan un sistema de base de datos, a menudo acortado a solo una base de datos.

Los datos dentro de los tipos más comunes de bases de datos en operación actualmente se modelan típicamente en filas y columnas en una serie de tablas para hacer que el procesamiento y la consulta de datos sean eficientes. Los datos se pueden acceder, gestionar, modificar, actualizar, controlar y organizar fácilmente. La mayoría de las bases de datos utilizan lenguaje de consulta estructurado (SQL) para escribir y consultar datos.

SQL es un lenguaje de programación utilizado por casi todas las bases de datos relacionales para consultar, manipular y definir datos, y para proporcionar control de acceso. SQL se desarrolló por primera vez en IBM en la década de 1970 con Oracle como uno de los principales contribuyentes, lo que llevó a la implementación del estándar ANSI de SQL, SQL ha estimulado muchas extensiones de compañías como IBM, Oracle y Microsoft. Aunque SQL todavía se usa ampliamente en la actualidad, comienzan a aparecer nuevos lenguajes de programación [28].

## 4.6 Servidores

En la práctica la línea entre los servidores web y los servidores de aplicaciones se ha vuelto más difusa, particularmente a medida que el navegador web se ha convertido en el cliente de elección de la aplicación y las expectativas de los usuarios de las aplicaciones web y el rendimiento de las aplicaciones web han crecido.

Los servidores web y los servidores de aplicaciones más populares de la actualidad son híbridos de ambos. La mayoría de las aplicaciones actuales presentan una combinación de contenido web estático y contenido dinámico de aplicaciones, entregadas mediante una combinación de tecnologías de servidor web y servidor de aplicaciones.

### 4.4.1 Servidor web

Por definición estricta, un servidor web es un subconjunto común de un servidor de aplicaciones. Un servidor web ofrece contenido web estático, por ejemplo, páginas HTML, archivos, imágenes, video, principalmente en respuesta a solicitudes de protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) de un navegador web. La mayoría de los servidores web admiten complementos para lenguajes de secuencias de comandos (por ejemplo, ASP, JSP, PHP, Perl) que permiten al servidor web generar contenido dinámico basado en la lógica del lado del servidor.

### 4.4.1 Servidor de aplicaciones

Por lo general, un servidor de aplicaciones también puede entregar contenido web, pero su trabajo principal es permitir la interacción entre los clientes del usuario final y el código de aplicación del lado del servidor, el código que representa lo que a menudo se llama lógica de negocios, para generar y entregar contenido dinámico, como la transacción resultados, soporte de decisiones o análisis en tiempo real. El cliente para un servidor de aplicaciones puede ser la propia interfaz de usuario del usuario final de la aplicación, un navegador web o una aplicación móvil, y la interacción cliente-servidor puede ocurrir a través de cualquier número de protocolos de comunicación.

A su vez existen servidores de aplicaciones que incorporan capacidades de servidor web, usando HTTP como su protocolo principal y admite otros protocolos (por ejemplo, variantes CGI y CGI) para interactuar con servidores web. También permiten que las aplicaciones web aprovechen servicios como proxy inverso, agrupamiento, redundancia y equilibrio de carga, servicios que mejoran el rendimiento y la confiabilidad y permiten a los desarrolladores centrarse menos en la infraestructura y más en la codificación [29].



## 5. Análisis

### 5.1 Especificación de Requerimientos

#### Requerimientos Funcionales

ID	Prioridad	Requerimiento
RF1	Alta	La aplicación permitirá al usuario crear una propuesta de portafolio de inversión
RF1.1		La aplicación permitirá al usuario dar la mejor propuesta encontrada con base en el mayor rendimiento del portafolio.
RF2	Alta	La aplicación permitirá al usuario visualizar estadísticas y resultados del resultado del requerimiento anterior.
RF2.1		La aplicación permitirá al inversionista ver el portafolio de inversión creado.
RF2.2		La aplicación permitirá al inversionista visualizar gráficas que reflejen la simulación de los intereses obtenidos por su inversión inicial con respecto al tiempo.

*Tabla 3: Requerimientos funcionales*

#### Requerimientos No Funcionales

ID	Prioridad	Requerimiento
RNF1	Alta	Dar una propuesta de un portafolio de inversión de valores gubernamentales en México con base en: fecha de la consulta, monto a invertir, tiempo de inversión, tasas de interés de los valores, y los plazos de cada uno de ellos.

RNF2	Alta	Crear los portafolios de inversión a través de algoritmos genéticos con la finalidad de maximizar el rendimiento del portafolio.
RNF3	Media	Guardar la información necesaria para la generación de los portafolios en una base de datos relacional.
RNF3	Media	Insertar la información a la base de datos por parte del administrador del sistema para mantener la base actualizada.
RNF4	Media	Las funciones serán desarrolladas para una plataforma web

*Tabla 4: Requerimientos no funcionales*

## 5.2 Actores

### Inversionista

**Nombre:** Inversionista

**Descripción:** Persona que requiere de un portafolio de inversión y ver el desarrollo del mismo.

**Responsabilidades:**

- Llenar el formulario con la información necesaria para la creación de la propuesta de portafolio de inversión.

**Perfil:**

- Persona moral (Casas de Bolsa o Instituciones de Banca Múltiple) que esté dado de alta en el sistema de pagos DALÍ de México.

### Administrador

**Nombre:** Administrador del Sistema

**Descripción:** Persona encargada de mantener el sistema funcionando de manera correcta.

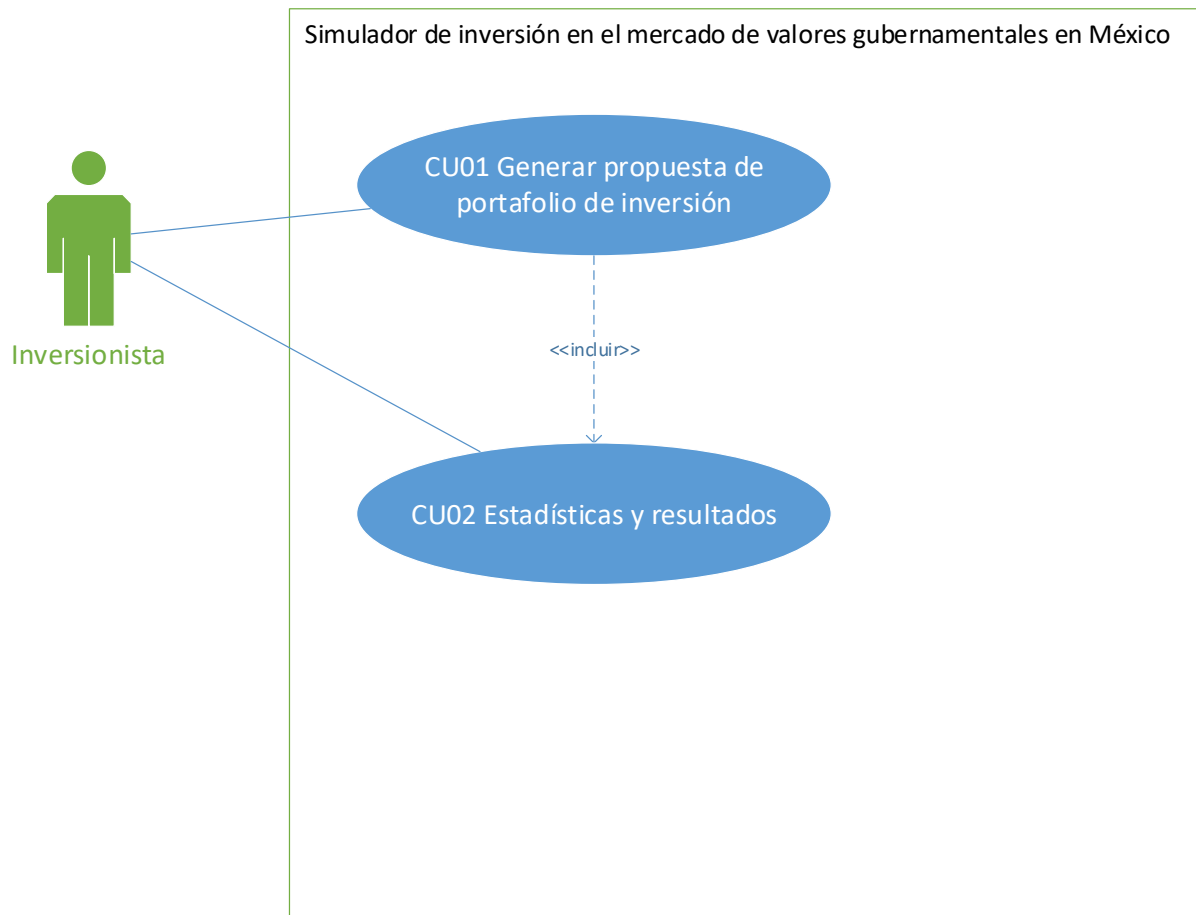
### Responsabilidades:

- Garantizar el acceso al sitio web.
- Mantener la Base de Datos actualizada.

### Perfil:

- Persona física o moral dedicada a brindar este servicio de simulación de portafolios de inversión.

### 5.3 Diagrama de Casos de Uso



*Ilustración 4 Diagrama de Casos de Uso*

## 5.4 Especificación de Casos de Uso

### 5.4.1 CU01 Generar propuesta de portafolio de inversión

#### *Descripción*

El sistema se basa en la generación de una propuesta de portafolio de inversión con base en el requerimiento no funcional RNF1.

#### *Atributos*

<b>CU01 Generar propuesta de portafolio de inversión</b>	
Versión	1.0
Actor	Inversionista
Propósito	Generar una propuesta de portafolio de inversión en el mercado de valores gubernamentales en México con base en los requerimientos del inversionista.
Entradas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Datos de Anexo 1</li></ul>
Salidas	MSJE1 Datos Incompletos, MSJ2 Registro exitoso, MSJE3 Proceso ejecutado correctamente
Precondiciones	Ninguna
Postcondiciones	Los resultados del algoritmo estarán disponibles para la revisión del Inversionista.

