

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS Y FÍSICA (MAF)

PROGRAMA DE MODELACIÓN MATEMÁTICA PARA EL DESARROLLO DE  
PLANES Y PROYECTOS DE NEGOCIO I

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**



ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara

4J05 - OPTIMIZACIÓN DE PROGRAMAS DE INVERSIÓN EN INTERMEDIARIOS  
FINANCIEROS

*Investigación en sistemas de trading, una propuesta para mejorar el desempeño de las  
AFOREs en México.*

**PRESENTAN**

Lic en Ingeniería Financiera - Carlos Alfonso Barboza Espinoza

Lic en Ingeniería Financiera - Israel Castillo Herrera

Lic en Ingeniería Financiera - Francisco Javier Enriquez Muñoz

Lic en Ingeniería Financiera - Andrea Jiménez Orozco

Lic en Ingeniería Financiera - Erendira Marin Haro

Lic en Ingeniería Financiera - Alberto Enrique Nuño Guevara

Lic en Ingeniería Financiera - Esteban Ortiz-Tirado González

Lic en Ingeniería Financiera - Jaime Eduardo Vázquez Guzmán

Profesor PAP: Msc Juan Francisco Muñoz Elguezabal - franciscome@iteso.mx

Tlaquepaque, Jalisco, Diciembre del 2020

## ÍNDICE

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	0
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional	0
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto	0
1.2 Caracterización de la organización	1
1.3 Identificación de la(s) problemática(s)	1
1.4. Planeación de alternativa(s)	1
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora	2
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	2
1.7. Bibliografía y otros recursos	2
1.8. Anexos generales	2
2. Productos	3
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia	3
3.1 Sensibilización ante las realidades	3
3.2 Aprendizajes logrados	4

## REPORTE PAP

### Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

*Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (co-participación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.*

*El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).*

*El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que los estudiantes, los beneficiarios externos y los profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, co-crear o transformar en distintos campos sociales.*

*El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las asimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.*

*El Reporte PAP consta de tres componentes:*

*El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de este y la valoración de las incidencias en el entorno.*

*El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.*

*El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.*

## Resumen

El principal objetivo de un sistema de trading es maximizar sus beneficios utilizando señales y confirmaciones de tendencia que ayuden a mejorar el porcentaje de entradas y salidas apropiadas. En este proyecto, la fuente de estas señales proviene de un modelo de inteligencia artificial, específicamente una red neuronal multicapa. El entrenamiento del modelo utiliza datos diarios de contratos futuros continuos.

Para mejorar el desempeño del sistema se toma en cuenta un criterio de selección e importancia de variables en base a la estadística, así como una optimización de los hiper parámetros del modelo. Con el fin de disminuir la minusvalía de las posiciones abiertas, se propone la implementación de una cobertura dinámica. Dicha cobertura se ejecuta con opciones para preservar el capital y gestionar el riesgo.

El impacto de esta investigación va dirigida a contribuir e innovar el proceso de estrategias de inversión que realizan actualmente los fondos de pensión (AFORES) en México. Siendo el rendimiento un factor determinante para el retiro de futuras generaciones, y tomando en cuenta el contexto actual y recientes reformas en la materia, las estrategias de inversión apoyadas en tecnología se ha convertido en un área de suma importancia para nuestra sociedad.

### 1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa construyen sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

La dinámica de integración de este proyecto en particular fue diferente a la mayoría. Esta diferencia se debe principalmente al tipo de proyecto establecido al inicio del semestre. En

conjunto, se decidió que el proyecto sería principalmente de investigación. A diferencia de un proyecto de desarrollo de un producto o servicio, o uno de optimización de procesos, en nuestro caso no había un agente externo con una problemática en particular. Si bien no se trabajó con un tercero directamente, se definió que el proyecto abonará a varias áreas diferentes. Como primer propósito, se estableció el objetivo de ampliar el conocimiento sobre los sistemas de trading con coberturas dinámicas. Adicionalmente, este tipo de sistemas pueden ser grandes herramientas para el beneficio de millones de personas ya que a través del sistema de pensiones pueden obtener una mejor calidad de vida en su retiro.

El proyecto descrito en este reporte se desarrolló en varias fases de trabajo. La primera fase consistió en la exploración de diversas áreas del conocimiento relacionadas con las matemáticas aplicadas a finanzas. En esta etapa, se trabajó de manera individual a manera de seminario. En conjunto, se identificaron los conocimientos necesarios para desarrollar un sistema de trading basado en un modelo de inteligencia artificial y se definió una ruta para que paso a paso, el equipo fuera capaz de integrar dicho sistema.

La exploración científica dio paso a la siguiente fase, la investigación individual y la creación de sub-equipos. Cada quien fue responsable de entender y explicar al resto de los integrantes del equipo un tema en particular. Al mismo tiempo, se identificaron las relaciones entre cada tema y su aporte al objetivo general de crear un sistema de trading. Basado en dichas relaciones, se integraron los sub-equipos y cada semana se llevaron a cabo presentaciones a manera de seminario en donde se presentaban los avances del proyecto.

La última fase del proyecto fue la integración del trabajo de todos los miembros del equipo. Como resultado de esta etapa, se generó la primera versión del sistema de trading deseado y se evaluó su desempeño para determinar su posible impacto social. La presentación de todo el trabajo fue la última edición del seminario.

### 1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto.

La manera actual de generación de riqueza para incrementar el patrimonio de los ahorradores es mediante la inversión en activos financieros. La forma simple de entender el

sistema de pensiones en México es que los trabajadores aportan (de manera voluntaria y/o involuntaria) una parte de sus ingresos a un fondo de inversión. Dicho fondo (SIEFORE) es administrado por un particular (AFORE) y la suma del ahorro de las personas y los rendimientos logrados por el administrador son entregados cuando la persona se retira. Estos fondos de inversión son participantes muy importantes en el mercado y las decisiones que toman tienen impacto sobre el ahorro para el retiro de millones de personas.

Existen muchas maneras de gestionar el capital de un fondo de inversión. Este proyecto busca explorar la gestión automatizada, basada en algoritmos de inteligencia artificial para tomar decisiones de compra o venta de un activo. Dicha integración, produce como resultado un sistema de trading.

Un sistema de trading se puede entender simplemente como un conjunto de reglas para realizar transacciones de un activo (o varios) financiero buscando obtener cierta rentabilidad objetivo. En este proyecto, lo que se buscó es que dichas reglas sean generadas por un modelo de inteligencia artificial, específicamente un perceptrón multicapa con retropropagación, añadiendo un elemento especial y como parte de un proceso de innovación lo cual es una cobertura dinámica utilizando instrumentos derivados financieros como lo son las opciones vanilla, para de esta manera disminuir la minusvalía del sistema, minimizar el riesgo y proteger el capital.

La administración de activos mediante técnicas de inteligencia artificial generalmente sigue un proceso de producción, o una línea de trabajo. Primero se obtienen y se limpian los datos que se van a utilizar. Posteriormente, a partir de los datos crudos, se hacen transformaciones para generar variables. Este tratamiento de los datos se denomina Ingeniería de variables. Posteriormente se utilizan las variables generadas para generar estrategias de compra y venta del activo analizado. Después, se realiza un proceso denominado backtest, en el cual se valida la rentabilidad de una estrategia en diferentes escenarios. Finalmente, un equipo se encarga de integrar la estrategia generada al sistema general de la empresa y supervisar que el desempeño en el mundo real sea como se

esperaba que fuera. En la ciencia computacional aplicada a finanzas, el mayor problema con el que hay que lidiar es el sobreajuste (López de Prado, 2018).

Finalmente, se proponen los criterios base para comenzar a operar el sistema. Este responde a las preguntas de ¿cuánto duran las operaciones abiertas? ¿bajo qué criterio se cierran? ¿y como se propone una estrategia de cobertura automatizada para minimizar el riesgo de las posiciones? Las cuales se abordaron y contestaron a lo largo del desarrollo del proyecto cuyas primeras aproximaciones y resultados se explicarán más a detalle en los siguientes puntos del presente reporte.

## 1.2 Caracterización de la organización

La organización generada para el desarrollo de este proyecto fue conformada por un grupo de estudiantes de Ingeniería Financiera próximos a egresar. Durante todo el semestre, el equipo conformado por 8 integrantes decidió separarse en grupos más pequeños para así lograr tareas y actividades que servirían para el producto final. Todos estos grupos investigaron sobre algún tema en específico para así, durante el semestre se pudieran complementar todos los aprendizajes adquiridos y compactarse en un producto final.

Las áreas y su propósito particular que conformaron el equipo fueron:

- Precios futuros continuos: obtener y/o generar una serie de precios diarios a partir de datos intradía de los diferentes contratos disponibles en el periodo a analizar. Entender la forma de conectar contratos individuales. Buscar alternativas de proveedores de datos y seleccionar al que mejor cubriera las necesidades del equipo. Como resultado de su trabajo se esperaba que el equipo contara con una serie de datos diarios y con precios intradía para la evaluación del desempeño del sistema de trading.
- Cambios estructurales en series de tiempo. El propósito de este equipo era la creación de una función que identificara momentos en los que se presenta un cambio estructural en la serie analizada. Esto se hizo con dos objetivos en mente: generación de variables para el conjunto de entrenamiento del modelo e



identificación de periodos óptimos para utilizar como entrada de entrenamiento del modelo.

