BME
BOLSAS Y MERCADOS ESPAÑOLES
a SIX company

# Máster en Inteligencia Artificial y Computación Cuántica Aplicada a los Mercados Financieros

## *Instituto BME*

Posibilidad de acceso a los programas de incubación y aceleración en Zûrich, Singapur y España, de la mano de la aceleradora de Start-Ups de SIX company



***mIA-X***
***13ª Edición***

Patrocinado por:

BancaMarch

# *Presentación*

Desde su creación hace casi 30 años, Instituto BME ha estado comprometido con el desarrollo formativo del sector financiero, intentando aportar todo el conocimiento y el saber hacer que entendemos necesitan unos mercados financieros desarrollados. La creciente complejidad que ha adquirido la gestión financiera, debido fundamentalmente a la incorporación de nuevos y sofisticados productos, así como la irrupción de los algoritmos de inversión, cada vez más inteligentes, requiere a los gestores profesionales un profundo conocimiento, tanto de las técnicas de inversión tradicionales como de las nuevas alternativas en programación e inteligencia artificial.

Conscientes de esta necesidad y con el objetivo de aportar soluciones a la comunidad financiera, Instituto BME pone en marcha en 2020 una nueva edición del Máster en Inteligencia Artificial Aplicada a los Mercados Financieros (mIA-X). Un programa ambicioso pero cuidado al máximo detalle donde concentramos todos nuestros esfuerzos y experiencia para dotar al mercado de profesionales preparados al máximo nivel y dispuestos a afrontar los retos que se presenten en su carrera de forma resuelta y creativa.

El balance que hacemos de estas tres décadas dedicadas a la formación de los profesionales de los mercados no puede ser más positivo: alumnos que obtienen la más alta cualificación técnica para el desempeño de su trabajo y una comunidad financiera que conoce y valora tanto nuestros programas como a los profesionales que los han cursado.



**Enrique Castellanos,** FRM, MFIA
Director, Instituto BME

# Nuestro Curso

**OBJETIVO**
El principal objetivo es dotar al mercado de profesionales del más alto nivel en Inteligencia Artificial, Big Data, Blockchain y Computación Cuántica, capaces de desarrollar nuevos modelos de gestión de inversiones, y con profundos conocimientos de los distintos tipos de mercados
y productos.

**El Máster mIA-X:**
- Profundizará en las distintas ramas de inteligencia artificial, desde modelos tradicionales, hasta redes neuronales profundas, aprendizaje por refuerzo o modelos adversariales.

- Proporcionará herramientas y conocimientos prácticos, permitiendo aplicar constantemente las técnicas más avanzadas de la programación distribuida en nube, aplicándola al diseño de algoritmos de inversión.

- Permitirá a los alumnos afrontar cualquier desafío futuro relacionado con el nuevo entorno económico en el que se desarrollan los Mercados Financieros.

**El máster tiene dos perfiles de acceso**
Uno más técnico en donde el alumnado lo componen físicos, matemáticos, telecos, ingenieros, informáticos... en definitiva alumnos con profundos conocimientos de programación y matemáticas, pero con una carencia de conocimientos bursátiles.

Y un segundo perfil de componente más financiero (ADE, economía, actuariales), traders, brokers, gestores de fondos de inversión, responsables de control y gestión de riesgo, auditoría... alumnos con conocimientos financiero - bursátiles, pero con carencia de conocimientos en programación o matemáticas.

Los primeros módulos del máster están diseñados para que ambos grupos igualen sus conocimientos, reforzando sus respectivas carencias.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS NECESARIOS**
No son necesarios conocimientos previos para cursar el máster. Los conocimientos en programación, finanzas, big data, inteligencia artificial, blockchain y computación cuántica serán adquiridos por el alumno a lo largo del máster.

**METODOLOGÍA**
Todas las sesiones estarán enfocadas con un gran contenido práctico.

Los alumnos del máster obtendrán competencias reales de programación en R y Python mediante diferentes plataformas como Google TensorFlow o Keras, así como avanzados conocimientos, demostrables, en la aplicación de algoritmos de Machine Learning, Deep Learning , Blockchain y Computación Cuántica.

La evaluación de los conocimientos adquiridos se realizará mediante la entrega de diversas prácticas, en donde los alumnos dispondrán de un mínimo de 3 semanas para completar los retos propuestos.

Se realizará evaluación continua, por lo que será imprescindible tener una media superior a 5, para poder defender el trabajo de fin de máster (TFM).

Los alumnos tendrán a su disposición las mismas herramientas y esquema de trabajo con las que contarían en un trabajo real.

El peso de las prácticas en la nota final ascenderá al 70%.