### *Trayectoria Principal*

- 1) El usuario inversionista accede a la interfaz CU01\_1 accediendo al sitio web del simulador.
- 2) El sistema muestra la página principal y el formulario a llenar.
- 3) El usuario llenará el formulario mostrado por el sistema.
- 4) El usuario dará clic en el botón “Simular”.
- 5) El sistema valida los datos según la RN03 (Trayectoria Alternativa A).
- 6) El sistema realiza el cálculo del portafolio de inversión.
- 7) El sistema valida los datos según la RN04 (Trayectoria Alternativa B).
- 8) El sistema inicia el proceso de cálculo del portafolio de inversión.
- 9) El sistema valida los datos según la RN03 (Trayectoria Alternativa C).
- 10) El sistema muestra el mensaje MSJE3
- 11) El sistema redirecciona a la interfaz CU02\_1

### *Trayectoria Alternativa A*

- 1) Si la RN03 no se cumple el sistema sigue en la interfaz CU01\_2
- 2) El sistema muestra el mensaje MSJE1
- 3) El usuario comienza de nuevo la trayectoria principal

### *Trayectoria Alternativa B*

- 1) Si la RN04 no se cumple el sistema sigue en la interfaz CU01\_3
- 2) El sistema muestra el mensaje MSJE2
- 3) El usuario comienza de nuevo la trayectoria principal

## Pantallas

CU01\_1

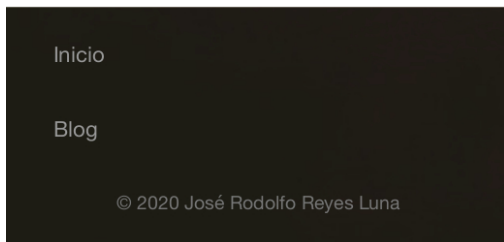


Ingrese los datos  
solicitados para iniciar con  
la simulación

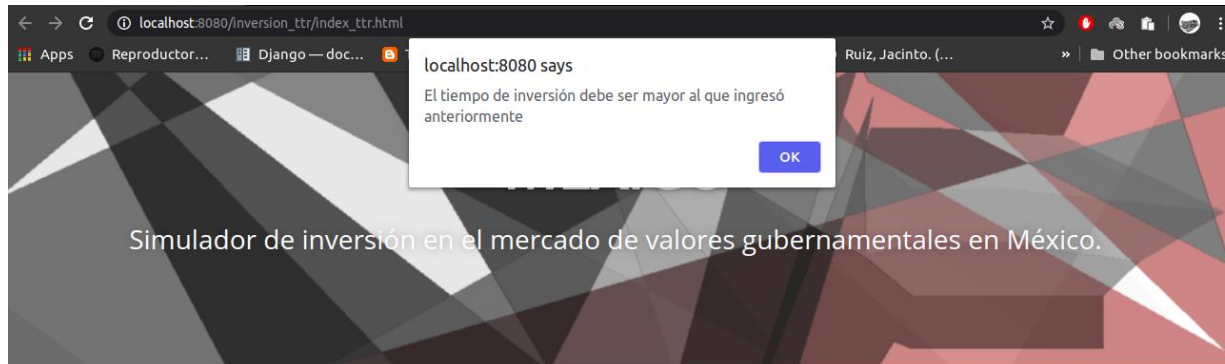
Días de inversión

Dinero a invertir

Simular

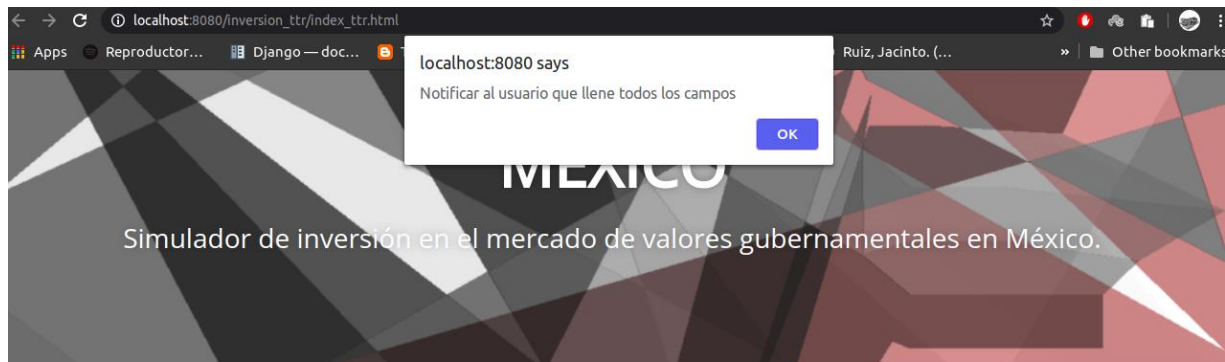


## CU01\_2



Ingrese los datos solicitados para iniciar con la simulación

## CU01\_3



Ingrese los datos solicitados para iniciar con la simulación

## 5.4.2 CU02 Estadísticas y resultados

### Descripción

El sistema generará un reporte de resultados de la propuesta de portafolio de inversión elegido por el sistema.

### Atributos

CU02 Estadísticas y resultados	
Versión	1.0
Actor	Inversionista
Propósito	Mostrar un reporte de resultados de la propuesta del portafolio de inversión elegido por el sistema con el objetivo de dar a conocer las especificaciones de este.
Entradas	Propuesta de portafolio de inversiones en el mercado de valores gubernamentales
Salidas	Reporte de propuesta de portafolio de inversiones
Precondiciones	Haber realizado el CU01
Postcondiciones	Ninguna

### Trayectoria Principal

12) El sistema muestra los detalles del portafolio al Inversionista (CU02\_01).

Los detalles son:

- a. Nombre del valor a invertir (Valor N)
- b. Monto por invertir en el Valor N



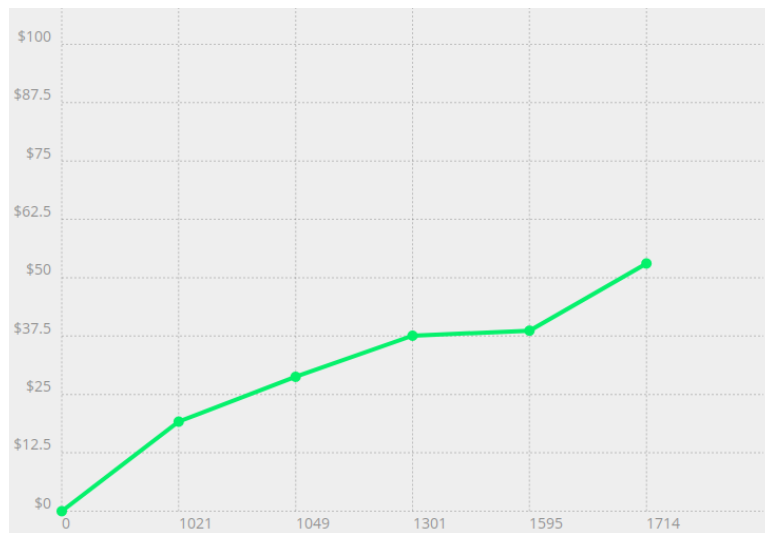
13) El sistema muestra una gráfica con el crecimiento del monto de la inversión respecto al tiempo (CU02\_02).

## Pantallas

### CU02\_1

#### Resultados de la simulación

#	Nombre del producto	Tiempo a invertir	Dinero a invertir	% de ganancia	Capital + ganancia
1	BONOS M 3 AÑOS	1049 días	\$ 9000000	6.5%	\$ 9607500
1	BONOS M 7 AÑOS	1595 días	\$ 1000000	8%	\$ 1080000
1	UDIBONOS S 3 AÑOS	1301 días	\$ 8500000	3.5%	\$ 8797500
1	BPAG28 3 AÑOS	1021 días	\$ 18000000	6.54%	\$ 19177200
1	BPAG91 5 AÑOS	1714 días	\$ 13500000	6.54%	\$ 14382900
				<b>Total</b>	<b>\$ 53022600</b>



### 5.4.3 Mensajes

**Mensaje:** MSJE1 Datos Incompletos

**Tipo:** Error

**Objetivo:** Notificar al usuario que llene todos los campos

**Redacción:** Todos los campos deben estar llenos.

**Mensaje:** MSJE2 Tiempo de inversión demasiado corto

**Tipo:** Error

**Objetivo:** Notificar al usuario que no existen instrumentos de inversión que se ajusten al tiempo de inversión ingresado.

**Redacción:** El tiempo de inversión debe ser mayor al que ingresó anteriormente.

**Mensaje:** MSJE3 Proceso ejecutado correctamente

**Tipo:** Informativo

**Objetivo:** Notificar que el proceso terminó correctamente

**Redacción:** Correcto

### 5.5.3 Reglas de negocio

**Regla:** RN01 Plazo de valores fuera de los límites

**Descripción:** Descartar valores gubernamentales de los cuales su plazo exceda el tiempo de inversión.

**Regla:** RN02 Reinversión de valores

**Descripción:** Considerar un interés acumulado en los valores gubernamentales que puedan ser reinvertidos en el tiempo de inversión, es decir, el supuesto cuando el tiempo de inversión dividido entre el plazo de inversión de un valor sea mayor a 2.

**Regla:** RN03 Campos llenos

**Descripción:** Todos los campos del formulario deben estar llenos.

**Regla:** RN04 Formato de Texto Campo "Monto a invertir"

**Descripción:** El formato de los campos en el formulario solo se deberán usar letras mayúsculas y minúsculas, así como algunos caracteres especiales, de acuerdo a la siguiente expresión regular `[^\$(\d{1,3}(\,\d{3})*|(\d+))(\.\d{2})?$]`

**Regla:** RN03 Formato de Texto Campo “Tiempo a invertir”

**Descripción:** En los campos especificados en el formulario solo se deberán usar números, es decir, los siguientes caracteres [0-9]

## 5.6 Algoritmos

### 5.6.1 Algoritmo de generación de portafolio de inversión

Se utilizó un algoritmo genético para la generación de propuesta de portafolios de inversión en los mercados gubernamentales con las siguientes características:

**T** = Tasa de interés de un valor

**P** = Plazo de vencimiento de un valor al día de su consulta

**PF** = Plazo de vencimiento de un valor máximo

**PO** = Porcentaje del monto del inversionista a invertir en un valor en específico

**D** = función de desempeño

$$D = \sum_{i=0}^n |PO_n * T_n + \frac{PF_n - P_n}{PF_n} * T_n|$$

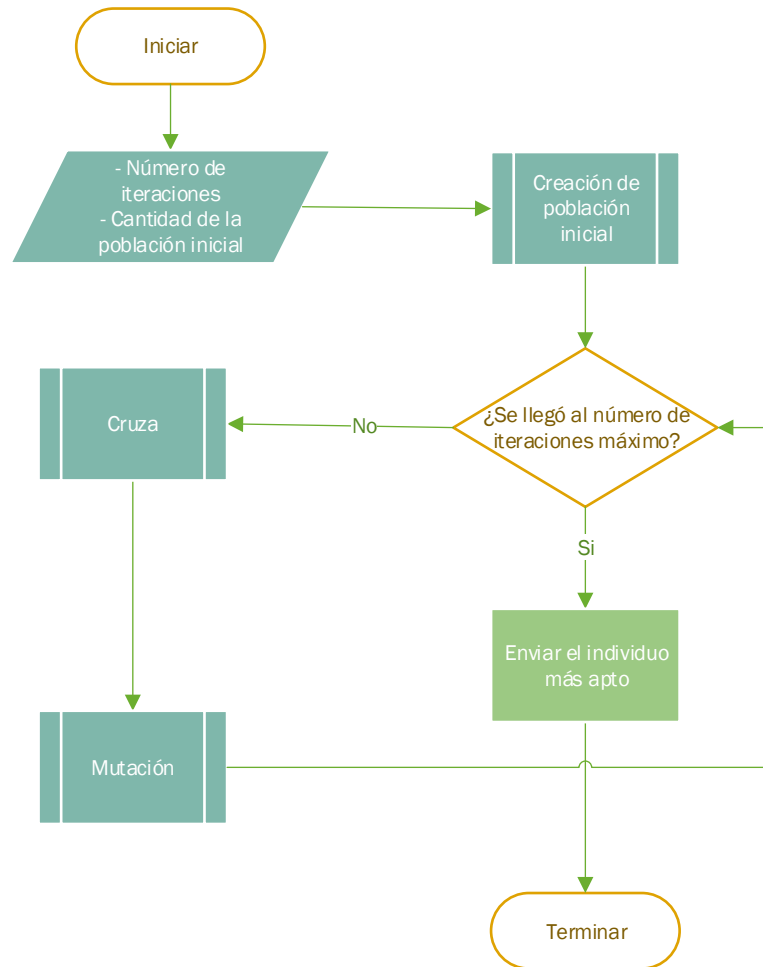
**Técnica de Selección:** Torneo Binario

**Cruza:** Cruza Simple

**Mutación:** Mutación por Inserción

En este algoritmo genético habrá 18 cromosomas. Cada cromosoma representa un tipo de valor gubernamental a un periodo determinado, que como se había mencionado anteriormente, son 18 posibles combinaciones entre los 7 valores con sus posibles plazos de vencimiento. Cada cromosoma estará conformado por 7 bits, ya que con 7 bits se logran tener combinaciones desde el número 0-127. Por lo tanto, un individuo estará conformado por 18 cromosomas de 7 bits cada uno.

Los posibles valores del cromosoma representan el porcentaje del monto a invertir en un valor gubernamental, por lo tanto, la suma de todos ellos deberá de ser 100 para completar el 100% del monto a invertir. Para lograr esta condición se establecerá un proceso de acotación de los valores en los procesos de creación de población inicial, cruza y mutación, los cuales se explicarán a continuación.



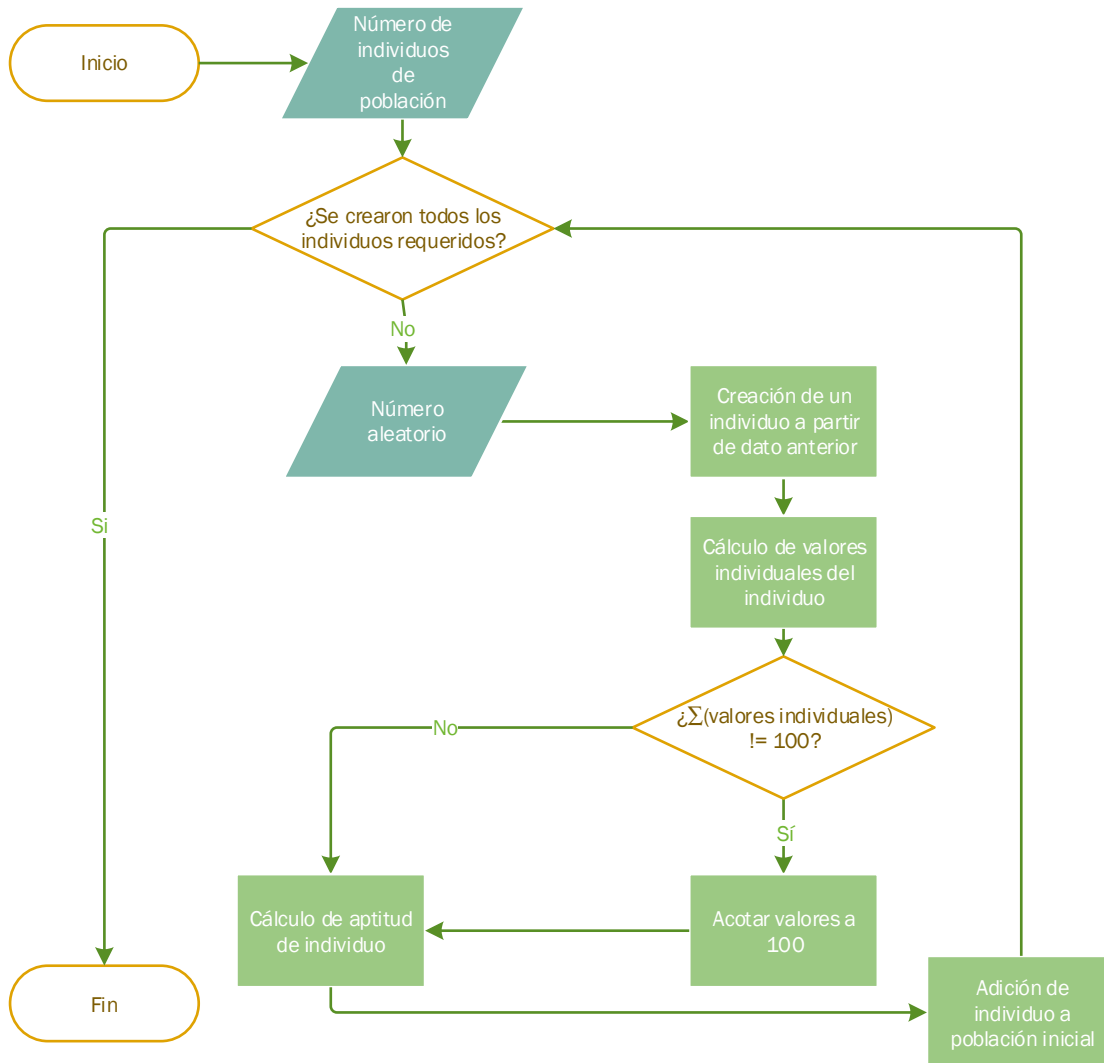
*Ilustración 5 Diagrama de flujo general de algoritmo de generación de portafolios de inversión*

Para adecuarse a las necesidades del problema, el algoritmo iterará todos los ciclos que se definan y devolverá el individuo más apto encontrado durante todos los ciclos de cruza y mutación, es decir, el individuo con el valor más alto obtenido a través de la función de desempeño.

El proceso de creación de población inicial seguirá con las siguientes etapas:

1. Generación de número aleatorio de 126 bits: 18 cromosomas de 7 bits cada uno, nos expresa un total de 126 bits necesarios para el algoritmo genético definido.
2. Obtención de los porcentajes de inversión de valores gubernamentales: Del número calculado anteriormente, se divide en grupos de 7 para así obtener los valores de los 18 cromosomas del individuo creado.
3. Acotación: Los porcentajes obtenidos en el proceso anterior deberán cumplir con la condición de sumar 100, por lo que en este proceso se le restará 1 a cada valor hasta que cumpla esta condición si es que el valor de la suma es mayor a 100. Si el valor de la suma es menor a 100, se le sumará 1 a cada valor gubernamental hasta que se cumpla la condición mencionada anteriormente.
4. Cálculo de la aptitud del individuo: Se realizará el cálculo de desempeño del individuo con sus cromosomas acotados y con la **función de desempeño D** mostrada anteriormente.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del proceso de creación de población inicial.



*Ilustración 6 Diagrama de flujo de proceso de creación de población inicial*

El proceso de cruce tendrá con las siguientes etapas:

1. Creación de un nuevo individuo: A partir de 2 individuos se creará uno nuevo, de la siguiente forma:
  1. 9 cromosomas del primer individuo para los primeros cromosomas del nuevo individuo.
  2. 9 cromosomas del segundo individuo para los siguientes cromosomas.
2. Obtención de los porcentajes de inversión de valores gubernamentales.
3. Acotación.
4. Cálculo de la aptitud del individuo.