- Ingeniería, selección e importancia de variables. Su trabajo consistió en generar el conjunto de datos a partir de los precios entregados por la comisión de futuros continuos. El equipo buscaba generar nuevas variables, las cuales tuvieran poder explicativo para que el modelo mejorara su predicción de rendimiento futuro. Además de generar muchas variables, requería seleccionar aquellas variables que fueran útiles basado en su importancia estadística.
- Generación de señales- Modelo predictivo. El trabajo realizado dentro de esta sección del sistema de trading fue el diseño e implementación en Python, de un modelo de inteligencia artificial tipo perceptrón multicapa con propagación hacia atrás con la finalidad de pronosticar el signo la dirección (alcista o bajista) y por ende el tipo de operación a realizar (compra o venta) del precio de cierre del siguiente día de cotizaciones del activo utilizado, en este caso, el par de divisas del euro y el dólar americano. Aunado a lo anterior, para el proceso de generación de señales se implementó un método de optimización de distintos hiper parámetros del modelo a través de una optimización por enjambre de partículas, esto con la finalidad de encontrar el conjunto de hiper parámetros que minimizan, dentro lo posible, el resultado de la función de costo del modelo.
- Toma de pérdidas y ganancias: determinar el criterio bajo el cual las operaciones serían cerradas. Encargado de establecer los límites de ganancia o pérdida de cada posición y verificar en una prueba histórica cómo hubiera sido el desempeño del sistema de trading bajo los criterios previamente establecidos.
- Dimensionamiento de posiciones. Este bloque buscaba establecer la cantidad de contratos o dinero que conformaría cada operación del sistema para optimizar el desempeño del mismo.
- Cobertura dinámica de posiciones. El propósito de generar una cobertura dinámica fue reducir el riesgo general del sistema de trading. Este equipo era responsable de

establecer cuándo y cuánto de las operaciones indicadas por el algoritmo de inteligencia artificial sería cubierto con opciones vanilla tipo europeas.

- Impacto social. En esta parte se hicieron tres simulaciones, en la primera se proyectaba el cambio en el rendimiento de las AFORES en el tiempo analizado (2 años), en la segunda en un tiempo futuro con posibles escenarios del rendimiento y en la última simulación donde se visualiza el cambio en los flujos de las cuentas individuales de las AFORES.

El propósito de tener estos bloques por separado fue que el equipo se complementara y que cada uno hiciera una parte fundamental del proyecto, ayudando al otro si así se requería. Además de abordar diferentes objetivos a través del semestre, todos conformando un elemento esencial del objetivo principal de este PAP.

Cada uno de los integrantes, semana a semana, presentaba los avances que tuvo durante sus sesiones de trabajo. Así, todos los integrantes sabían qué es lo que se estaba haciendo en cada una de las áreas. Además, podían complementar con críticas y reflexiones para enfatizar puntos importantes o corregir elementos faltantes o incorrectos. De igual manera, algunos de los bloques se fueron conectando con el paso del tiempo, para ir haciendo al final un solo producto, derivado de juntar todas las áreas de trabajo e investigación.

### 1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

La problemática inicial fue la falta de conocimiento respecto a las diferentes etapas de un sistema de trading por parte de los alumnos. Como tal, ¿qué partes conforman un sistema de trading y qué ámbitos son los que debíamos conocer para formular soluciones que cumplan los requisitos de un sistema de inversión basado en trading algorítmico? Los alumnos nos dimos cuenta que nos hacía falta comprender los enfoques a trabajar y cómo juntarlos. Por lo tanto, la primera problemática fue la falta de información puntual sobre el tema.

Posteriormente, se identificó un segundo desafío. Divulgar con el resto del equipo cada uno de los “bloques” que trabajamos. En principio, se necesitaba la divulgación para poder

reconocer qué se estaba llevando a cabo, en qué ubicación dentro del flujo de trabajo se encontraba cada quien, y qué productos o resultados estaban esperando utilizar u obtener. De esta manera, podíamos llegar a anidar una estructura mucho más compleja al sistema de trading.

Consecuentemente, se llegó a una nueva problemática. Esta fue lograr generar una estructura de trabajo para un sistema de trading que fuera funcional y concreta. Una vez pasada las etapas de investigación, y las de divulgación entre los integrantes del equipo, queríamos poner manos a la obra para que este proyecto pudiera generar un resultado cuantitativo útil y específico.

Para finalizar, una vez que todos los bloques comenzaron a complementarse el reto fue el mejoramiento del modelo y propuesta de cobertura dinámica, y la manera de expresar nuestro trabajo de manera concisa y simple.

#### 1.4. Planeación de alternativa(s)

Para resolver este problema de investigación, se tomó la decisión de dividir los distintos temas que engloban un sistema de trading. Entre las distintas secciones que se abordaron en este proyecto encontramos:

- Diferenciación fraccionaria
- Detección de puntos de cambio para series de tiempo
- Generación de contratos de futuros continuos
- Ingeniería e importancia de variables
- Perceptrón multicapa con propagación hacia atrás y validación cruzada secuencial por bloques
- Estrategia de cobertura dinámica
- Simulación del cambio en los flujos de las AFORES

Esta división de los temas a cubrir nace de los criterios a considerar dentro de un sistema de trading, los cuales son:

1. ¿Qué datos utilizar?
2. ¿Cómo generar señales de compra o venta?
3. Toma de pérdidas o ganancias
4. Dimensionamiento de posiciones
5. Criterios y propuesta de cobertura con opciones
6. ¿Cómo se vería afectada la sociedad?

Además de implementar un modelo de inteligencia artificial para la generación de señales en el sistema de trading, se planteó la posibilidad de aplicar una estrategia de cobertura dinámica sobre las posiciones abiertas del mismo. La idea de la cobertura responde a la necesidad de limitar el riesgo que conlleva la inversión en instrumentos financieros.

Operar futuros de manera sistemática idealmente genera un rendimiento positivo sobre el capital utilizado. La evaluación del desempeño del sistema de trading se puede abordar desde dos perspectivas diferentes. La primera, es el rendimiento sobre la inversión. Es decir, si se inicia con cien mil dólares, y al cabo de cierto tiempo se tienen ciento diez mil dólares, entonces el rendimiento del sistema de trading utilizado para invertir dicho capital fue de 10%. Esta visión es un tanto limitada porque no toma en cuenta todo lo que pudo haber pasado en dicho periodo, simplemente se basa en las situaciones inicial y final. Por su parte, si se toman en cuenta medidas como el *drawdown*, el cual identifica la pérdida flotante máxima, se obtiene una imagen mucho más completa de la evolución del capital.

Ya que el equipo decidió tomar en cuenta este tipo de medidas de la volatilidad del sistema de trading, utilizar una cobertura dinámica tomó mucho sentido. La intención era diseñar la estrategia de manera que el *drawdown* del sistema se redujera significativamente, y que al mismo tiempo no fuera muy perjudicado el rendimiento generado por el mismo. En otras palabras, se buscaba obtener una cobertura que limitara las pérdidas y que fuera financieramente viable.

Para determinar la viabilidad de la cobertura dinámica del sistema fue necesario desarrollar una validación histórica. Es decir, generar un historial de las posiciones que hubiera hecho el sistema de trading y cuál hubiera sido el impacto de tener o no tener la cobertura sobre esas posiciones. En caso de encontrar que la cobertura disminuye el riesgo del sistema sin limitar las posibles utilidades del mismo, entonces se puede proponer que un sistema como el que se desarrolló podría ser usado para beneficiar de manera responsable y sostenible el rendimiento del ahorro de millones de personas que integran el sistema de pensiones mexicano.

Por otra parte, si determinamos que un sistema de trading con cobertura dinámica no es financieramente viable, o no genera un rendimiento suficiente, se logra generar evidencia en contra de tal proposición. Actualmente, no hay suficiente evidencia o estudios científicos para aceptar o rechazar el uso de un sistema cubierto. Por esto, este proyecto fue un trabajo principalmente de investigación, pues hay la necesidad de explorar la viabilidad de combinar un sistema de trading y una estrategia de cobertura.

### 1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

Como se mencionaba en la sección anterior del presente reporte, las distintas secciones que componen al sistema de trading propuesto en el presente proyecto se dividieron entre los distintos integrantes del equipo, esto con la finalidad de procurar cierta especialización en el tema designado a cada uno de los integrantes y, por ende, que desde dicha especialización se pudiera realizar una aportación considerable al desarrollo del sistema.

De manera particular, durante la etapa de investigación se llegó a diversos conocimientos sobre cada uno de los distintos componentes del sistema, entre los cuales encontramos los siguientes:

#### **Modelo de inteligencia artificial**

Los modelos neuronales de tipo perceptrón multicapa pueden ser aplicados para una gran variedad de problemas, por ejemplo, regresión, clasificación binaria, clasificación multiclase, entre otros. Sin embargo, aunque estos modelos muestran cierta flexibilidad en cuanto a los problemas a los que se pueden aplicar, cabe destacar que existen ciertas consideraciones que se deben tomar en cuenta al aplicarlos a ciertos problemas, por ejemplo, el tipo de función activación, la función de costo a utilizar, entre otros. Aunado a lo anterior, resulta importante aclarar que se utilizó el lenguaje de programación Python para el desarrollo del modelo, de manera específica la paquetería Keras.