No importa si no puedes asistir a clase algunos fines de semana. La metodología se centra en el aprendizaje a través de la realización de prácticas. Puedes seguir las clases presencialmente en el Palacio de la Bolsa, visualizarlas donde tú estés (dado que emitimos las clases en streaming), o verlas cuando a ti te venga mejor (las clases son grabadas para posibilitar su posterior visualización por parte del alumno). Lo importante es que aprendas, no que calientes un asiento.

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**
Los alumnos deberán realizar y defender ante un tribunal un proyecto de fin de máster.

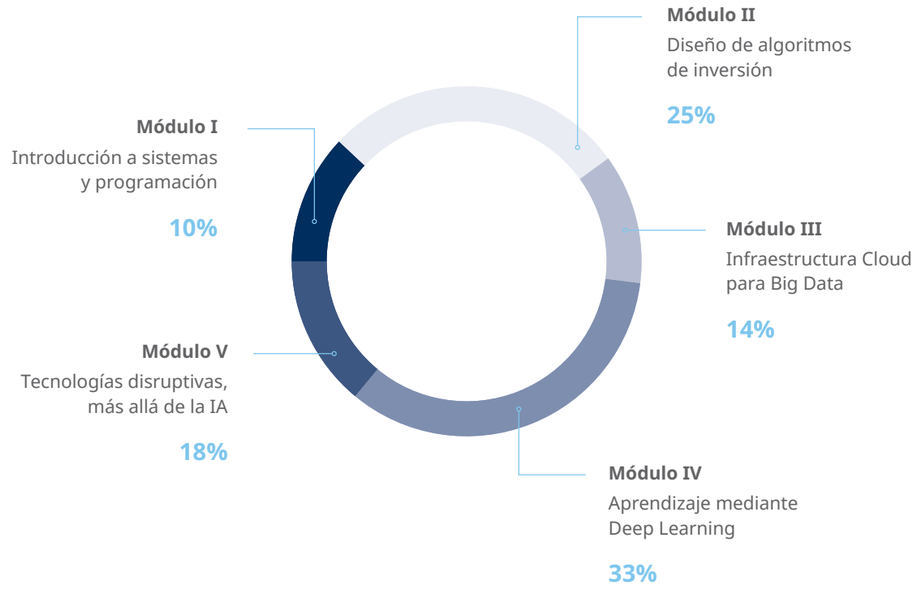
Todos los trabajos consistirán en el diseño y desarrollo de un algoritmo de inversión. La naturaleza del algoritmo así como la elección de las herramientas a emplear serán decididas por los alumnos (cumpliendo unos mínimos de aplicación de los conocimientos adquiridos durante el máster).

A lo largo de máster se realizarán diversas sesiones dedicadas a la gestión de expectativas, uso de herramientas y resolución de dudas.

Todos los alumnos contarán con un tutor personalizado para orientarles durante el desarrollo del TFM, hasta la primera defensa del mismo.

El peso del proyecto en la nota final ascenderá al 30%.

Es imprescindible aprobar el trabajo de fin de máster para poder realizar la media con las prácticas.





# Información General

**DIRECCIÓN ACADÉMICA**
D. Guillermo Meléndez Alonso
Responsable del laboratorio de Inteligencia Artificial en BME Inntech

**DURACIÓN**
De octubre 2024 a diciembre 2025
La duración es de 770 horas

**HORARIO**
Miércoles y jueves de 19 a 21:30 (online)
Viernes de 16 a 21 horas (online y presencial)
Sábados de 9 a 14 horas (online y presencial)

**LUGAR DE CELEBRACIÓN**
Las clases se celebrarán en las aulas de Instituto BME en el Palacio de la Bolsa en Madrid.

**RECOMENDACIONES**
Es imprescindible asistir con portátil. Se recomienda el equipo Intel Core i5, 8 GB de RAM y disco SSD y tarjeta gráfica Nvidia compatible con CUDA.

**PRECIO**
El precio de este programa es de 18.000 euros. Instituto BME dispone de un programa de descuentos aplicables a matrículas de grupo.

Para más información ponerse en contacto en institutobme@grupobme.es o en el 649 19 22 75

**MÁS INFORMACIÓN E INSCRIPCIONES**
Si desea ampliar la información sobre este programa de formación puede ponerse en contacto con Instituto BME en el teléfono 649 19 22 75 y en www.institutobme.com

**DEDICACIÓN**
Hemos de resaltar que este es un máster de intensidad elevada. En media, el 30% de los alumnos no consiguen terminarlo. Para adquirir los conocimientos en Programación, Bolsa, Big Data, Inteligencia Artificial, Blockchain y Computación Cuántica hay que estudiar a diario. A continuación, desglosamos la intensidad del programa:
– Horas lectivas de clase 770 horas
– TFM (trabajo de fin de máster) De 600 a 800 horas
– Resolución de prácticas (10 prácticas x 3 semanas cada 1 x 3 horas de dedicación al día) 630 horas

Estamos hablando de un máster de más de 2.000 horas de dedicación, equivalentes a 80 créditos ECTS.