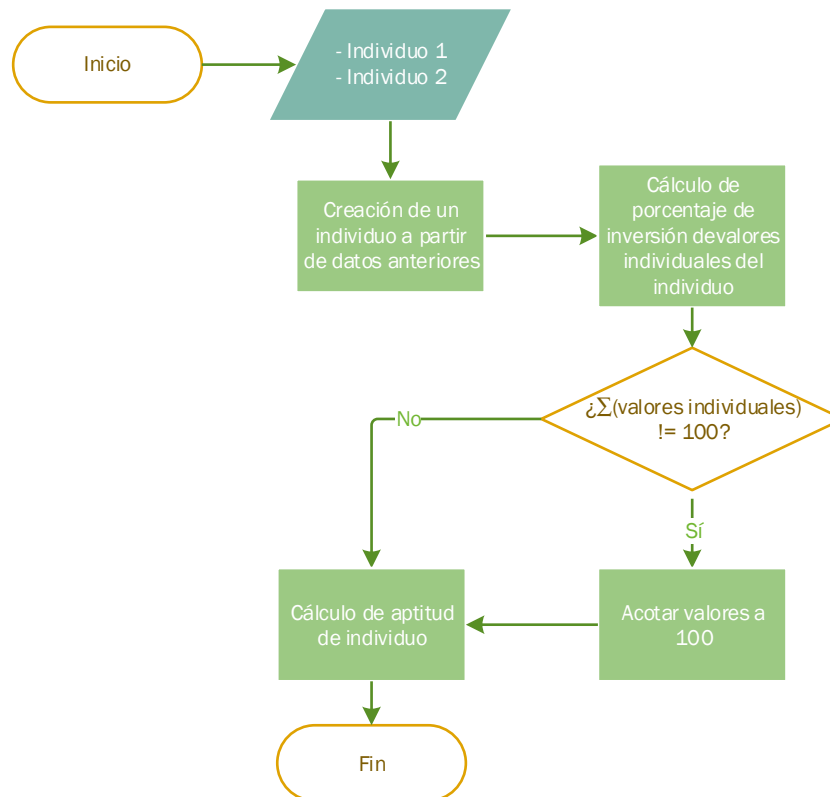
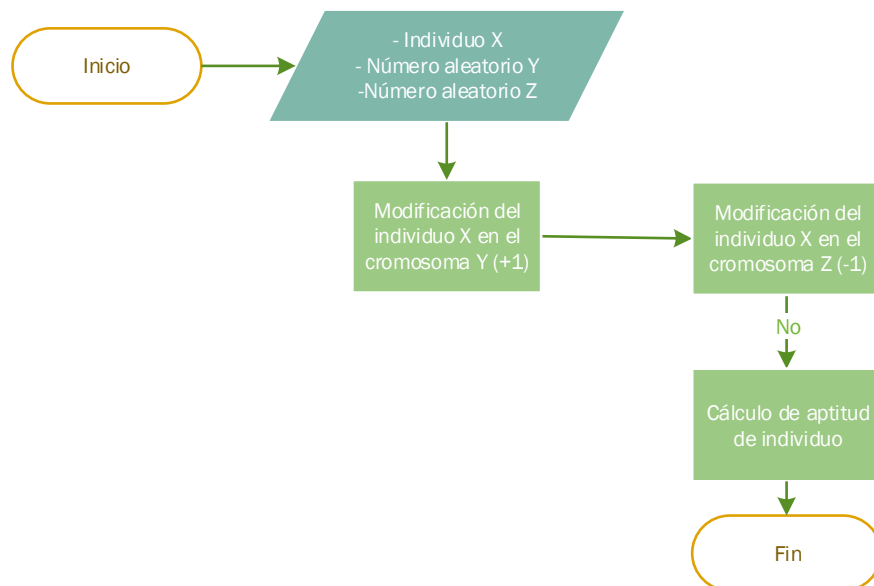


Ilustración 7 Diagrama de Flujo del proceso de Cruza



El proceso de mutación tendrá con las siguientes etapas:

1. Selección de cromosomas: Se crearán 2 números aleatorios para seleccionar dos cromosomas del individuo. La mutación se realizará en dos cromosomas para mantener la suma de los porcentajes en la cantidad de 100.
2. Modificación del cromosoma 1. Se le sumará 1 al cromosoma seleccionado.
3. Modificación del cromosoma 2. Se le restará 1 al cromosoma seleccionado.
4. Cálculo de la aptitud del individuo.



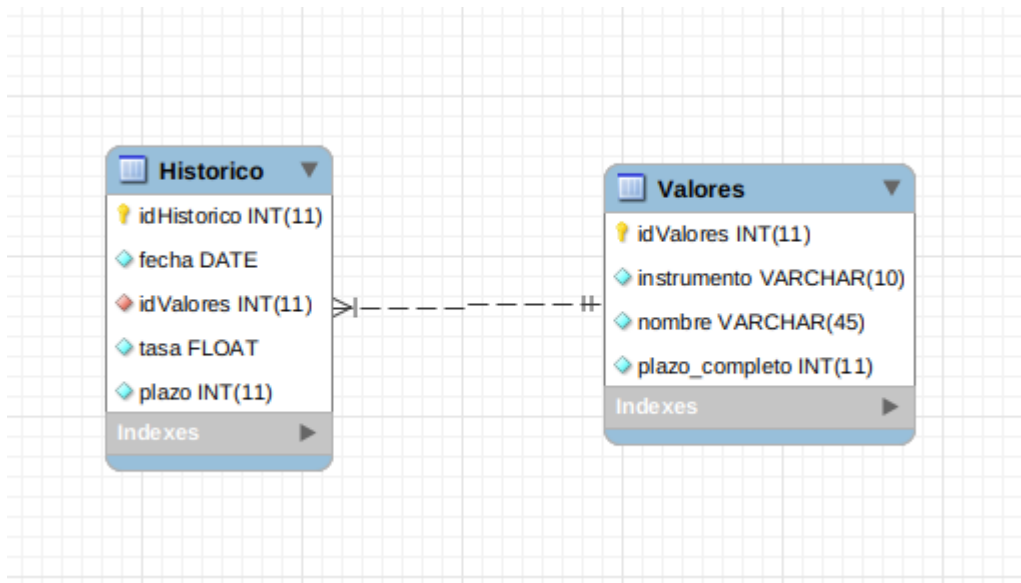
*Ilustración 8 Diagrama de Flujo del proceso de Mutación*

## 6. Diseño

### 6.1 Base de datos

Al realizar la investigación correspondiente y obtener los datos de los valores en el portal del Banco de México se obtuvo que las posibles combinaciones posibles son 18, es decir, con los 7 valores gubernamentales actuales y sus diferentes plazos se logran hacer 18 combinaciones posibles, las cuales estarán guardadas en la tabla **Valores**<sup>4</sup>.

La tabla **Histórico** guardará los datos de tasa de interés y plazo de un valor respecto a una fecha específica como se muestra en la siguiente imagen.



*Ilustración 9 Diagrama entidad Relación de la Base de Datos del TT*

---

<sup>4</sup> Para revisar los datos de la tabla **Valores**, revisar el Anexo 2.

## 6.2 Tecnologías

En el desarrollo de este sistema se ocuparon varias tecnologías según las necesidades a cubrir, estas tecnologías se expresan en la siguiente tabla.

<b>Tecnología</b>	<b>Tipo</b>	<b>Justificación</b>
Java	Lenguaje de Programación	Se eligió este lenguaje como principal por la robustez que brinda en el desarrollo de arquitecturas basadas en el modelo-vista-controlador, así como por el uso de JSP's y Servlets.
C	Lenguaje de Programación	Para realizar de una manera más eficiente algunas operaciones de bits que se requieren para el algoritmo genético.
Payara	Servidor de aplicaciones	Para brindar los servicios necesarios para el funcionamiento de la interfaz web.
MySQL	Gestor de Base de Datos	Por la experiencia del integrante del equipo en esa herramienta y por ser de licencia libre.
Bootstrap	Framework de entornos gráficos Web	Para mantener un diseño homólogo al creado para la interfaz móvil.
Material Design	Framework de entornos gráficos Web	Para mantener un diseño "responsive" para un entorno web y móvil.
JQuery	Biblioteca de entornos Web	Para el funcionamiento correcto de Material Design.

*Tabla 5 Tecnologías usadas*

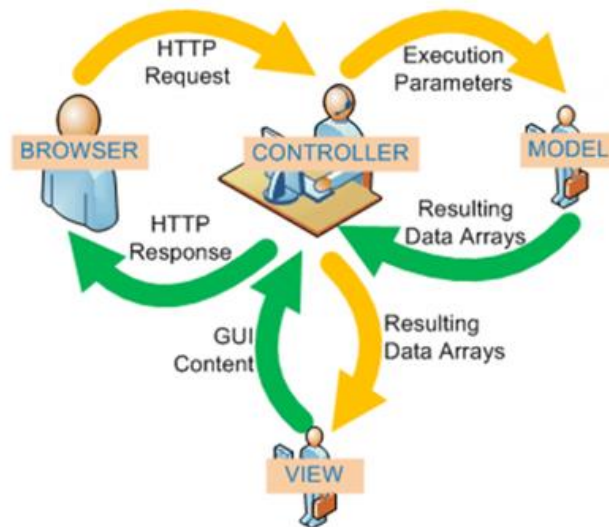
## 6.3 Arquitectura

Según la Universidad de Alicante, el Modelo Vista Controlador (MVC) es un estilo de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos.

Se trata de un modelo maduro que ha demostrado su validez a lo largo de los años en todo tipo de aplicaciones, y sobre multitud de lenguajes y plataformas de desarrollo.

- El **Modelo** contiene una representación de los datos que maneja el sistema, su lógica de negocio, y sus mecanismos de persistencia. El modelo es el responsable de:
  - Acceder a la capa de almacenamiento de datos. Lo ideal es que el modelo sea independiente del sistema de almacenamiento.
  - Define las reglas de negocio (la funcionalidad del sistema). Un ejemplo de regla puede ser: "Si la mercancía pedida no está en el almacén, consultar el tiempo de entrega estándar del proveedor".
  - Lleva un registro de las vistas y controladores del sistema.
  - Si estamos ante un modelo activo, notificará a las vistas los cambios que en los datos pueda producir un agente externo (por ejemplo, un fichero por lotes que actualiza los datos, un temporizador que desencadena una inserción, etc.).
- La **Vista**, o interfaz de usuario, compone la información que se envía al cliente y los mecanismos interacción con éste. Las vistas son responsables de:
  - Recibir datos del modelo y los muestra al usuario.
  - Tienen un registro de su controlador asociado (normalmente porque además lo instancia).

- Pueden dar el servicio de "Actualización()", para que sea invocado por el controlador o por el modelo (cuando es un modelo activo que informa de los cambios en los datos producidos por otros agentes).
- El **Controlador** actúa como intermediario entre el Modelo y la Vista, gestionando el flujo de información entre ellos y las transformaciones para adaptar los datos a las necesidades de cada uno. El controlador es responsable de:
  - Recibe los eventos de entrada (un clic, un cambio en un campo de texto, etc.).
  - Contiene reglas de gestión de eventos, del tipo "SI Evento Z, entonces Acción W". Estas acciones pueden suponer peticiones al modelo o a las vistas. Una de estas peticiones a las vistas puede ser una llamada al método "Actualizar()". Una petición al modelo puede ser "Obtener\_tiempo\_de\_entrega ( nueva\_orden\_de\_venta )" .