De manera particular, el tipo de problema que se buscó solucionar a través de este modelo neuronal en el contexto de un sistema de trading es de clasificación dado que, según lo acordado con el resto del equipo, la señal generada por el modelo sería (como se explica en la sección anterior) la dirección del precio de cierre del día siguiente. Por lo tanto, la función de costo a utilizar sería la entropía cruzada binaria y la función de activación para cada neurona contenida dentro de cada una de las capas sería la función sigmoideal, las cuales están definidas respectivamente por las siguientes expresiones ...

$$H_p(q) = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N y_i \log(p(y_i)) + (1 - y_i) \log(1 - p(y_i))$$

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Es importante destacar que para el proceso de entrenamiento del modelo se decidió utilizar la sección del conjunto de datos resultante del proceso de generación y selección de variables comprendida entre el día 1 de enero de 2007 y el 29 de octubre del 2018, esto para entrenar el modelo con la mayor cantidad de datos posible y para exponerse a

periodos de distintas características, por ejemplo, periodos de alta volatilidad, periodos con un sentimiento de mercado optimista, periodos de sentimiento de mercado pesimista, etc.

Una vez establecido el tipo de modelo a utilizar y las consideraciones básicas para el mismo, se optó por implementar un proceso de optimización de los hiper parámetros del modelo.

Podemos definir a un hiper parámetro como un atributo propio de la arquitectura del modelo, el cual es especificado por el desarrollador de manera heurística. La relevancia de optimizar los hiper parámetros de un modelo yace en el hecho de que éstos tienen un impacto directo en el desempeño del mismo.

Existe un gran número de métodos de optimización que se pueden aplicar para este tipo de casos, por ejemplo, la búsqueda por malla, búsqueda aleatoria, etc. Todos los métodos presentan ventajas y desventajas, por ejemplo, el costo computacional en el que se incurre al utilizarlos, complejidad de los métodos, entre otras. En este caso, se decidió optar por una optimización por enjambre de partículas, conocido por sus siglas en inglés como PSO.

El algoritmo de optimización por enjambre de partículas se inspira en el comportamiento de los enjambres de abejas, ya que cuando un enjambre de estos insectos detecta que en los alrededores hay una fuente de alimento, por ejemplo flores, estos insectos se aproximan poco a poco no sólo a la región del espacio donde están buscando el alimento sino que buscarán el punto preciso donde existe una mayor concentración de fuentes de alimento.

Al utilizar este algoritmo para optimizar el modelo propuesto, se generaron arreglos de muestras aleatorias sin reemplazo considerando valores como el máximo, mínimo y la escala (número sobre el cual se dividirán las muestras aleatorias) especificados por el usuario. Una vez generadas las muestras aleatorias para cada hiper parámetro a utilizar, los pasos esenciales seguidos por este método de optimización son los siguientes :

1. Alimentar al modelo con la muestra (partícula) correspondiente para cada hiper parámetro en dicha iteración del algoritmo.
2. Entrenar el modelo.
3. Guardar resultados de función de costo.
4. Actualizar mínimos locales en caso de ser necesario
5. Actualizar la posición de las partículas de cada hiper parámetro para generar la aproximación hacia otro mínimo local o incluso a un mínimo global.

Habiendo realizado el proceso de optimización del modelo, se llevó a cabo el proceso de pruebas del modelo. Tomando en consideración que los datos utilizados por el modelo son dependientes del tiempo y para evitar que existieran filtraciones de información por parte de las variables explicativas del modelo hacia la variable explicada, se decidió aplicar un proceso de validación cruzada secuencial por bloques para el proceso de generación de conjuntos de entrenamiento. Este proceso consistió en generar bloques independientes de 30 días de operaciones, respetando la secuencia temporal de los mismos, para asegurar que ninguno de dichos conjuntos compartiera días de operaciones con algún otro bloque.

Una vez generados los bloques descritos en el párrafo anterior, se realizó el proceso de pruebas con cada uno de dichos subconjuntos de datos para poder conocer las predicciones que el modelo generaría para cada uno de los escenarios en los cuales dicho modelo se está probando.

### **Change Point Detection**

Este método consta de el análisis dentro del precio de algún activo. Se puede utilizar en diferentes áreas de aplicación, por ejemplo, clima, información biológica, finanzas, oceanografía y/o imágenes médicas. Detecta el punto en donde existe o hay una posibilidad de cambio de tendencia en el precio, anomalía de algún dato y/o la velocidad de cambio del mismo. Mientras mayor sea el número de datos, mayor será el número de



soluciones. Para entender mejor las fortalezas y debilidades de este método debemos entender que existen tres elementos a considerar.

1. Función de costo; es una medida de homogeneidad.
2. Método de búsqueda; Resolución de la optimización discreta asociados con el problema. Balance entre complejidad computacional y exactitud.
3. Restricciones.

Existen diferentes métodos para encontrar lo que buscamos. A continuación, hablaremos de los métodos más importantes o más considerados dentro del mercado.

- Window Based search method: Este es un método que genera una segmentación rápida de la señal. el algoritmo utiliza dos ventanas que se deslizaban por toda la serie de tiempo a estudiar. Dentro del tema de las ventanas del método, se puede elegir el ancho de la ventana, esto refiriéndose a cuantos datos contendrá la ventana. También se podrá elegir si el usuario quiere que el algoritmo salte cierto número de variables para así obtener resultados más rápidos. Al cambiar alguna de estas partes los resultados podrían variar significativamente. El método revisa y compara las propiedades estadísticas tanto de los datos dentro de cada una de las ventanas como de la serie en general. Al deslizarse por toda la serie de tiempo, las desviaciones estándar y medias de cada una de las ventanas se comparan con la otra. Cuando en la desviación estándar o llamada financieramente como volatilidad, se produce un change point en el punto intermedio de las dos ventanas.
- Pruned Exact Linear Time (PELT). Es un método exacto y genera resultados rápidos y consistentes. Minimiza la función de costo sobre posibles números o puntos del posible cambio. Este método tiene costo computacional lineal a cada uno de los puntos dentro de la secuencia de precios. Para tener una mayor potencia del método se necesitarán un número mayor de datos. Si un cambio es muy grande, existen mayores posibilidades de que el método encuentre ese punto exacto.
- Binary Segmentation search method: La segmentación binaria es el método estándar a lo relacionado a change point detection. Básicamente, aplica iterativamente el change point a diferentes subconjuntos de la secuencia  $y_1, \dots, y_n$  con el objetivo de detectar múltiples puntos de cambio.

La segmentación binaria comienza aplicando lo que sería el método change point a toda la secuencia, es decir, comprueba si una parte de la secuencia exista un evento

tal que, la función de costo sobre las dos subsecuencias más el término de penalización sea menor que la función de costo en toda la secuencia.

Este método prueba si existe un número entero  $\tau \in \{1, \dots, n-1\}$  que satisface a:

$$C(y_{1:\tau}) + C(y_{(\tau+1):n}) + \beta < C(y_{1:n}).$$

Donde:

C: Es la función de costo

B: Es la penalización

Y<sub>1:T</sub> y Y<sub>(T+1):n</sub> : las secuencia antes y después del punto de cambio

si tal T no existe, no se detecta ningún cambio por lo que el algoritmo se detiene. De otro modo, si el valor correspondiente de T se identifica como punto de cambio y la secuencia se divide en dos subsecuencias Y<sub>1:T</sub> y Y<sub>(T+1):n</sub>, es decir las secuencia antes y después del punto de cambio. Entonces ahora el método changepoint es aplicado a cada una de las subsecuencias. El procedimiento continúa hasta que no se detecta ningún otro punto de cambio.

La segmentación binaria puede verse como un enfoque de minimizar decidiendo iterativamente si se debe agregar un punto de cambio o no. La segmentación binaria es computacionalmente eficiente, con cálculos  $O(n \log n)$ . Sin embargo, la segmentación binaria no conduce automáticamente al Mínimo global de la ecuación ( la de change-point) y, por lo tanto, es solo una aproximación.

## Ingeniería de variables

La ingeniería de variables es un proceso clave que orienta la integración formal de una arquitectura sólida de un proyecto de *Machine Learning*, representa algunas ventajas como

buscar un mejor rendimiento de un modelo, a través de transformaciones matemáticas de las variables, las cuales pueden estar sustentadas en considerar factores externos como tasas de interés, capital invertido, tasa de inflación, eventos del calendario económico, entre otros o modificaciones propias de las variables como rendimientos aritméticos, normalizaciones, funciones trigonométricas, con el objetivo de generar nuevas variables. El primer requisito para la ingeniería de variables, o características es contar con un conjunto de datos crudos (raw data). Estos datos crudos son los originales, antes de llevar a cabo cualquier tipo de transformación sobre ellos. En el caso de un sistema de trading, dichos datos son los históricos del precio de un activo.