**SALIDAS PROFESIONALES**
La intensidad del programa viene recompensada en sus salidas profesionales. A nivel financiero, el perfil de Quant AI Developer es el más demandado y mejor retribuido en la actualidad. Los principales miembros de mercado, así como numerosos fondos de inversión, nacionales e internacionales, se nutren recurrentemente de nuestros egresados. Asimismo, reguladores y empresas tecnológicas del calibre de Amazon, Google o Microsoft, han contratado egresados de este programa para nutrir sus departamentos de Innovación e Inteligencia Artificial.

# Licencias

Durante la realización del máster se podrán obtener hasta cuatro licencias, además del título de propio de máster.

**LICENCIA DE OPERADOR SIBE (RENTA VARIABLE)**
Aquellas personas que decidan realizar este examen oficial, obtendrán la Licencia de Operador SIBE otorgada por la Bolsa de Madrid. Los alumnos que reciban esta formación podrán acreditar tener los conocimientos suficientes para operar en el SIBE (Sistema de Interconexión Bursátil Español), siempre que el acreditado esté contratado por un miembro del mercado (condición previa que implica el paso de la Licencia de operador SIBE de “no profesionales” a “profesionales.”)

Para la obtención de esta Licencia será necesario superar la prueba práctica (terminal de negociación SIBE Smart) y obtener al menos un 75% del examen teórico.

**LICENCIA DE OPERADOR MEFF - CLEARING (DERIVADOS)**
Para poder actuar en el Mercado Secundario Oficial de Futuros y Opciones MEFF los operadores deberán estar en posesión de la correspondiente licencia otorgada por la Bolsa de Madrid y que certifica estar en disposición de los conocimientos necesarios relativos a la composición, funcionamiento, operaciones y reglas de actuación de dicho mercado conforme a lo establecido en la circular C-EX-GEN 03/13 Para la obtención de esta Licencia será necesario superar la prueba práctica y obtener al menos un 75% del examen teórico.

**CERTIFICADO DE DESARROLLADOR EN TENSORFLOW**
El objetivo de esta certificación es brindar la posibilidad de exhibir experiencia y conocimientos dentro de un mercado laboral cada vez más enfocado en la IA.

La certificación en desarrollo de TensorFlow, emitida por Google, pretende ser una certificación fundamental para estudiantes, desarrolladores y científicos de datos que desean demostrar habilidades prácticas de aprendizaje automático mediante la compilación y el entrenamiento de modelos con TensorFlow. El programa consiste en un examen desarrollado por el equipo de TensorFlow.

Los desarrolladores que aprueban el examen pueden unirse a la Red de certificación de Google y exhibir su certificación y sus insignias en su currículum, GitHub y plataformas de redes sociales, como LinkedIn, lo que ayuda a compartir su nivel de experiencia en TensorFlow con el mundo.

Para la obtención de esta Licencia será necesario superar la prueba práctica en la plataforma de TensorFlow.

Esta certificación tiene un coste residual de 100$, tasa de examen, que cobrará directamente IBM a los alumnos.

**CERTIFICADO DE DESARROLLADOR EN COMPUTACIÓN CUÁNTICA**
Quantum Information Science Kit (Qiskit) es un SDK de código abierto para trabajar con ordenadores cuánticos al nivel de pulsos, circuitos y algoritmos, requiriendo solamente conocimientos básicos de Python y álgebra lineal.

El core de Qiskit proporciona una base para crear programas cuánticos al nivel de circuitos y pulsos, optimizarlos para un dispositivo en particular y gestionar la ejecución en simuladores de alto rendimiento y dispositivos reales de acceso remoto. Este módulo también incluye los algoritmos básicos independientes de sus aplicaciones.

Existen cuatro módulos de aplicación independientes:

Qiskit Nature, centrado en el cálculo de energías y aplicaciones químicas.

Qiskit Finance, proporciona modelos de incertidumbre para mercados financieros y funciones para optimización de portfolio entre otros.

Qiskit Optimization, para el modelado de alto nivel de problemas de optimización, conversión entre representaciones y un amplio set de optimizadores, desde VQE o QAOA hasta algoritmos basados en Grover.

Qiskit Machine Learning, con algoritmos desde QSVM (Quantum Support Vector Machine) hasta QGAN (Quantum Generative Adversarial Network), enlazando con interfaces establecidas como la que permite la integración en PyTorch, una librería optimizada para deep learning.