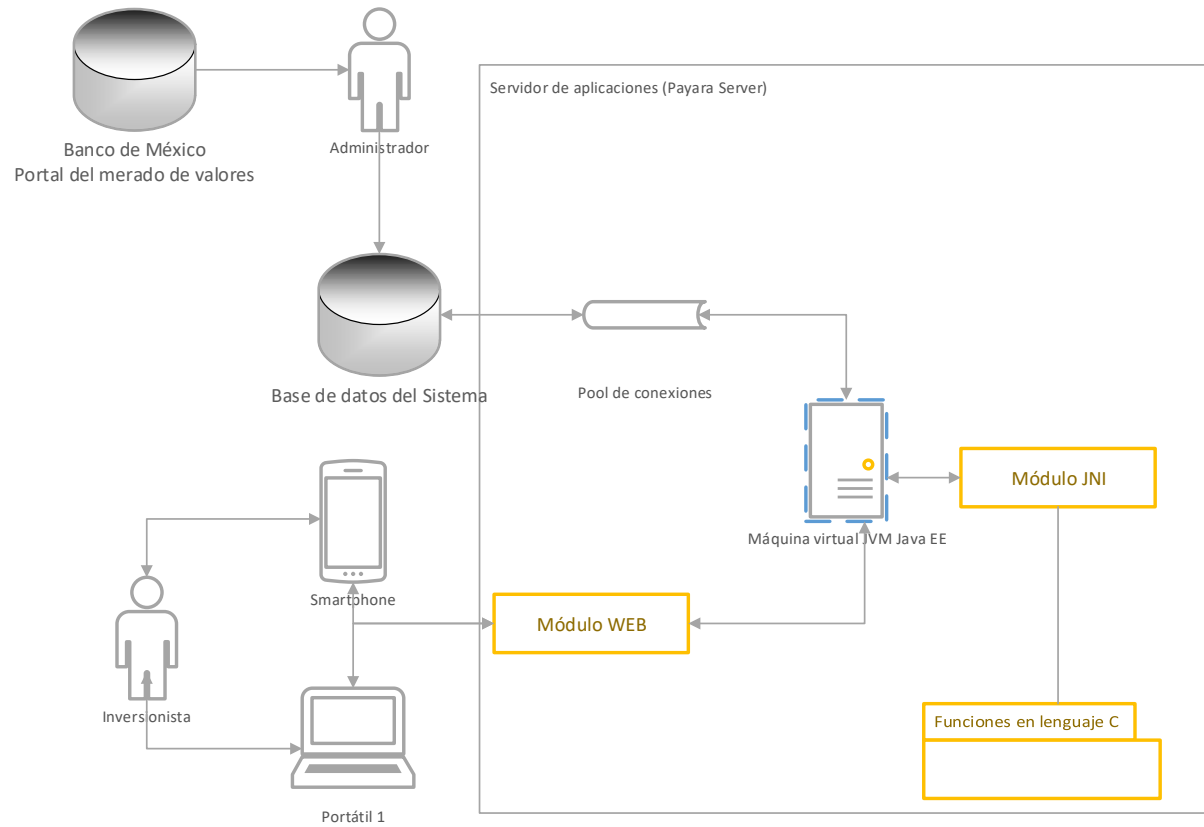
*Ilustración 10 Representación Modelo-Vista-Controlador*

Para el caso del proyecto, se explica a continuación a que corresponde cada módulo de esta arquitectura.

- El **Modelo** es:
  - La base de datos del sistema, montado en un servidor de base de datos.
  - Las clases para la consulta de información de la base de datos
  - Los objetos de las clases “Java Beans” como objetos intermediarios entre la base de datos y el Controlador. Los objetos de las clases Java Beans son la representación de las tablas o de resultados de consultas realizadas a la base de datos, es decir, son un mapeo de los resultados que devuelve la base de datos y son los recipientes para almacenar temporalmente esa información [31].
- La **Vista**, o interfaz de usuario, se compone de las páginas web creadas para mostrar la información. Se decidió no usar JSPs para mantener la segregación de funciones de la arquitectura MVC. Las vistas son responsables de:
  - El acceso al sistema para el usuario.
  - Recibir datos necesarios para la generación del portafolio de inversión en el mercado de valores gubernamentales.
  - Mostrar la propuesta de portafolio de inversión, en específico, recibirá la información por parte del Controlador y realizará la tabla y la gráfica del portafolio de inversión.
- El **Controlador**, para este proyecto, es principalmente el algoritmo genético. El Controlador será el encargado de:
  - Recibir los datos de la Vista, para utilizarlos en el algoritmo genético.
  - Ejecutar los métodos correspondientes para obtener la información necesaria para el algoritmo genético de la base de datos.

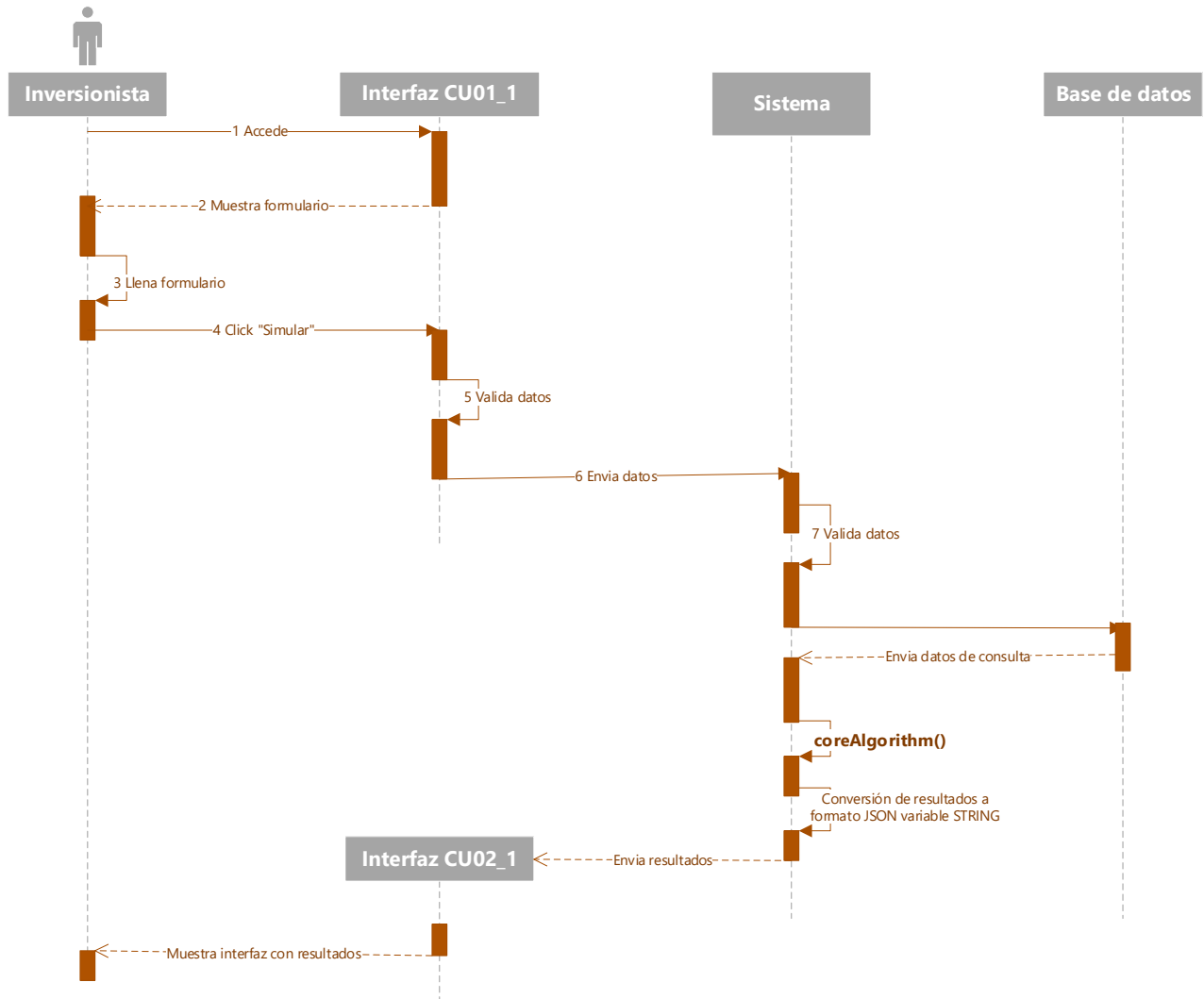
- Las etapas de población inicial, cruza, mutación y cálculo de aptitud del algoritmo genético.

## 6.4 Estructura del sistema



## 6.5 Diagramas secuenciales

### 6.5.1 Diagrama secuencial general





## 7. Implementación

El sistema funciona a través de un sitio web que permite al usuario acceder al servicio de generación de propuestas de portafolios de inversión en el mercado de valores gubernamentales.

### 7.1 Infraestructura

El sistema está conformado por un servidor de aplicaciones Payara Server versión 5.184 con el objetivo de montar el Frontend y Backend; cabe mencionar que se diseñó el sistema para que sea completamente modular por lo que el Frontend está completamente separado del Backend; y un servidor de base de datos MySQL versión 14.14 para la persistencia de la información a través de la base de datos presentada en el capítulo de Diseño.

### 7.2 Frontend

Para el Frontend se desarrolló una sola página web en HTML, javascript y css. Se utilizaron los frameworks JQuery, Bootstrap y Material Design con el objetivo de que la página web se adapte a diferentes resoluciones, es decir, a diferentes dispositivos, así como la fácil manipulación de los objetos HTML, ya que la misma página estará a cargo de enviar los datos necesarios para poder acceder al servicio de generación de portafolios de inversión y de presentar los resultados de este.

### 7.3 Backend

El Backend fue desarrollado en el lenguaje de programación JAVA versión 1.8 con la principal función de generar portafolios de inversión a través de un algoritmo genético. Como se mencionó anteriormente, en este algoritmo genético hay 18 cromosomas conformados por 7 bits cada uno, se necesita una variable de al menos 126 bits por lo que se usaron 2 variables tipo Long de 64 bits cada uno para almacenar la información de los individuos del algoritmo genético.

Derivado del gran problema de manejar los valores binarios de las variables en JAVA, se utilizó Java Native Interface (JNI). JNI es una interfaz de programación estándar para escribir métodos nativos de Java e integrar la máquina virtual Java en aplicaciones nativas, es decir, ejecutar métodos en los lenguajes de programación C y C++ como métodos nativos de JAVA [32].

Por lo tanto, la implementación del algoritmo genético es un híbrido entre el lenguaje de programación JAVA y C. A continuación, se especifican las interacciones entre estos lenguajes en cada etapa del algoritmo genético. Los procesos con el color naranja son métodos creados en JAVA, mientras que los métodos en color azul son métodos creados en lenguaje C.