El equipo utilizó los precios de apertura, máximo, mínimo y cierre de los contratos del activo E-mini EURO FX, el cual cotiza en la plataforma electrónica CME Globex. Al tratarse de contratos futuros, los datos se componen de muchas series de tiempo distintas ya que cada contrato individual tiene un periodo de vida. La primera tarea de la ingeniería de variables fue generar una serie de precios continuos a partir de todas las series de precios individuales.

Posteriormente, un trabajo fundamental en este bloque fue la generación de nuevas variables a partir de dichos precios. Se hicieron múltiples transformaciones de los datos para crear variables nuevas, a partir de las cuatro variables originales (Open, High, Low, Close - OHLC). Mediante operaciones matemáticas del ámbito estadístico, trigonométrico y del ámbito financiero, se logró crear más de 800 variables. Una vez procesadas las transformaciones de las nuevas características, se identificó la necesidad de seleccionar aquellas que tuvieran significancia y aportaran información con poder predictivo para el modelo. Este proceso de selección de variables se conoce como Importancia de Características, y fue la segunda etapa del bloque de ingeniería de variables.

La aplicación del proceso de importancia de variables cuenta con 3 categorías medulares, en este proyecto, se utilizó la categoría de filtrado, de la cual se desprende el método

llamado *Análisis de Varianza* (ANOVA). Claude E. Shannon fundamentó que “el caos genera información”, es decir, en las variables aleatorias se necesita que sus momentos como la media o la desviación estándar por lo menos sean diferentes en un dominio lineal para esto la prueba de hipótesis de ANOVA parte de que si al menos una media poblacional es distinta, se rechaza su hipótesis nula. Apoyándose este rechazo de hipótesis en el teorema de Shannon, se identifica que existe una aportación significativa de las variables en un sentido lineal, que esto a su vez ayudaría a seleccionar aquellas variables que puedan describir su importancia en este dominio matemático.

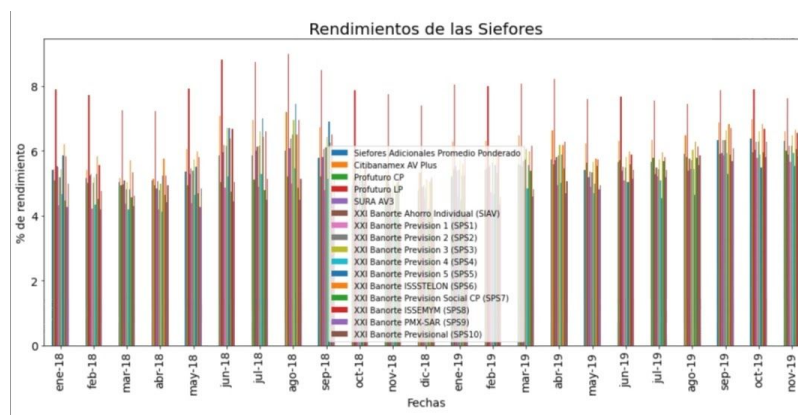
### **Contexto actual de las AFORES**

En cuanto a la parte social del proyecto, evidentemente una gran parte de la población mexicana podría verse afectada de manera positiva con la implementación del proyecto, por lo que se tuvo que indagar acerca de esta parte de la población.

Se comenzó a trabajar con una página web con indicadores de pensiones mundiales, bases de datos con acceso gratuito a través de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), con datos de la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (CONSAR).

Eventualmente se logró trabajar con datos directamente de la página de CONSAR, obteniendo los flujos de las cuentas, el número de trabajadores, rendimientos, etc.

Se tuvo que hacer limpieza de bases de datos y análisis de las mismas, pues los nombres llegaron a ser confusos y como se hicieron cálculos con varias tenían que concordar los datos.



Gráfica: Ejemplo de los datos obtenidos:

Ésta fue prácticamente la parte de análisis del sistema actual, con lo cual concluimos que es un área de mejora y un problema a atacar urgentemente.

Se hicieron dos simulaciones utilizando los rendimientos, uno con los datos recabados y otro a meses futuros con simulación Montecarlo, la cual se crea a través de variables aleatorias  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  y probabilidades,  $p$ , donde se generó una serie de caminatas aleatorias que representan los posibles escenarios en un futuro y se pueden tomar los límites superior e inferior como escenarios positivos, negativos o neutrales dependiendo de la tendencia.

Junto con la etapa de investigación, la etapa de seminarios transcurrió de forma secuencial, una semana tras otra. El objetivo de cada sesión fue presentar los avances de investigación y de trabajo a participantes de diferentes trasfondos académicos y profesionales. Así como para el resto del equipo. Durante cada sesión se dio un tema diferente y se inspiró a los participantes a exponer sus dudas, así como sus sugerencias. El proceso, buscando ser lo

más constructivo posible, serviría a cada integrante del equipo a entender el proceso autodidacta que le hacía falta para mejorar su contribución, y además, mejorar la explicación de este a un público externo del proyecto. El proceso resultó ser altamente valioso, pues la mayoría de los integrantes encontraron una retroalimentación contributiva a sus bloques de trabajo que, como objetivo, buscaron mejorar en la segunda iteración de su presentación de seminario y, eventualmente, en la estructuración del sistema de trading.

Para armar el sistema de trading, se implementó un proceso que llamamos la etapa de ingeniería. Uno de los aspectos más importantes dentro de esta etapa fue la implementación en lenguaje de programación de las diversas partes del sistema.

### **Cobertura Dinámica**

Ante la necesidad de gestionar y controlar el riesgo del sistema, se abordó la posibilidad de utilizar opciones vanilla para minimizar la minusvalía del sistema de las posiciones diarias, ya que existen momentos durante el día en donde el precio puede llegar a comportarse de manera inversa a lo esperado por lo que el sistema mostraría pérdidas significativas. Una propuesta para compensar o neutralizar la posición es utilizar instrumentos derivados como lo son las opciones.

Contrariamente a lo que se piensa de este instrumento, las variedades de uso van más allá de esperar al vencimiento y ajustar pérdidas y ganancias. Existe un segundo enfoque el cual consiste en jugar con el valor de las primas, del cual su movimiento depende esencialmente de tres conceptos: valor intrínseco, valor extrínseco y *time-decay*. El primero hace referencia a cómo cambia la prima con respecto al subyacente, ya que las opciones cubren un notional de dicho activo y lógicamente cada punto del movimiento en el precio debería de verse reflejado en cierta proporción en el valor de la prima. El segundo concepto no es más que la volatilidad implícita, que dicho en otras palabras son las expectativas del mercado sobre la variación del activo en un determinado horizonte de tiempo. Y finalmente el *time-decay*, con el cual podríamos referirnos simplemente al ciclo de vida de la opción.

De manera intuitiva, podemos unir dichos términos de la siguiente manera: sabemos por definición que una opción da el derecho o la obligación de ejercer la compra o venta de un activo a un determinado precio en un horizonte de tiempo establecido. En el cual existen siempre dos contrapartes, tales combinaciones resultan en cuatro posibles variantes: *long call*, *long put*, *short call* y *short put*. Por lo que la valuación de dichos instrumentos dependen de la probabilidad de que estos se ejerzan. Aquí es donde introducimos un concepto más, que es el grado de *moneyness*. Si esta opción se encuentra dentro del dinero (*In-the-money*) o en el dinero (*At-the-money*) es de esperar que la prima asociada sea más costosa. Mientras que en el caso contrario sería una opción fuera del dinero (*Out-of-the-money*) que carece de valor.

Dicho de otro modo, si el precio del subyacente se acerca al strike o está por arriba de este, la prima se vuelve más costosa lo cual obedece al valor intrínseco. Si la volatilidad del subyacente crece considerablemente, existe la posibilidad de que el precio se mueva y toque el valor del strike, haciendo que la opción aumente su valor cuya explicación reside en el valor extrínseco. Y finalmente, si se elige una opción con un ciclo de vida amplio como por ejemplo un periodo mayor a un año, el horizonte es incierto y muchos escenarios pueden suceder por lo que el precio del subyacente podría terminar por arriba o no del strike, de ahí la relevancia del *time-decay*.

Una vez explicado y entendido los conceptos básicos sobre las opciones, se pudo llegar a la siguiente estrategia: si el algoritmo indica una venta del activo, se compra a su vez una opción de compra (*long call*), de esta manera si el activo se comporta adversamente, es decir comienza a subir su valor, la prima de la opción se hará más costosa y compensará parte de las pérdidas de los contratos futuros. Mientras que en el caso contrario siguiendo la misma lógica en donde el modelo nos indique que compremos y el precio comienza a perder su valor, la compra de una opción de venta (*long put*) funcionará de la misma manera incrementando el valor de la opción y compensando la posición.

La clave consistió en buscar primas que tuvieran un mismo strike al precio de entrada y cuyo vencimiento fuera próximo, de esta manera son más sensibles al movimiento del precio subyacente y menos sensibles al tiempo pues el estrecho periodo de vida les da poco margen para cambiar abruptamente su valor.