Dispondremos a través del Educators program de IBM, de 6 horas de acceso prioritario a cada uno de los dispositivos cuánticos reales: Casablanca con 7 qubits y QV32, Rome con 5 qubits y QV32, que nos permitirán realizar ejercicios prácticos avanzados sacando el máximo partido a las clases.

La certificación de desarrollador en Computación Cuántica, emitida por IBM, pretende ser una certificación fundamental para estudiantes, desarrolladores y científicos de datos que desean demostrar habilidades prácticas en el campo de la Computación Cuántica.

Para la obtención de esta certificación, será necesario superar la prueba práctica en la plataforma de IBM (Pearson VUE).

Esta certificación tiene un coste, tasa de examen, que cobrará directamente Google a los alumnos.

## PROGRAMA DE INCUBACIÓN F10

**Duración:** 5 meses
**Selección:** 15 startups
**Ubicación:** España

**Sobre el programa**

Desde 2016, más de 100 startups enfocadas a la banca y los seguros de todo el mundo han completado nuestro programa de incubación, con una impresionante tasa de supervivencia del 85%.

**Lo que buscamos**

– Startups nacionales e internacionales del mundo de FinTech, RegTech, InsurTech o DeepTech

– Dos o tres co-fundadores que tengan experiencia relevante en la industria y que se puedan comprometer o asistir al programa (de cinco meses) a tiempo completo

– Tener un prototipo que resuelva un problema real dentro de la industria de la banca o los seguros -no es necesario que estén incorporados (o) una idea del problema que se quiere resolver dentro de la industria de la banca o los seguros

**Beneficios del programa**

– Reciba orientación sobre las mejores prácticas de F10 para hacer crecer su startup

– Beneficio de 15.000 euros de gasto y espacio de oficina gratuito, además de apoyo con la incorporación, alojamiento y contratación en España

– Acceda a los mentores más relevantes de un grupo de más de cien expertos de la industria

– Pruebe su producto con datos reales en el exclusivo Sandbox de F10 (nuestra plataforma API para bancos y aseguradoras que cumple con PSD2)

– Reciba una inversión pre-seed de hasta 200.000 euros de F10, a cambio de capital

## HOJA DE RUTA F10

**Colaboración mIAX-F10**

– Lanzamiento de desafíos basados en las necesidades de los socios corporativos

– Participación del equipo de F10 en la defensa de las ideas del trabajo fin de máster

– Participación por parte del equipo de F10 en la defensa de los protectos finales

– Acceso preferente al Programa de Incubación F10

– Relación con F10 para el acceso al Programa de Aceleración

– Acceso a la red global de aceleración que incluye todos nuestros hubs: Zürich, Singapur y España



# Alumnos Destacados



**ALVARO GALIÑANES FRANCO (4ª EDICIÓN)**
**Director de inversiones de Santander Private Banking Gestión**

Con más de veinte años de experiencia en mercados financieros he trabajado en diferentes áreas como gestor de patrimonios y analista macro. En la actualidad, trabajo en Santander Private Banking Gestion con un equipo de más de 47 personas entre gestores y contratadores. Soy el Director de Inversiones de una unidad que administra un volumen de más de 11 mil millones de euros, entre carteras discrecionales, Sicav's y carteras industrializadas.

Para desarrollar mi actividad profesional he utilizado muchos de los instrumentos tradicionales para la gestión. Herramientas plenamente válidas y con las que vamos a tener que seguir trabajando. Sin embargo, en el mundo de las inversiones estamos en el albor de un cambio muy profundo en la manera de hacer las cosas.

Si bien los algoritmos de inversión hace años que se aplican a través de distintos instrumentos, con mayor o menor éxito, se está viviendo una revolución tecnológica con el descubrimiento y la aplicación de nuevos modelos de predicción basados en procesos cada vez más complejos: Big Data, Deep Learning o Computación Cuántica son buenos ejemplos.

Hemos pasado de modelos primigenios que basaban sus recomendaciones en poco más que el estudio y análisis del comportamiento del precio de las acciones, a modelos capaces de analizar millones de parámetros y optimizar sus relaciones (lineales y no lineales), aplicándolas con éxito en la gestión, o el asesoramiento.

A modo de ejemplo, las redes Transformer, usadas en el procesamiento lenguaje natural, pueden emplearse para analizar el sentimiento e impacto que una noticia tendrá en el mercado. El Reinforcement Learning nos permite a su vez el aprendizaje continuo. Comprendiendo los gustos, conocimientos y aversión al riesgo de los clientes, a través de la mera interactuación con el usuario. O extrapolar las reglas del entorno en el que opera, adaptándose instantáneamente al mercado.