### 7.3.1 Población inicial

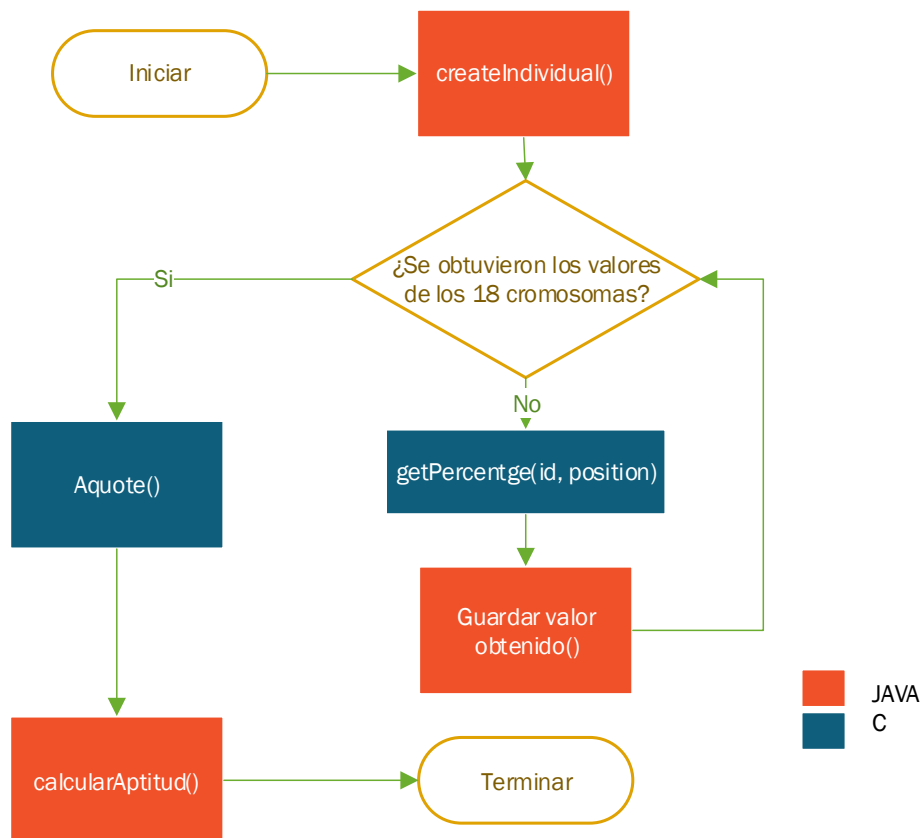
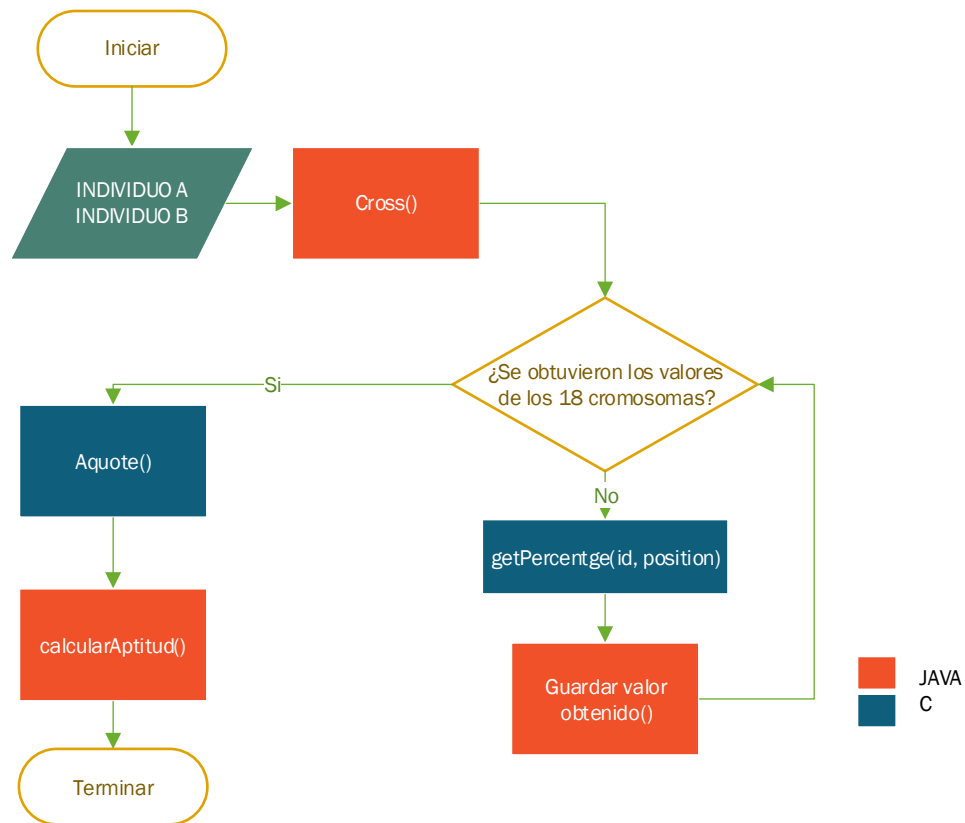


Ilustración 11 Diagrama de flujo de la implementación final del proceso de creación de un individuo

### 7.3.2 Cruza



*Ilustración 12 Diagrama de flujo de la implementación final del proceso de cruza*

### 7.3.1 Mutación

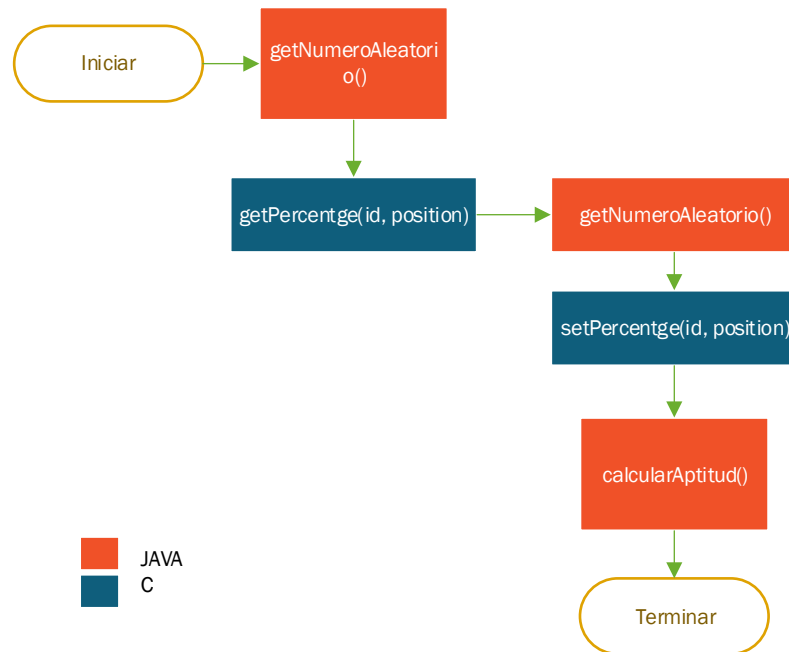


Ilustración 13 Diagrama de flujo de la implementación final del proceso de mutación

## 8. Pruebas

Las pruebas unitarias fueron realizadas con una computadora usada como servidor, una computadora usada como cliente y un dispositivo móvil: las características de estos dispositivos son las siguientes:

Características del servidor:

- Procesador Intel Core-I5-6200U a 2.3 GHz con 4 núcleos
- Sistema operativo Windows 10 de 64-bit
- RAM 12 Gb
- Con Google Chrome

Características de la PC de Prueba:

- Procesador Intel Core i5-4570 a 3.20 GHz con 4 núcleos
- Tarjeta Gráfica Nvidia GeForce GT 1030
- Sistema Operativo Ubuntu 16.04 LTS de 64-bit
- RAM 16 Gb

Características del teléfono móvil

- Marca Apple
- Modelo Iphone X
- Procesador Apple A11 Bionic
- RAM 3GB
- Almacenamiento 256GB

## 8.1 Pruebas unitarias

Las pruebas unitarias se hicieron con base en la técnica “Testeo de Escenario” de la norma ISO/IEC/IEE 29119-4 de “Pruebas de Software”. Esta técnica nos permite evaluar los casos de uso como si fueran escenarios, llevando una especie de pruebas de caja negra [33]. Para fines prácticos sólo se documentaron las pruebas de la trayectoria principal.

### 8.1.1 CU01 Generar propuesta de portafolio de inversión

Id	PU01
Caso de Prueba	Generar propuesta de portafolio de inversión
Descripción	Se probará que el sistema pueda generar portafolios de inversión de forma local.
Funcionalidad/Característica	Algoritmo genético
Resultado Esperado	Portafolio de inversión
Observaciones	Se identificó que el algoritmo presenta un defecto en el proceso de cruza, el cual no se presenta en todas las ocasiones. El defecto cicla el algoritmo y no le permite finalizar el algoritmo.

#### Output - CoreAlgorithm (run)

```
run:
Impresión del mejor individuo encontrado
Dinero invertido: 5000.0
Tiempo en inversión: 2000
ID del valor: 01, porcentaje participacion 1 %
ID del valor: 11, porcentaje participacion 1 %
ID del valor: 21, porcentaje participacion 1 %
ID del valor: 31, porcentaje participacion 12 %
ID del valor: 41, porcentaje participacion 1 %
ID del valor: 51, porcentaje participacion 32 %
ID del valor: 61, porcentaje participacion 39 %
ID del valor: 71, porcentaje participacion 1 %
ID del valor: 81, porcentaje participacion 9 %
ID del valor: 10, porcentaje participacion 0 %
ID del valor: 11, porcentaje participacion 0 %
ID del valor: 12, porcentaje participacion 1 %
ID del valor: 13, porcentaje participacion 0 %
ID del valor: 14, porcentaje participacion 0 %
ID del valor: 15, porcentaje participacion 0 %
ID del valor: 16, porcentaje participacion 1 %
ID del valor: 17, porcentaje participacion 1 %
ID del valor: 18, porcentaje participacion 0 %
BUILD SUCCESSFUL (total time: 2 seconds)
```

*Ilustración 14 Salida del algoritmo genético. Representación de un portafolio de inversiones*

El ID del valor es el idValor de la tabla “Valores”, véase en Anexo 2.

### 8.1.2 CU02 Estadísticas y resultados

Id	PU02
Caso de Prueba	Estadísticas y resultados
Descripción	Se probará que el sistema pueda mostrar resultados creados por el requerimiento CU01
Funcionalidad/Característica	Creación de tabla y gráfica
Resultado Esperado	Visualización de un portafolio.
Observaciones	Se cumplió conforme a lo esperado. Se insertó a través de una variable tipo String en formato JSON los datos obtenidos de un portafolio. Para realizar esta prueba unitaria se realizó la creación de la variable de manera manual. La forma de mostrarlo es a través de un servidor web Payara donde se encuentra una web.