Para ello el criterio de selección se basó en las deltas, letra griega que mide el cambio del valor de la prima con respecto al subyacente, proveniente de la primera derivada de la fórmula de valoración Black & Scholes.

El objetivo consistió en filtrar las opciones cuyo delta fuera de un rango entre de 0.48 - 0.55, y esto es por definición una opción ITM. Qué otros términos nos indica que la opción tiene un 50% de probabilidad de terminar dentro del dinero y expirar con valor. Y conforme el valor de la delta se aproxime a 1 más responderá punto a punto el movimiento del subyacente. Sin embargo, dentro de las limitaciones encontramos que inicialmente el valor de la prima no cambia proporcionalmente punto a punto si no a razón de un medio (0.50). ¿Y por qué no elegir entonces una prima con una delta cercana a 1? La respuesta son los costos, ya que esto significa una opción muy dentro del dinero y con alta probabilidad de que se ejerza y al final lo que se busca es encontrar tal equilibrio que nos permita neutralizar pero no desembolsar una cantidad en primas que después no se pueda compensar con las ganancias de los futuros.

Claro está entonces que se limitarán las ganancias del sistema al utilizar este enfoque pero recordemos que el objetivo reside en minimizar el riesgo, preservar el capital y acumular ganancias a lo largo del tiempo. Alineado con la idea de aumentar y cuidar los recursos de las personas que ahorran para su retiro, para que al final del periodo perciban una mayor cantidad y vivan con dignidad en su vejez.

#### 1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

Actualmente podemos colocar el resultado como un sistema de trading con diversos componentes que incluyen:

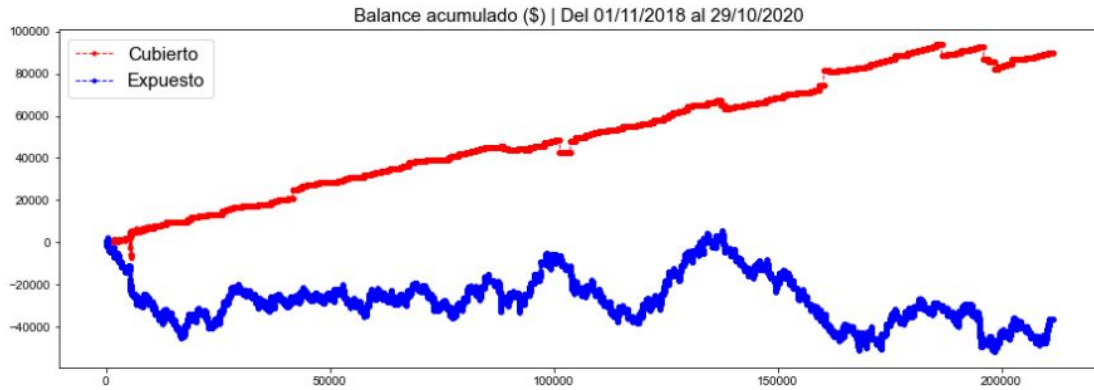


1. Creación de variables, incluyendo técnicas como diferenciación fraccional y detección de puntos de cambio
2. Ingeniería y selección de variables
3. Generación de señales de compra y venta
4. Estrategia de cobertura dinámica con opciones
5. Impacto social

Uno de los componentes que consideramos importante evaluar de manera particular es el desempeño del modelo, ya que al ser el mecanismo que se tiene dentro del sistema para la generación de señales de compra y de venta lo cual tiene un impacto directo en la cobertura.

Este modelo en particular alcanzó una acertividad (accuracy) del 52%. Evidentemente, el desempeño de este modelo es bajo, sin embargo consideramos que esta es una área de oportunidad para el proyecto en general, ya que se puede optar por incluir estrategias nuevas para, por ejemplo, el tratamiento de las variables o del modelo mismo para mejorar su desempeño o, incluso, optar por un tipo de modelo distinto.

El resultado final puede ser representado mediante una gráfica de evolución de capital que demuestra una prueba al pasado, o backtest, de nuestra estrategia a base del modelo de Machine Learning con la estrategia de cobertura encima de esta. De esta forma, podemos evaluar cómo el capital aportado para el manejo de nuestro sistema se hubiera desarrollado a final del tiempo. El elemento más valioso que podemos tomar es que la estrategia de cobertura aportó un incremento sustancial a nuestro manejo de riesgo, incluso también, a nuestras ganancias.



Gráfica 1. Evolución del capital con y sin cobertura

Como se puede apreciar en la Gráfica 1. la evolución del capital sin cobertura y dado el 52% de asertividad del modelo incurrió en pérdidas al punto de terminar la posición con -\$36,000 USD mientras que utilizando una cobertura, éste presentó un comportamiento completamente diferente al generar \$89,999 USD al finalizar la prueba. Logrando a su vez disminuir prácticamente en su totalidad la minusvalía del sistema tal y como se puede observar en la Gráfica 2.

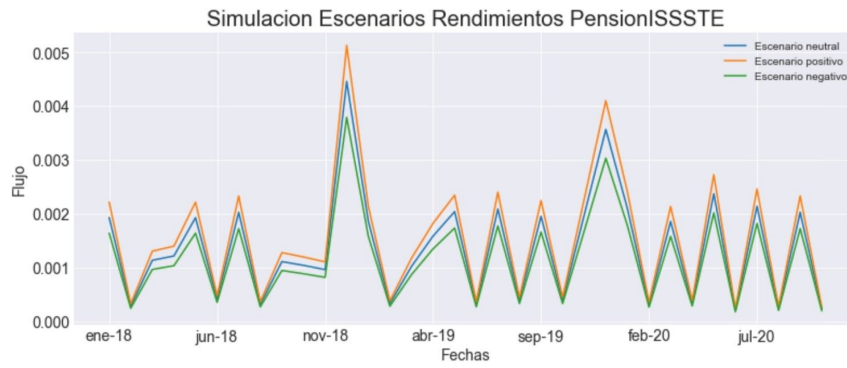


Gráfica 2. Evolución de la minusvalía con y sin cobertura

A simple vista podríamos concluir que aplicar una cobertura dinámica al sistema es financieramente viable dado el resultado, recordemos que el escenario que analizamos es bajo un modelo con baja asertividad, habría que replantearse la misma metodología pero con un modelo cuyo porcentaje sea mayor y analizar la evolución del rendimiento para tener una perspectiva más clara sobre cómo se limitan las ganancias. Sin embargo, en este primer acercamiento observamos que en efecto se puede minimizar el riesgo y preservar el capital, elemento primordial del objeto de estudio y contexto del presente proyecto.

Podemos decir que nuestro sistema pudiera aportar a la sociedad una forma de invertir con mayor impacto positivo, en especial a las AFORES, y dar mayor calidad de vida a las personas que tienen sus fondos de retiro en ellas. Casi el 50% de la PEA cotiza en AFORE con alrededor de 26 millones de personas, sin embargo el sistema de pensiones de México es de los peores evaluados, de acuerdo con el índice mundial de pensiones con un lugar de 35/39. (oct 2020)

A continuación se muestra el resultado de una simulación sólo de la cuenta PensionISSSTE con un cambio en el flujo a partir de un incremento en el rendimiento, el cual se puede adaptar para ver el cambio en los flujos :



Gráfica 3. Simulación del cambio en el flujo cuenta ejemplo

## 1.7. Bibliografía y otros recursos

Lopez de Prado, M. (2018). Fractionally Differentiated Features. In *Advances in Financial Machine Learning* (1st ed., pp. 75–90). Wiley.

Godoy, D. (2019, February 7). Understanding binary cross-entropy / log loss: a visual explanation. Medium.

[https://towardsdatascience.com/understanding-binary-cross-entropy-log-loss-a-visual-explanation-a3ac6025181a#:~:text=Loss%20Function%3A%20Binary%20Cross%2DEntropy%20%2F%20Log%20Loss&text=Reading%20this%20formula%2C%20it%20tells,point%20\(y%3D0\).a3ac6025181a#:~:text=Loss%20Function%3A%20Binary%20Cross%2DEntropy%20%2F%20Log%20Loss&text=Reading%20this%20formula%2C%20it%20tells,point%20\(y%3D0\)](https://towardsdatascience.com/understanding-binary-cross-entropy-log-loss-a-visual-explanation-a3ac6025181a#:~:text=Loss%20Function%3A%20Binary%20Cross%2DEntropy%20%2F%20Log%20Loss&text=Reading%20this%20formula%2C%20it%20tells,point%20(y%3D0).a3ac6025181a#:~:text=Loss%20Function%3A%20Binary%20Cross%2DEntropy%20%2F%20Log%20Loss&text=Reading%20this%20formula%2C%20it%20tells,point%20(y%3D0)).