Sin embargo, para aplicar cualquier metodología resulta imprescindible conocer bien "las cocinas", para aplicar uno mismo las nuevas técnicas o entender bien lo que a uno le están vendiendo. Ya sea para el asesoramiento, o para la inversión, el mundo de las finanzas ya está empezando a aplicar algoritmos con inteligencia artificial. En un breve espacio de tiempo será imprescindible conocer bien qué son y cómo funcionan.

A este respecto, para estar preparado en la revolución financiera, por la calidad de los ponentes, por el rigor de las materias, el nivel de exigencia y la amplitud y profundidad del temario, el Master de Inteligencia Artificial Aplicado a los Mercados Financieros, impartido por BME, es el referente en la industria.





**JAVIER RIAÑO SIERRA (3º EDICIÓN)**
**Socio fundador Diaphanum Valores SV. Quant AI Developer**

El máster ha superado claramente mis expectativas y son varios los aspectos que destacaría del mismo:

**Estructuración**
Desde los primeros módulos introductorios orientados a la programación en Python y R hasta los módulos finales en los que se aprenden los modelos más complejos de redes neuronales profundas, se ha cuidado al máximo la conexión entre todos ellos, procurando que el alumno adquiera un conocimiento estructurado y ordenado de toda la materia. Ahora veo la evidente conexión entre las arquitecturas Cloud, el Big Data y los modelos de Machine o Deep Learning que hace un año eran conceptos inconexos para mí.

**Exigencia y Rigurosidad**
Es un máster exigente en el estudio y trabajo requerido por la cantidad de materia y por la rigurosidad del trabajo científico. No solo les importa el "para qué sirve esto", sino el por qué funciona o no funciona. La metodología seguida es robusta desde un punto de vista científico.

**Profesorado**
El equipo docente es de alta calidad. En lugar de piezas sueltas, destacaría su funcionamiento como eslabones de una cadena bien engrasada.

**Contenido**
Por último, el propio contenido del máster es tremendamente atractivo, no solo por gusto personal, sino por ser de rabiosa actualidad y porque la demanda de profesionales con estos conocimientos es muy elevada y no hay un número suficiente de gente preparada.



**JESÚS SANZ DEL REAL (1ª EDICIÓN)**
**Quant AI Developer / member of SofIAs team**

Contratado por Bolsas y Mercados Españoles en el laboratorio de Inteligencia Artificial, mientras cursaba el máster.

Si te gustan las finanzas, este es tu máster.

Comencé esta formación tras ver que la demanda de perfiles con conocimientos de programación aumentaba cada día. Lo bueno, y lo malo, que tienen las finanzas es que los principios y procedimientos aplicados no han sufrido grandes modificaciones. Puedes cogerte un libro de valoración de activos de hace décadas y sacarle mucho provecho. Ahora, por fin, se avecina una revolución, y este máster es la forma de poder asegurarte un papel relevante en este nuevo futuro.

Formaciones como el CFA o el MFIA son conscientes de que el uso de sistemas de inteligencia artificial son ya una realidad, y es por ello lo que han decidido también introducirlo en sus programas. No obstante, el mIA-X va mucho más lejos, es un máster eminentemente práctico que no se queda en el plano teórico. Además, se encuentra a la altura, e incluso supera, a otros másteres dedicados en exclusiva a la inteligencia artificial, todo ello sin olvidar el componente financiero.

El programa te ofrece todas las herramientas para formarte como un profesional del sector. Cada uno de los bloques está organizado de forma que el alumno pueda adquirir un conocimiento avanzado en cada una de las materias, sin importar su conocimiento previo. No obstante, para sacarle todo el provecho que este máster te permite, tienes que dedicarle tiempo y esfuerzo. Pero realmente merece la pena.

Sin duda, ha supuesto un antes y un después en mi carrera profesional, y ello se refleja en mi trabajo diario. Resulta fascinante poder ver cómo mis ideas se traducen en modelos sólidos. Además, gracias a la doble formación en finanzas y programación, soy capaz de ofrecer una nueva visión y plantear nuevas soluciones en los problemas financieros a los que nos enfrentamos diariamente.

# Alumnos Destacados



**SARA DÍAZ-P. MARTÍN (1ª EDICIÓN)**
**Gestora Patrimonial en Bolsa con Inteligencia Artificial**

Directora de Inversia500. Profesora de Finanzas El máster ha marcado un antes y un después en mi carrera profesional. Me dedico a la gestión patrimonial de empresas y cuando decidí hacer el máster no tenía idea alguna de programación. A día de hoy, he dado un salto de calidad desarrollando algoritmos de inversión a diario. Tanto es así, que conseguí programar mi propio recomendador de acciones, el cual publico diariamente en mi blog profesional "Inversia500", además de diversas estrategias para operar en Bolsa. Todo programado al 100% con técnicas aprendidas en el máster. Para mí, los aspectos más importantes fueron:

**Temario**
Durante el máster se imparte un amplio contenido actualizado donde se aprende absolutamente todo lo necesario para el desarrollo de algoritmos de inversión e, incluso, de otros ámbitos donde se puede crecer. Lo que más utilizo en mi día a día es, a grandes rasgos, Python, Redes Neuronales y Cloud.