Entradas para la prueba:

```
1 {
2   {
3     "nombre": "BONOS M 3 AÑOS",
4     "time": 1049,
5     "money": 9000000,
6     "aptitud": 6.5,
7     "totalParcial": 9607500
8   },
9   {
10    "nombre": "BONOS M 7 AÑOS",
11    "time": 1595,
12    "money": 1000000,
13    "aptitud": 8,
14    "totalParcial": 1080000
15  },
16  {
17    "nombre": "UDIBONOS S 3 AÑOS",
18    "time": 1301,
19    "money": 8500000,
20    "aptitud": 3.5,
21    "totalParcial": 8797500
22  },
23  {
24    "nombre": "BPAG28 3 AÑOS",
25    "time": 1021,
26    "money": 18000000,
27    "aptitud": 6.54,
28    "totalParcial": 19177200
29  },
30  {
31    "nombre": "BPAG91 5 AÑOS",
32    "time": 1714,
33    "money": 13500000,
34    "aptitud": 6.54,
35    "totalParcial": 14382900
36  }
37 }
```

Ilustración 15 Estructura de la variable tipo String para el llenado de la tabla resultado

```
//llenado de gráfica
var dataStock = {
  labels: ['0', '1021', '1049', '1301', '1595', '1714'],
  series: [
    [0, 19.18, 28.78, 37.58, 38.66, 53.05]
  ]
};
```

Ilustración 16 Estructura de la variable tipo String para la generación de la gráfica de resultados

Vistas:

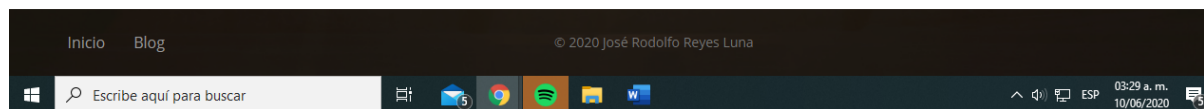


Ingrese los datos solicitados para iniciar con la simulación

2000

\$ 50,000,000.00

Simular



*Ilustración 17 Vista principal inicial*

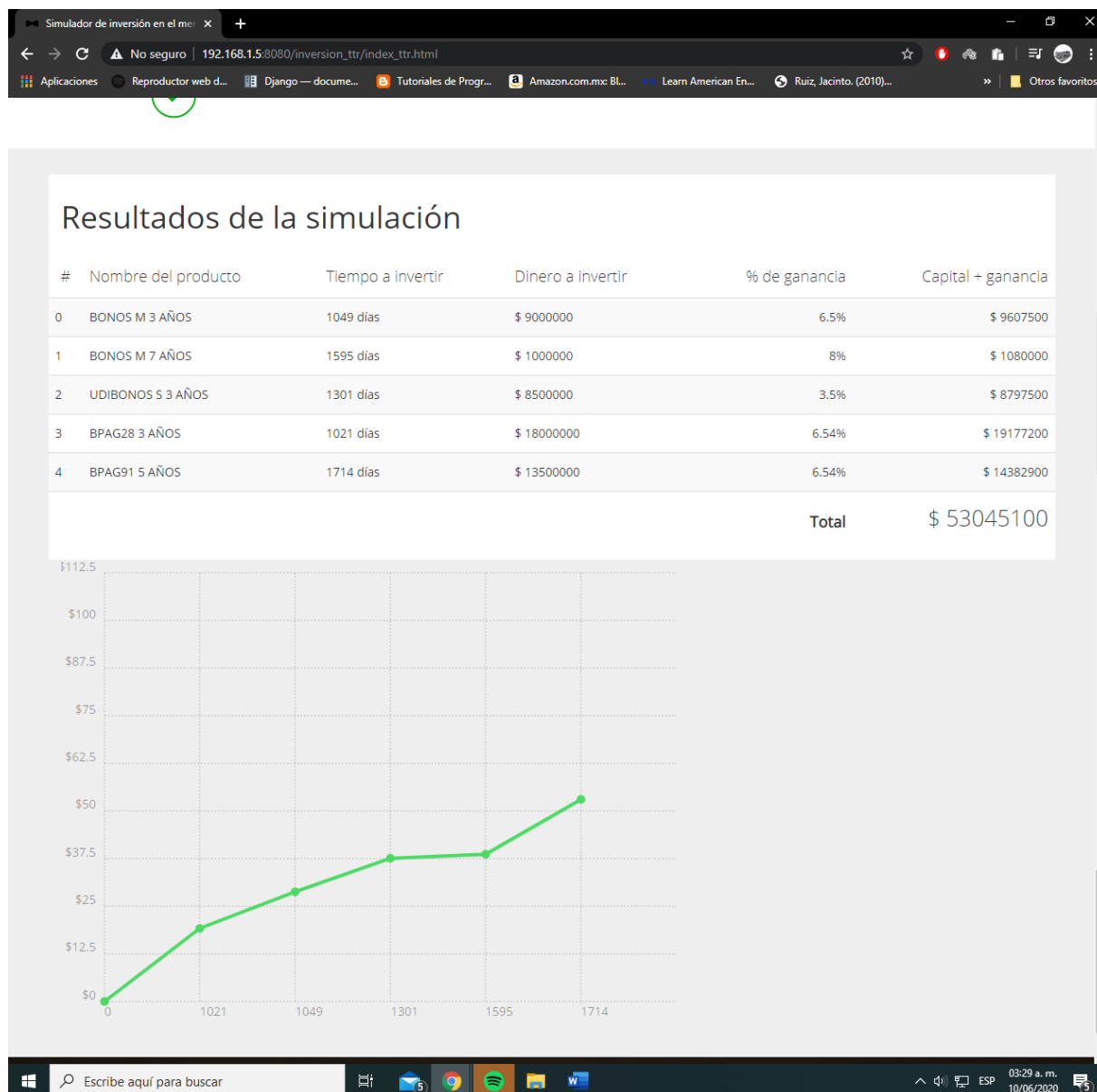


Ilustración 18 Vista al presionar el botón "Simular"

## 6.2 Pruebas del Algoritmo Genético

Para evaluar el desempeño del algoritmo genético se tuvieron que realizar distintas pruebas, las cuales se documentan a continuación.

### 6.2.2 Diversidad de portafolios de inversión

Para calcular la diversidad de los planes se obtuvieron 6 portafolios de inversión con un monto a invertir de 50 millones de pesos, a un plazo de 2000 días. Estos planes nos arrojaron resultados con diversas distribuciones de los valores invertidos, en los cuales se contabilizó el número de veces que se repetían en los 6 portafolios, a lo que llamaremos *índice de repetición del valor invertido*.

Posteriormente, al calcular los índices de repetición, se hizo una suma de los valores activos a invertir según los que tuviera cada portafolio, obteniendo el índice acumulado de repetición. Después se dividió el índice acumulado entre 18 combinaciones (posibles a invertir) multiplicado por 100, y se obtuvo el *índice de diversidad*. Por tanto, entre mayor sea el índice mayor será la diversidad. A continuación, se muestra la gráfica con los resultados obtenidos:

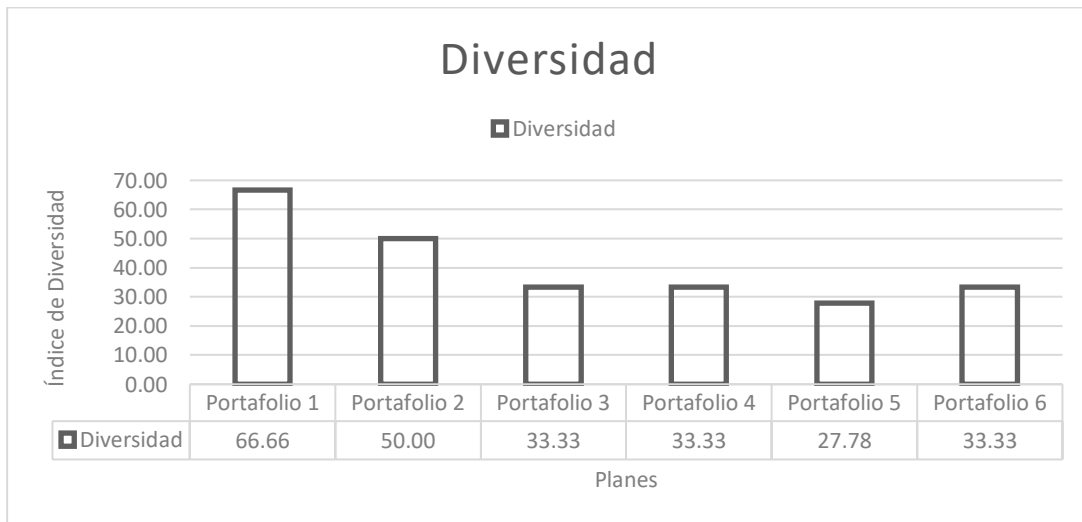


Ilustración 19 Diversidad de la distribución de valores en los portafolios generados

Tomando en cuenta que la media del índice de diversidad es 40.73, vemos que varía. Si se quisiera alcanzar un índice muy alto los portafolios entrarían en problemas de pequeñas inversiones en muchos valores gubernamentales- Sin embargo, se logra mantener por un 9.27 de la mitad de los valores gubernamentales disponibles a invertir.

## 9.Conclusiones

La inversión en el mercado de valores gubernamentales en México es exclusiva de los participantes en el Sistema de Pagos DALÍ, administrado por Indeval, integrante del Grupo BMV. Si una persona moral decide participar y cumple con los requisitos para dicha acción, el siguiente problema será conocer cómo invertir en este mercado.

Normalmente las instituciones cuentan con un grupo dedicado al estudio de los mercados, y el propósito de nuestro sistema es brindarles una herramienta que les pueda ofrecer una propuesta de portafolio de inversión en el mercado de valores gubernamentales en México.

Si bien nuestro sistema no puede reemplazar el análisis a profundidad que realizan las instituciones, sí puede facilitar la toma de decisiones en periodos reducidos que requieren acciones inmediatas, lo cual resulta eficiente para nuestros clientes.

Por otro lado, brindamos ayuda al inversionista con la generación de portafolios de inversión con el uso de algoritmos genéticos, los cuales brindan un desempeño óptimo en la creación de dichos portafolios, una diversidad en la distribución de valores, y en comparación con otras tecnologías, un uso sencillo desde un inicio, ya que no necesitan entrenamiento.