A. (2020, May 25). Redes Neuronales: Qué son, el perceptrón y ejemplos. Cursos Python. <https://cursospython.com/redes-neuronales/>

Amarnani, D. (2019, February 8). Welcome and Introduction to Fractional Differencing (FD Part 1). KidQuant. <http://kidquant.blogspot.com/2019/02/welcome-and-introduction-to-fractional.html>

Amarnani, D. (2019, February 12). Fractional Differencing Derivation (FD Part 2). KidQuant. <http://kidquant.blogspot.com/2019/02/fractional-differencing-derivation.html>

Amarnani, D. (2019, March 19). Fractional Differencing Implementation (FD Part 3). KidQuant. <http://kidquant.blogspot.com/2019/03/fractional-differencing-implementation.html>

Kuttruf, S. (2019, February 27). Preserving Memory in Stationary Time Series - Towards Data Science. Medium. <https://towardsdatascience.com/preserving-memory-in-stationary-time-series-6842f7581800>

Kuttruf, S. (2019) Python code for fractional differencing of pandas time series.

<https://gist.github.com/skuttruf/fb82807ab0400fba51c344313eb43466>

Amarnani, D. (2019) Post1\_Fractional\_Differencing.ipynb

[https://github.com/Dhiraj96/blog\\_posts/blob/master/post\\_1%2C2%2C3/Post1\\_Fractional\\_Differencing.ipynb](https://github.com/Dhiraj96/blog_posts/blob/master/post_1%2C2%2C3/Post1_Fractional_Differencing.ipynb)

Andrew Skabar & Ian Cloete, I. U. (n.d.). Neuronal Networks, Financial Trading and The Efficient Markets Hypthesis. Bruchsal, Germany.

Brownlee, J. (2019, June 25). Machine Learning Mastery. Retrieved from

<https://machinelearningmastery.com/understand-the-dynamics-of-learning-rate-on-deep-learning-neural-networks/>

Bokka, K. (2019, Feb 18). towards data science. Retrieved from

<https://towardsdatascience.com/guide-to-choosing-hyperparameters-for-your-neural-networks-38244e87dafa>

Prado, M. L. (2018). Cross-Validation in Finance. In M. L. Prado, *Advances in Financial Machine Learning* (pp. 103-112). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Centeno Cruz, Lillian Marlen, Campoy Muñoz, Pilar, y Ángeles Castro, Gerardo. (2019).

Impacto económico de alternativas de inversión para el sistema de pensiones en México.

Ensayos. Revista de economía, 38(1), 87-134. Epub 00 de de

2019. <https://doi.org/10.29105/ensayos38.1-4>,

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-84022019000100087&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-84022019000100087&lng=es&nrm=iso)

Alonso, J., y Conde-Ruiz, J. I. (2007). Reforma de las pensiones: La experiencia internacional.

Política Económica en España , núm. 837, 179-193.

Amador, L., Campoy-Muñoz, P., Cardenete Flores, M. A. y Delgado López, M. (2017).

Economic impact assessment of small-scale sporting events using Social Accounting Matrices: and application to the Spanish Football League. *Journal of Policy Research in Tourism, Leisure*

edand Events . Vol. 9 núm. 3.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19407963.2016.1269114>

Global pension statistics. (n.d.). Retrieved from

<http://www.oecd.org/daf/fin/private-pensions/globalpensionstatistics.htm>

C. (2020). Instituciones. Retrieved from <https://datos.gob.mx/busca/organization/consar>

Demodar Gujaruti. (2010). Modelos econométricos dinámicos: modelos autorregresivos y de rezagos distribuidos . En *Econometría* (617-645). Ciudad de México: McGraw Hill.

Demodar Gujaruti. (2010). Econometría de series de tiempo: pronósticos . En *Econometría* (773-799). Ciudad de México: McGraw Hill.

S. (n.d.). INFORMACIÓN ESTADÍSTICA. Retrieved from

<https://www.consar.gob.mx/gobmx/aplicativo/siset/tdf/FondosGeneracionales.aspx>

Kathy Lien (2016), *“Day trading and swing trading the currency market”*, Wiley, EEUU.

<https://www.alphavantage.co/documentation/>

[Detection of changes in variance using binary segmentation and optimal partitioning](#),

Christian Rohrbeck

Nabeel Sarwar. (2017). Art of Feature Engineering for Data Science. 01 octubre 2020, de

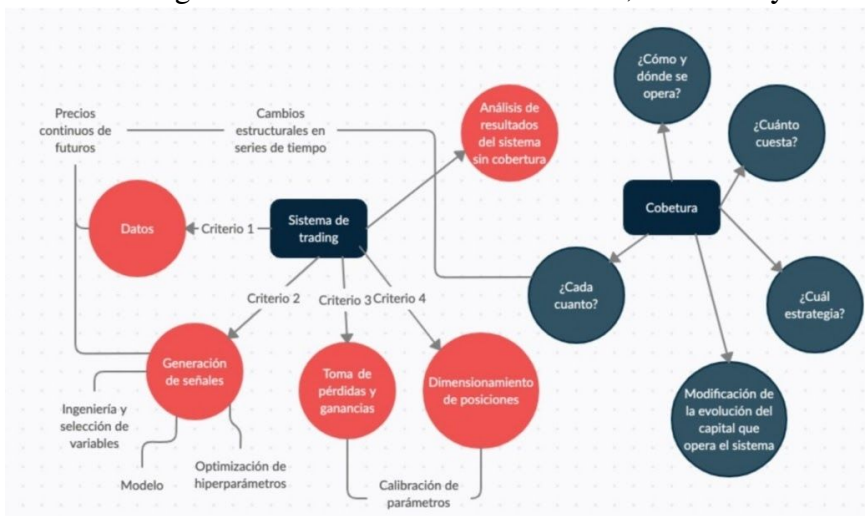
Databricks Sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=leTyvBPhYzw>

laxmimerit. (2019). Data-Files-for-Feature-Selection. 01 de octubre de 2020, de GitHub Sitio

web: <https://github.com/laxmimerit/Data-Files-for-Feature-Selection>

## 1.8. Anexos generales

Anexo 1 : diagrama de la conexión entre sistema, cobertura y variantes:



Anexo 2: códigos generados durante el desarrollo de este PAP.

- [https://github.com/IteraCapital/Sistema\\_Trading\\_Cubierto](https://github.com/IteraCapital/Sistema_Trading_Cubierto)

## 2. Productos

El sistema de trading, como producto final, se compone de los siguientes elementos:

1. Obtención de datos
2. Ingeniería de variables
  - a. Creación de variables
  - b. Selección de variables
3. Ajuste del modelo de IA
4. Confirmación del modelo
5. Creación de cobertura dinámica
6. Prueba histórica
7. Análisis de desempeño e impacto social



### 3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El PAP tiene también como propósito documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

#### 3.1 Sensibilización ante las realidades

*Esteban Ortiz Tirado*

A lo largo de este proyecto caí en cuenta de lo privilegiados que somos los integrantes de este equipo. Hemos tenido la fortuna de ser capaces de desarrollar temas de una complejidad que no cualquiera entiende. Además, al momento de analizar el impacto que podría tener la implementación de un trabajo como el que logramos entendí que es realmente limitado el número de personas que, con sus conocimientos y esfuerzo, puede cambiar la vida no sólo de unos cuantos, sino de cientos de miles o incluso millones de personas. El aporte social desde el ámbito financiero tiene el potencial de beneficiar a muchísimas personas. Es importante darnos cuenta de que muy pocos tienen el privilegio de que su trabajo tenga un impacto tan amplio. Generar un cambio en el sistema financiero nacional es definitivamente un reto, pero con la constancia, el trabajo duro y la sensibilización ante los resultados se puede lograr. Quizá no sea un aporte directo, pero a largo plazo el beneficio es enorme. Esta oportunidad conlleva una gran responsabilidad de trabajo ético ya que las decisiones que tomemos también pueden perjudicar a los más vulnerables.

*Carlos Alfonso Barboza Espinoza.*

Después de haber logrado la finalización y obtener los buenos resultados que obtuvimos, puedo decir que en base al proyecto realizado me puedo dar cuenta de lo gran apertura y gran camino que tienen las AFORE y las inversiones institucionales, se pueden lograr cosas mejores a lo que logramos, aunque estos resultados sean muy buenos. Por mi parte

desconocía el ámbito en el que los Afore actualmente están y a manera de visualización del futuro puedo decir que el proyecto puede establecerse en alguna institución dedicada a la inversión de Afores. En base a mis creencia puedo decir que esto, tanto a mi como a mis compañeros no ayudará en nuestra vida laboral, ya que logramos un trabajo elaborado a nivel profesional. Esto con la acentuación del poco tiempo que tuvimos para la realización del proyecto, a mi parecer, este es un proyecto que podría realizarse en cuestión de un año, y aun con estas circunstancias logramos obtener resultados concretos, me parece que si se trabaja más en la parte del modelo podríamos mejorar el proyecto. La ética en el proyecto fue clave para que todos tuvieran su colaboración, ya que si alguien tenia alguna pregunta nos comunicamos para entender el porqué de lo que estábamos haciendo. Con este proyecto también me hago consciente de lo que sería tener un trabajo en donde el dinero de miles de mexicanos caen sobre mis manos y con un sistema como el realizado podríamos hacer que el dinero de estas personas e incremente, o en el caso de que se cometa un error, estas personas perdieron parte de su dinero por culpa de una persona.

*Eréndira Marín Haro*

Fue todo un reto desde el momento en que se hizo la pregunta "¿En qué área te quieres enfocar en tu vida laboral o a qué te quieres dedicar?", creo que no lo tenía muy claro a pesar de que mi enfoque era hacia ciencia de datos.