**Dedicación**
Sin duda, este máster requiere de una dedicación plena por parte del alumno. Sin aplicar los conceptos que se van aprendiendo en el día a día, es imposible sacarle partido. Es necesario que el alumno se implique al cien por cien, aunque a la vez esté trabajando, como era mi caso.

**Profesores**
Profesionales de primer nivel, que se dedican a la programación y que te cuentan cómo es el desarrollo real de algoritmos, con todas sus complejidades y formas de aplicación.

**Compañeros**
El buen rollo de la clase se contagia, es un año muy intenso donde además de conocimiento, te llevas compañeros del mismo gremio con los que te ayudarás siempre. Por todo ello, mi experiencia fue más que positiva. Este máster te proporciona ese rasgo diferenciador que tan demandado es actualmente por las empresas del sector. Sin duda, lo recomiendo.





**CELSO OTERO GARCÍA (6ª EDICIÓN)**
**Responsable Departamento Inteligencia Artificial Renta 4 Banco**

Llevo en torno a 20 años en el mundo financiero desempeñando dis tintas tareas, análisis, gestión de fondos, desarrollo de productos, etc. En este período, la fo rma de desempeñar el trabajo ha sufrido una evolución constante.

La capacidad de desarrollo de proyectos o de análisis se ha visto limitada por dos barreras, la capacidad humana y la capacidad de computación. Esa fue la razón primigenia de buscar nuevas herramientas para poder afrontar nuevos retos. Inicié mi formación en la materia de forma autodidacta, lo cual me resultó un camino lento y arduo, ya que carecía de una visión completa de la materia, por lo que opté por estudiar este máster, el cual me pareció que tenía un contenido muy completo.

La realidad, superó las expectativas. Vimos, no solo el contenido más puntero, si no su explicación desde la base, lo que proporciona una importante visión para poder generar nuevas ideas. El máster exige una elevada dedicación, el temario es extremadamente extenso, pero muy bien explicado por un gran equipo docente, el cual no sólo da una visión teórica, sino que está acompañado de un enfoque tremendamente aplicable.

Todo lo aprendido de Machine Learning, aprendizaje por refuerzo, procesamiento del lenguaje natural, uso de la nube y demás temario, ya se han traducido en distintos proyectos realizados por el equipo de inteligencia artificial, que Renta 4 Banco ha formado a raíz de este máster.




# Programación

### MÓDULO 0 (15 HORAS)
### MÓDULO INTRODUCTORIO

**Introducción a Visual Basic para finanzas Sesión I**
– Sentencias y bucles
– Programación recursiva
– Estructuras anidadas
– Control y gestión de errores

**Introducción a Visual Basic para finanzas Sesión II**
– Cálculo de los riesgos y flujos de un proyecto
– Entornos de alta incertidumbre

**Visión General de la inteligencia Artificial & mIA-X**
– Origen de la inteligencia artificial (IA)
– Aplicaciones y estado actual: últimas novedades
– Principios y conceptos fundamentales de la IA
– Alineación de objetivos e introducción al mIA-X

### MÓDULO I (65 HORAS)
### INTRODUCCIÓN A SISTEMAS Y PROGRAMACIÓN

**Fundamentos de programación en R Sesión I**
– Sentencias, bucles y vectores
– Crear e invocar funciones

**Fundamentos de programación en R Sesión II**
– Matrices y factores
– Listas y data frames

**Fundamentos de programación en R Sesión III**
– Gestión de datos (importación y guardado)
– Limpieza y manipulación
– Selección, filtrado, agrupación y estadísticos

**Fundamentos de programación en R Sesión IV**
– Librerías avanzadas: Dplyr, Data Table
– Familia Apply (Lapply, Sapply, Vapply)
– Programación con Pipes

**Fundamentos de programación en R Sesión V**
– Web scraping
– Generación de gráficos
– Distribuciones de probabilidad
– Análisis de rendimiento

**Fundamentos de programación en Python Sesion I**
– Instalación
– Jupyter Notebooks
– Sintaxis básica, operaciones y tipos básicos
– Strings
– Estructuras de datos: Lists, Tuples, Sets y Diccionarios

**Fundamentos de programación en Python Sesion II**
– Control Flow
– Dict and List comprehensions
– Exceptions
– Funciones
– Modulos y Scripts
– Escritura de ficheros de texto y guardado de variables