El presente trabajo se pensó con el propósito de potenciar el sistema. Las mejoras identificadas son las siguientes:

- Proyección de la variación de las tasas de los valores gubernamentales.
- Adición de otros mercados en el sistema, como en el Mercado de Capitales.
- Mejoras en el algoritmo de generación de portafolios como:
  - Los valores gubernamentales que basan su rendimiento en el cambio en su tasa de interés diario (que no se consideró para esta versión).

## Referencias

- [1] CONDUSEF. (2018, Feb. 12). *¿Tiempo de invertir?* [Online] Available: <https://www.condusef.gob.mx/Revista/index.php/inversion/otros/899-tiempo-de-invertir>
- [2] Grupo BMV. "Futuros de Bonos M en MexDer." MexDer, México, 2015. [Online] Available: [http://www.mexder.com.mx/wb3/wb/MEX/MEX\\_Repositorio/vtp/MEX/1ef6\\_publicaciones/rid/21/mto/3/Futuros\\_de\\_Bonos\\_M\\_en\\_MexDer.pdf](http://www.mexder.com.mx/wb3/wb/MEX/MEX_Repositorio/vtp/MEX/1ef6_publicaciones/rid/21/mto/3/Futuros_de_Bonos_M_en_MexDer.pdf)
- [3] III. 1.12.1 INSTITUTO PARA LA PROTECCIÓN AL AHORRO BANCARIO. (s. f.). [Online] Available: <https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2000i/ir2000/Tomos/Tomo3/ipab.htm>
- [4] Banxico. "Valores Gubernamentales - (CF107)." Banxico, México. [Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF107&or=22&locale=es#>
- [5] (s. n.) "La curva de rendimiento como indicador financiero", *El Financiero*. (s. f.) [Online] Available: <https://www.eleconomista.com.mx/finanzaspersonales/La-curva-de-rendimiento-como-indicador-financiero-20100907-0133.html>
- [6] [2]B. México, "DALI, valores, Banco de México", Banxico.org.mx, 2020. [Online]. Available: <https://www.banxico.org.mx/sistemas-de-pago/dali-valores-banco-mexico.html>. [Accessed: 17- May- 2020].
- [7] "CCV", Indeval.com.mx, 2020. [Online]. Available: [http://www.indeval.com.mx/wb3/wb/CCV/sistemas/rid/27/nid/19/prk\\_cGFnZQ==/prv\\_Mw==?language=es&lng\\_act=lng\\_step2](http://www.indeval.com.mx/wb3/wb/CCV/sistemas/rid/27/nid/19/prk_cGFnZQ==/prv_Mw==?language=es&lng_act=lng_step2). [Accessed: 17- Apr- 2020].
- [8] Contraparte-central.com.mx, 2020. [Online]. Available: [http://www.contraparte-central.com.mx/wb3/wb/CCV/archivos\\_publicos/rid/151/mto/3/Accionistas\\_CV\\_01.PDF](http://www.contraparte-central.com.mx/wb3/wb/CCV/archivos_publicos/rid/151/mto/3/Accionistas_CV_01.PDF). [Accessed: 13- May- 2020].

- [9] "Market Replay", Data.nasdaq.com, 2020. [Online]. Available: <https://data.nasdaq.com/MR.aspx>. [Accessed: 17- May- 2020].
- [10] "BBVA Asset Management | BBVA México", Bbva.mx, 2020. [Online]. Available: <https://www.bbva.mx/personas/productos/inversion/asset-management.html>. [Accessed: 17- Jun- 2020].
- [11] Algoritmo evolutivo para la optimización de portafolios de inversión. 1 / 85. CDMX: Alan Gustavo Plata Godinez, 2020.
- [12] Cálculo de petrobonos con matemáticas complejas. CDMX: Octavio Esquivel Alvarez Del Castillo, 2020.
- [13] Markowitz, H. (March de 1952). Portfolio Selection. Journal of Finance, 7(1), 77-91.
- [14] G. B. Abreu Goodger, M. R. Acosta Arellano, C. Álvarez Toca, J. J. Cortina Morfín, M. D. Gallardo García, J. R., García Padilla ... M. S. Tegho Villareal. I. Emisores libres de riesgo, en *El mercado de valores gubernamentales en México*. 1.<sup>a</sup> ed. México. Banco de México, 2014.[Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/elib/mercado-valores-gub/OEBPS/Text/acerca de la obra.html>
- [15] (s. n.). "APÉNDICE 1 Descripción técnica de los certificados de la Tesorería de la Federación." Banxico, México, Anexo. [Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/subastas-colocacion-valores.html>
- [16] BANXICO, "Subastas y colocación de valores". México, Banco de Mexico, 2010. [Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/subastas-colocacion-valores.html>
- [17] Banxico. (s. f.-c). "Tasas y precios de referencia". Banxico, México. [Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/mercados/tasas-precios-referencia-valo.html>



- [18] BANXICO, “Subastas y colocación de valores”. México, Banco de Mexico, 2010. [Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/subastas-colocacion-valores.html>
- [19] (s. n.) Banxico. “Bonos de desarrollo del gobierno federal.” Banxico, México, INF. (s. f.) [Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/mercados/d/%7B1FD9FBB3-A8B6-1905-6BE0-0896E00682BB%7D.pdf>
- [20] Diario Oficial de la Federación. “Procedimiento para el cálculo y publicación del valor en moneda nacional de la unidad de inversión.” SEGOB, México, INF. 04 de abril, 1995. [Online] Available: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?codnota=4871937&fecha=04/04/1995&cod\\_diario=209060](http://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=4871937&fecha=04/04/1995&cod_diario=209060)
- [21] BANXICO, “Subastas y colocación de valores”. México, Banco de Mexico, 2010. [Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/subastas-colocacion-valores.html>
- [23] BANXICO, “Subastas y colocación de valores”. México, Banco de Mexico, 2010. [Online] Available: <https://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/subastas-colocacion-valores.html>
- [24] Universidad de Cantabria, Análisis del mercado de valores, (2010). Opencourseware. [Online] Available: [https://www.bancanetempresarial.banamex.com.mx/spanishdir/tutorial/spanishdir/Teoria\\_Moderna\\_Portafolios.htm](https://www.bancanetempresarial.banamex.com.mx/spanishdir/tutorial/spanishdir/Teoria_Moderna_Portafolios.htm)
- [24] Santana Quintero, L., & Coello Coello, C. (2006). Una introducción a la computación evolutiva y algunas de sus aplicaciones en Economía y Finanzas. Revista de Métodos Cuantitativos para la economía y la empresa.

- [25] Pescador Rojas, M. (2010). Un algoritmo mimético para optimización de espacios restringidos. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Computación
- [26] D. C. A. C. Coello, Introducción a la Computacion Evolutiva, CDMX: CINVESTAV-IPN, 2017
- [27] "Frontend y Backend", DevCode Tutoriales, 2020. [Online]. Available: <https://devcode.la/blog/frontend-y-backend/>. [Accessed: 17- Jun- 2020].
- [28] "What is a database?", Oracle.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/database/what-is-database.html>. [Accessed: 17- Jun- 2020].
- [29] "Web Server vs. Application Server", Ibm.com, 2020. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/cloud/learn/web-server-vs-application-server>. [Accessed: 17- Jun- 2020].
- [30] U. d. Alicante. (2018), "Modelo Vista Controlador (MVC)". [Online] Available: <https://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>
- [31] "java.beans (Java Platform SE 7 )", Docs.oracle.com, 2020. [Online]. Available: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/beans/package-summary.html>. [Accessed: 17- Jun- 2020].
- [32] [11]"JNI APIs and Developer Guides", Docs.oracle.com, 2020. [Online]. Available: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/jni/>. [Accessed: 17- Jun- 2020].
- [33] IEEE (2015). SO/IEC/IEEE 29119-4:2015. Diciembre, 2015. [Online] Available: <https://www.iso.org/standard/60245.html>
-

## Anexos

### Anexo 1: Datos de entrada para el algoritmo de generación de propuestas de portafolios de inversión

Los datos se dividirán en 3 secciones dependiendo de el origen de estos, todo con el fin de que el algoritmo de generación de propuestas de portafolios de inversión funcione correctamente:

1. Inversionista
  - a. Monto por invertir: Cantidad en MXN la cual el inversionista quiere simular la inversión
  - b. Tiempo de inversión. Cantidad de días que el inversionista mantendrá su dinero en el mercado de valores gubernamentales antes de retirar su capital y sus intereses.
2. Sistema
  - a. Fecha actual: Fecha en la que se está llevando esta petición al algoritmo. Esta información deberá de ser obtenida por el servidor, para así conocer el valor activo de la fecha actual.
3. Base de datos
  - a. Valor activo: Información actualizada del día hábil más cercano proporcionada por el Banco de México.
    - i. Tasa de interés al día de la consulta
    - ii. Plazo de vencimiento del valor: El plazo de vencimiento del valor activo podrá ser menor al de la “información general del valor”, ya que se podría estar invirtiendo en un día donde el periodo inicial de inversión ya ha pasado.
  - b. Información general del Valor
    - i. Plazo completo del valor
    - ii. Nombre completo del valor

Anexo 2: Datos contenidos en la tabla “Valores” de la Base de datos

<b>idValores</b>	<b>instrumento</b>	<b>Nombre</b>	<b>Plazo</b>
1	BI	CETES A 28 DÍAS	28
2	BI	CETES A 91 DÍAS	91
3	BI	CETES A 182 DÍAS	182
4	BI	CETES A 364 DÍAS	364
5	LD	BONDES \"D\" A 1 AÑO	365
6	LD	BONDES \"D\" A 3 AÑOS	1095
7	LD	BONDES \"D\" A 5 AÑOS	1825
8	M	BONOS M 3 AÑOS	1095
9	M	BONOS M 7 AÑOS	2555
10	M	BONOS M 10 AÑOS	3650
11	M	BONOS M 20 AÑOS	7300
12	S	UDIBONOS S 3 AÑOS	1095
13	S	UDIBONOS S 10 AÑOS	3650
14	S	UDIBONOS S 20 AÑOS	7300
15	BPA	BPA182 7 AÑOS	2555
16	BPA	BPAG28 3 AÑOS	1095
17	BPA	BPAG91 5 AÑOS	1825
18	M	UDIBONOS S 30 AÑOS	10950