Estar en este equipo fue la cereza del pastel, pues tuvimos que investigar y buscar cosas que se podría decir que no existen o no están publicadas, fue reconfortante ver todo integrado, ya que al principio parecía complicado visualizar todo conectado.

A mi me impactó mucho ver como nosotros, como ingenieros financieros podemos llegar a un porcentaje tan grande de personas a largo plazo y termino de enamorarme de la carrera que elegí y a dame una visión más clara de hacia dónde voy en mi vida laboral.

El trabajo en equipo también fue algo que viví de una manera muy diferente, todos siempre estuvimos en disposición de ayudarnos y dar feedback, por lo menos eso fue de los puntos

que ayudó mucho en mi manera de poder crear las visualizaciones y explicar mis ideas en las presentaciones.

*Eduardo Vázquez Guzmán*

Durante casi toda la carrera y principios de este proyecto me resultaba muy difícil el poder pensar en una manera en la que la carrera pudiera tener un impacto a gran nivel, no que solo me beneficié en lo individual o alguna empresa en particular, pero durante el proceso de este proyecto surgió la idea de las AFORE y el cómo nosotros como equipo teníamos la capacidad de poder ayudar a la gente mediante estas AFORE y dar mejores rendimientos a muchísimas personas y sin entrar en altos riesgos. Y esto es una de las cosas que me marcó en este proyecto, el cómo con esfuerzo y dedicación y ganas de hacer las cosas, mi carrera pudiera ayudar a muchas personas. Evidentemente también me doy cuenta del esfuerzo que conlleva el hacer proyectos de esta magnitud porque a pesar de que realizamos un muy buen proyecto, en varias cosas pudiera estar mejor desarrollado y ser más eficiente también. Y surge la pregunta también si con esto que ya está hecho se pudiera llevar ya a la realidad (con dinero de las personas). Entonces esto se vuelve muy demandante mentalmente porque son personas que te confían su dinero y esto genera una gran responsabilidad que no creo que muchos puedan llevarla y por eso este proyecto me atrapó desde un principio, era todo un reto que como equipo llevamos a cabo.

*Israel Castillo-Herrera*

La forma en la que la industria innova dentro del campo de las finanzas aún es desconocida por la mayoría de los integrantes, tanto de los grupos académicos, como también de los mismos participantes bursátiles en México. La innovación científica y tecnológica en las metodologías de inversión, sin embargo, son ahora más que nunca, una fuente de ideas y de crecimiento que debemos empezar a visualizar como objetivos principales de nuestra formación como profesionistas y como académicos. Comenzar a teorizar y formular nuevas construcciones, así como estudiar las ya previas descritas, nos ayuda a entender qué competencias son importantes obtener y trabajar. Dentro de la industria mexicana de las finanzas, aún se lleva un conteo discrecional bastante rudimentario. Sin embargo, el

conocimiento y el capital intelectual está aquí en nosotros los estudiantes. Al elaborar este proyecto fue claro el descubrimiento de la real aplicación de los aprendizajes obtenidos durante la preparación universitaria. La formulación mucho más compleja de la práctica de nuestros conocimientos arroja una luz de guía de cómo podemos comenzar a construir procesos, etapas y segmentaciones de proyectos innovadores. Todo esto en base a realizar soluciones que nos permitan generar valor en la sociedad. Las grandes fuentes de valor, como lo son los fondos de ahorro públicos y de pensiones, por ejemplo, necesitan de innovación interna, que no se extradite el dinero a otras compañías. Previamente se hacía esto por la falta de gestión innovadora interna, pero este proyecto nos da una perspectiva de responsabilidad personal y de emprendimiento que podemos llevar a cabo.

*Francisco Javier Enriquez Muñoz*

En la sociedad contemporánea, el desempeño de los sistemas económicos han acentuado un impacto de manera negativa en la distribución de la riqueza, permitiendo el acceso de bienes y servicios a cierto sector poblacional como la clase media y alta. El sector financiero como parte del sistema económico genera una preferencia de la educación financiera que ayuda a ampliar la brecha de desigualdad social.

Por otro lado, en un nivel más de investigación, pudimos experimentar que la colocación combinada de conocimientos en el ámbito financiero, computacional y estadístico nos permitió invocar un sentido social a partir de la finanzas, partiendo de la creación de un modelo de Inteligencia Artificial (IA) con estrategias de cobertura dinámica para que la aplicación de estos resultados aportarían una mejor calidad de vida a personas jubiladas por el sistema de fondos de retiro, es decir, propiciando una mayor aportación económica a su retribución a partir del desempeño del modelo.

De la misma manera, participar en este proyecto me permitió entender de mejor manera la aplicación de las Orientaciones Fundamentales del ITESO (OFIs) en el ámbito de los procesos financieros. Y en concordancia con la filósofa Adela Cortina *El conocimiento*

*económico se manifiesta en forma de enunciado sobre el deber ser de las decisiones económicas.* Es decir, que los proyectos financieros deben proyectarse también desde una perspectiva ética y de esta manera construir una sociedad más justa y humana.

*Alberto Enrique Nuño Guevara*

Durante el desarrollo de este proyecto, todos los integrantes de este equipo nos enfrentamos a distintos retos, por ejemplo, falta de datos, escasez de información sobre el tema, etc. Sin embargo me parece que como equipo y como individuos tuvimos la capacidad de sortear estos obstáculos de manera exitosa, haciendo contribuciones valiosas y colaborando de tal manera que se generaba un flujo de trabajo conveniente.

A través de mi participación en el desarrollo de este proyecto de investigación sobre sistemas de trading, considero que tuve una exposición importante a la realidad de lo que implica la creación de un sistema de estas características. Me llama fuertemente la atención la manera en que una herramienta de generación de señales acompañada de una estrategia de cobertura puede tener un impacto tan importante en el capital que se está manejando.

Si bien, este sistema es perfectible en varias áreas, considero que la implementación de sistemas similares en el modelo de pensiones de nuestro país (el cual no se prestigia de ser muy bueno) sería sumamente importante para incrementar el rendimiento que tendrían los millones de pensionados en sus cuentas de retiro a la hora de alcanzar la edad de jubilación, ya que esto tendría un impacto directo en su calidad de vida.

*Andrea Jiménez Orozco*

Creo que nuestra sociedad tiene una perspectiva sesgada negativamente hacia las finanzas, y no los culpo por el hecho en cómo el sistema capitalista ha distribuido las riquezas

abriendo una brecha de desigualdad preocupante. Sin embargo, nuestro potencial va más allá de la maximización de beneficios o rendimientos para los particulares, y justamente este proyecto nos hizo replantearnos un enfoque social, donde me atrevo a decir que ninguno de nosotros conocía. Quizá nuestras acciones no se observan inmediatamente pero las reacciones o consecuencias de estas cambian economías, gobiernos y vidas completas para personas que ni siquiera están relacionadas de manera directa con nuestra profesión. Por eso agradezco ser parte de una universidad que nos empuja a ser socialmente responsables, especialmente como financieros en donde dada nuestra preparación y conocimientos tenemos un enorme potencial para crear y generar ideas innovadoras, pero estas deberán estar acompañadas siempre de la ética, algo que difícilmente se enseña hoy en día en las aulas educativas. Y es que pareciera que nuestro único objetivo como jóvenes profesionistas es el de producir y generar cuantos más resultados monetarios, pero sí con nuestro mismo entendimiento sobre el crudo mundo de los negocios pudiésemos generar iniciativas un poco más justas quizá podamos contribuir y a mayor escala a un bienestar social.

No me quedan dudas de que muchos de los integrantes de este equipo en futuro serán personalidades importantes y con gran responsabilidad hacia un grupo de personas, nuestra misión será en visualizar toda es cadena de personas directas e indirectas que se vean beneficiadas o perjudicadas por nuestras decisiones.

### 3.2 Aprendizajes logrados

Esteban Ortiz Tirado

El trabajo requerido para desarrollar este proyecto fue exhaustivo y muy gratificante. Al tratarse de un trabajo de tipo investigación, una habilidad muy importante fue la búsqueda y comprensión de artículos científicos. A diferencia de los textos utilizados generalmente en las clases, los artículos de investigación son densos y asumen un conocimiento técnico elevado pues desarrollan extensivamente un tema. Durante el semestre, me vi en la

necesidad de recurrir a artículos complicados de entender ya que el conocimiento que necesitaba aplicar en el proyecto estaba explicado en ellos. Un gran reto fue leer y entender por cuenta propia los conceptos desarrollados en dichos artículos. También pude conectar y aplicar varios conceptos que había visto en clases previas al PAP. Pude entender la importancia de cada elemento y ver cómo se conectan entre sí. Me di cuenta de que varios conceptos que parecen simples, pueden ser utilizados en conjunto para lograr un objetivo mucho más complejo y con un mayor significado y aplicación práctica. Además, entendí lo complejo que es desarrollar e implementar un sistema de trading. Desde el principio de la carrera escuchaba de ellos pero no me imaginaba todo lo que hay detrás para que funcione de manera óptima. Por último, reforcé mis habilidades de trabajo en equipo y valoré la importancia y responsabilidad que implica cumplir con fechas y objetivos comunes. Al trabajar en conjunto, el resultado del esfuerzo individual es indispensable para seguir avanzando y siempre hay gente que depende de que cumplas con tus metas.