**Fundamentos de programación en Python Sesion III**
– Librería Numpy

**Fundamentos de programación en Python Sesion IV**
– Librería Pandas

**Fundamentos de programación en Python Sesion V**
– Tratamiento de series temporales
– Simulación para medición de riesgos (VaR)
– Optimización de carteras
– Adquisición y guardado de datos
– Limpieza y preparación de datos
– Operaciones de combinar, juntar y agrupar

**Fundamentos de programación en Python Sesion VI**
– Librería Matplotlib
– Librería Seaborn
– Librería Plotly
– Visualización de Series temporales
– Visualizaciones interactivas con ipywidgets

**Fundamentos de programación en Python Sesion VII**
– Módulos y paquetes
– Programación orientada a objetos
– Decoradores
– Loggers
– Generadores
– Operador ternario

**Fundamentos de programación en Python Sesion VIII**
– Editores y flujo de trabajo
– Web scraping

## MÓDULO II (185 HORAS)
## DISEÑO DE ALGORITMOS DE INVERSIÓN

**Productos financieros**
– Productos de contado: Bonos, acciones, depósitos, divisas
– Productos derivados: Repos, Forwards, futuros, opciones, warrants y swaps
– Productos estructurados
– Mercados donde se negocian
– Operativa con productos: Compra venta, cobertura y especulación

**Renta variable**
– Funciones de la bolsa
– Distinción entre mercado primario y secundario
– Tipos de operaciones: OPAs y OPVs, ampliaciones de capital, Splits y ContraSplits
– Funcionamiento del mercado continuo español (SIBE)
– Fases del mercado
  – Bloques y operaciones especiales
  – Subastas vs mercado abierto
  – Reglas de negociación
  – Tipos de órdenes
  – Subastas por volatilidad: rangos estáticos y dinámicos

**Mercado de renta fija**
– Fundamentos matemáticos: Capitalización y descuento, valor temporal
– Tipos de interés: Euribor/Eonia/EuroSTR
– Curva cupón cero: tipos y condicionantes en su construcción
– Bonos y Floating rates Notes
– Valoración: Duración, sensibilidad y convexidad
– Operativa con instrumentos de RF
– Derivados de RF: Futuros sobre Bonos y Euribor

**Mercado de divisas**
– Fundamentos y convenciones del mercado de FX
– Valoración de instrumentos de FX
– Operativa con instrumentos de FX
– Derivados de FX: Futuros, forwards y opciones de FX

**Futuros sobre índices y acciones**
– Mercado organizado VS mercado OTC
– Precio forward de un activo
– Concepto de base y posición abierta
– Futuros en contango y backwardation
– Precio futuro y su tipo implícito
– Precio futuro sobre un índice y la transformación a puntos de índice de los dividendos
– Especulación y apalancamiento
– Cobertura con futuros sobre acciones: totales y parciales
– Cobertura con futuros sobre índice
– Riesgo de las coberturas
– Arbitrajes: Cash & Carry y Reverse Cash & Carry
– Time Spreads: Efecto del roll-over en contango y backwardation

**Opciones de renta variable**
– Tipología: Americanas y Europeas
– Valor intrínseco y temporal
– Clasificación IN, AT y OUT
– Parámetros que afectan a la valoración
  – Activo subyacente, precio de ejercicio, dividendos, tiempo a vencimiento y tipos de interés
– Réplica de activos
– Teoría de la Paridad Call-Put: formulaciones y tipos de opciones
– Griegas: Delta, Gamma, Vega, Theta y Rho

**Gestión de la volatilidad**
– Intrepretación y características
– Inestabilidad de la volatilidad y cálculo en ventanas temporales (SMA)
– Conos de volatilidad
– Modelos de volatilidad HL
– Modelos de volatilidad Condicional
– Volatilidad implícita
– Cálculo de volatilidad forward
– Índices de Volatilidad: cálculo, características e inversión

**Gestión de sensibilidades y estrategias**
– Coberturas estáticas
  – Call, Put, Spreads y Túneles
  – Selección de precio de ejercicio y vencimiento
  – Análisis de situación y modificaciones sintéticas del perfil riesgo
– Estrategias combinadas
  – Tendencia
  – Volatilidad
  – Mixtas
– Índices estratégicos y estrategias reparadoras apalancadas
– Trading de volatilidad, Delta Neutral y Gamma Scalping

**Derivados climáticos**
– Tipología y caracteristicas
– Mercados y evolución
– Participantes del mercado
– Indices de temperatura: CDD, HDD y CAT
– Aplicaciones prácticas
– Problemática con los derivados Climáticos
– Derivados de temperatura como activos de inversión

**Bonos Catástrofe: CAT Bonds**
– Tipologías: climáticos, vida, ciberataques & pandémicos
– Trigges paraméticos y no paramétricos
– Estructura & diseño de los bonos catástrofe
– Modelización, valoración y contratación