Eréndira Marín Haro

Desde la primera semana el enfocar la investigación a un área de interés representó un reto para mí, eventualmente me empape de información significativa para el futuro.

La investigación para la obtención de los datos fue exhaustiva y frustrante, por lo que la inteligencia emocional juega un papel importante en las primeras etapas del proyecto donde parecía que no avanzaba.

Otro reto fue lograr trabajar con las bases de datos de las AFORES, pues estaban muy confusas, sucias y en formatos donde se tuvieron que hacer conversiones con cada una, la validación de estos datos con varias páginas del gobierno fue tan bien un gran trabajo, donde logré obtener una agilidad para trabajar con los datos necesarios.

En el área laboral un logro importante fue lograr acomodar todo el proyecto de una manera profesional y presentable, además de generar un poco más de conciencia en cuanto a mis responsabilidades, pues no sólo era mi trabajo, sino que era parte del de todos.

Carlos Alfonso Barboza Espinoza

En base a todos los aprendizajes obtenidos en el proyecto puedo mencionar algunos puntos. Lo primero que me enseñó el proyecto es la importancia del trabajo en equipo, esta parte es algo que no conocía durante toda la carrera de Ing. Financiera, esto porque los equipos con los cuales me tocaba trabajar, no ayudaban del todo y al final me tocaba a mi hacer la mayor parte del proyecto o trabajo a realizar. Algo que es importante para mi, es que ayude en partes del trabajo que inicialmente no me tocaba hacer, pero al cabo de las semanas, la realización era necesaria por lo que mis compañeros requirieron de mi ayuda y con gusto los ayude. El trabajo durante todo el semestre fue exhaustivo ya que en combinación con las otras materias, no podía realizar otras actividades fuera de la escuela y el trabajo. Desde las primeras semanas entiendo que es lo que tenía que hacer de mi parte pero no entendía cómo íbamos a llegar a conectar todo lo que estaban haciendo por separado los integrantes del equipo, al cabo de un mes e incluso un poco más, nos fuimos involucrando en el cómo y el porqué de las conexiones futuras dentro del proyecto. Al finalizar el trabajo puedo decir que obtuve un gran número de aprendizajes, uno de ellos fue el cómo buscar información y hacerme experto en cierto tema, sin necesidad de tener un profesor al frente. Otra parte importante fue la parte de la realización de código y la implementación de este en conjunto con los demás. Esto fue un reto ya que no soy profesional programando y al momento de entregar algo, no cumplía con los requerimientos de mis compañeros. Al final puedo decir que viendo el proyecto terminado me siento gratificado con el proyecto, mis compañeros, el profesor y el sistema.

Jaime Eduardo Vázquez Guzmán

De este proyecto puedo decir que llevo varias cosas para mi vida personal y laboral. En primer lugar, el trabajo en equipo fue una experiencia muy agradable el trabajar con este equipo porque fue una conexión absoluta, cada uno sabía lo que se tenía que hacer, todos pusieron su granito de arena para que el proyecto avanzara, cada uno tenía su zona de interés por ende si alguien quería saber algo de cierto tema un integrante del equipo podría ayudarte. Todas estas cosas me hicieron darme cuenta de que si en un futuro quisiera formar un ambiente de trabajo mi meta sería armar algo parecido a como lo fue este equipo.



Y segunda cosa que me llevo de este proyecto es que no todo lo que busques en internet te va a salir a la primera o como lo esperas, mucho de esta información financiera los autores se lo reservan o para ellos mismos o pagando, a veces me resultó muy difícil el encontrar la información adecuada, pero como todo en la vida con esfuerzo y dedicación se pueden lograr grandes cosas.

Alberto Enrique Nuño Guevara

Considero que la vivencia de este PAP me deja una serie importante de aprendizajes tanto en términos profesionales como en términos personales. En el ámbito académico y profesional, a través de este proyecto tuve la oportunidad de experimentar el proceso que se requiere para construir un sistema de trading, y muchas de las consideraciones que se tienen que tomar para lograr dicho objetivo.

De manera particular, mi participación en este proyecto me permitió profundizar mis conocimientos en el área de inteligencia artificial, específicamente en los modelos de tipo perceptrón multicapa. Considero importante mencionar que el investigar sobre el tema y poder unir estos nuevos conocimientos con los adquiridos a lo largo de mi carrera fue todo un reto, sin embargo creo que fue fundamental para poder adaptar lo que resultaba de mi investigación personal al problema que buscaba atacar.

En un plano personal, este proyecto me exigió aprender a ser inteligente emocionalmente hablando y a ser empático hacia mis compañeros, buscando siempre la cooperación mutua y el entendimiento.

Israel Castillo-Herrera

La elaboración de este proyecto es, en lo personal, un enorme aprendizaje que llevé a cabo. Aprendí bastantes cosas sobre cómo trabajar en equipo, en específico en un proyecto de innovación de constantes cambios, innovaciones, y diálogo. Creo que la forma de trabajar y

aportar de un equipo está directamente relacionado con el resultado que se logra obtener. Al principio quise darle un enfoque de investigación que había propuesto, y aunque me sentí perdido durante un tiempo, logré eventualmente atrapar los puntos que eran importantes para el conjunto del proyecto, y sin vacilar, comenzar a aportar proactivamente a las necesidades. Al final del proyecto, fuimos construyendo con otros compañeros una metodología compleja. La plática que tuvimos nos permitió crear estructuras de datos financieros avanzados que atendían a las necesidades del proyecto. De esta forma, se logró juntar los conocimientos de la ingeniería con aquellos de la finanzas para hacer un sistema automático de búsqueda de opciones para la cobertura.

El hacer un sistema de trading, en lo personal, había sido una ilusión muy grande que tenía desde que empezó la carrera. Creo que esto me permitió saborear el nivel de competitividad que debería esperarse de un profesionalista si quiere innovar en el campo del trading. Me llevo un aprendizaje superior y muy bueno para en un futuro poder crear mis propuestas y, con el favor de Dios, pertenecer a un equipo igual de talentosos y óptimo como el que formamos durante este semestre, pero en el futuro próximo.

*Andrea Jiménez Orozco*

No voy a negar que este proyecto me generó bastante estrés y frustración. El hecho de proponer algo que no está disponible al público general desemboca bastantes preguntas sobre si el trabajo realizado tiene sentido. Pero ese fue justamente el reto, innovar. Y en lo personal me siento muy orgullosa de lo que logré, siempre he pensado que un ingeniero no se debe destacar por su conocimiento matemático sino por su ingenio y yo siempre he visto en mi una parte muy creativa. Y fue así como me sentí, pasaba días meditando, pensando, analizando diferentes maneras de hacer las cosas. En realidad en mi caso sí fue todo un proceso creativo porque me forcé a estimular mi mente para encontrar una manera de abordar el problema del cual nadie tenía una idea clara. Pero me gusta pensar que es un distintivo, hacer las cosas con un toque personal, por pasión y no por seguir estrictamente una metodología.

Uno de los factores importantes a destacar es que para proponer una solución a una situación hay que entender a profundidad el problema, ahora puedo decir que el entendimiento que poseo sobre derivados me ha puesto en un nivel que jamás imaginé. Y es curioso, porque recuerdo la primera conferencia a la que asistí impartida por el coordinador de la carrera antes de inscribirme en donde mencionaba el uso de estos instrumentos para ayudar a las empresas a minimizar su riesgo y continuar sus operaciones. Por eso me fascina el tema del riesgo, porque más que generar dinero está enfocado en garantizar seguridad, viabilidad y crecimiento para lo que sea que estés contribuyendo.

Francisco Javier Enriquez Muñoz

Mi experiencia en este proyecto me generó una serie de conocimientos y de habilidades en tres bloques: inteligencia emocional, administrativo y técnicos (financieros y computacionales). Partiendo del primer bloque mencionado, puedo señalar que aprendí a centralizar acuerdos desde la pluralidad y diversidad de ideas, comentarios y aportaciones que se dieron al interior de los equipos, al igual que aprender a escuchar y pensar en el otro desde un sentido humano. Por el lado administrativo, me gustó mucho la interacción del flujo, desde su planeación hasta su implementación, es decir, como partiendo de una serie de ideas pudimos materializar un interesante proyecto de investigación, que si bien tiene áreas de oportunidad para mejorar en el futuro también es cierto que nos dio un sin número de habilidades que nos ayudarán al incorporarlas en nuestro ámbito profesional. Y por último, puedo mencionar que en el aspecto técnico, creamos una metodología del desarrollo de un proyecto de modelado de datos desde cero, es decir, compartimos conocimiento conforme fuimos conectado el proceso, todos y todas nos involucramos o al menos tuvimos la intuición de los procesos de ingeniería e importancia de características, modelo de clasificación de IA, creación de una cobertura dinámica con su respectivo backtest y su aplicación en el enfoque social de sistema de pensiones.