**Análisis fundamental**
– Técnicas Top-down y Bottom up
– Análisis Sectorial: concepto, grupos de sectores y características
– Solvencia vs liquidez, valor contable, ratios de rentabilidad, ratios bursátiles y rotación

**Valoración de empresas**
– Valoración Relativa: múltiplos Bursátiles y de mercado
– Valoración Absoluta: DCF (Discounted cash Flows)
– Ventajas e Inconvenientes
– Coste del Equity
– Tasa libre de riesgo
– Prima de riesgo
– Beta Apalancada
– Weighted Average Cost of Capital (WACC)

**Fundamentos Matemáticos de Renta Fija en Python**
– Capitalización simple
– Capitalización compuesta
– Descuento o valor presente
– Ecuación de Fisher
– Tipos implícitos, forward o a plazo estimados
– Evolución del Factor de Descuento
– Evolución del precio de un bono ex-cupón / cupón
– Valoración de un bono (sin corte y con corte)
– Medidas de riesgo (duración, duración corregida, convexidad)
– Variación del precio del bono

**Gestión de grandes patrimonios. Sesión I**
– MiFID
– ESG
– Gestionar un Patrimonio: El comienzo
– Invertir en Arte
– Repaso de algunos conceptos de gestión
– Activos Financieros: qué son y cómo se comportan
– Empecemos por lo más fácil...la renta variable
– Renta Variable frente a otros activos
– Determinantes del “Fair Value”

**Gestión de grandes patrimonios. Sesión II**
– El ciclo económico
– Principales Indicadores Macro
– Política Monetaria
– El verdadero perfil de riesgo de un inversor
– Renta fija
– Convertibles
– Bonos Ligados a la Inflación
– Renta Variable: Valoración
– Situación Actual

**TERMINAL SMART:**
**Preparación para examen de licencias de operador (renta variable y derivados)**

**Modelos Macroeconómicos: Investment Clock**
– Activo Monetario
– Renta Fija
– Renta Variable
– Materias Primas

**Modelos de Gestión de Carteras**
– Markowitz
– Black-Litterman
– Value at Risk

**Construcción de carteras uniendo modelos macro y de gestión**

**Fondos tradicionales (IICs)**
– Tipología, origen de la arquitectura abierta y estructura de comisiones
– Nuevos modelos de negocio
– Fondos de renta fija/High Yield, fondos de renta fija emergente en divisa local
– Fondos de bonos ligados a la inflación, fondos de titulizaciones, fondos de bonos convertibles
– Fondos de renta variable, fondos Growth y Value, fondos de renta variable emergente
– Fondos sectoriales, fondos de productos genéricos, fondos de seguridad

**Rentabilidad Absoluta**
– Origen de la rentabilidad absoluta, fondos cuantitativos

**Nueva generación de UCITS I y UCITS III**
– Boutiques financieras, pseudo Hedge Funds de renta fija, generación y gestión de alfa y Beta
– Activos Implícitos, fondos de Volatilidad, índices de Hedge Funds

**Diseño de algoritmos de inversión. Sesión I**
– Obtención de datos históricos de renta variable: Yahoo, Finance Alphavantage
– Obtención de datos históricos de divisas: Yahoo

Finance, Banco de España
– Obtención de datos históricos de renta fija: Banco de España
– Obtención de fondos de inversión
– Obtención del histórico de un índice y su composición: Yahoo Finance

**Diseño de algoritmos de inversión. Sesión II**
– Limpieza de datos
– Homogeneización de datos de renta variable
– Ajuste de datos en renta variable: Detección y anulación de Splits y ContraSplits

**Diseño de algoritmos de inversión. Sesión III**
– Análisis de rendimiento: Detección de cuellos de botella y búsqueda de mejoras
– Cálculo de la Beta y el Alpha de Jensen
– Optimización del Alpha
– Ratios de Sharpe, Treynor, Sortino y ratio de información

**Diseño de algoritmos de inversión. Sesión IV**
– Cálculo de la frontera de Markowitz
– Resolviendo el problema de la generación de la frontera con más de 30 activos
– Optimización temporal en problemas de programación exponenciales
– Resolución del problema con 70.000 activos

**Diseño de algoritmos de inversión. Sesión V**
– Sesgo Look-Ahead
– Sesgo de supervivencia
– Sesgo de selección
– Presunción de ejecución
– Prueba de aleatoriedad: diseño y asignación
– Construcción de un benchmark sintético

**Diseño de algoritmos de inversión. Sesión VI**
– Selección de activos: Qué comprar y cuando
– Cálculo de los precios objetivos de compra y venta

**Diseño de algoritmos de inversión. Sesión VII**
– Parámetros dinámicos
  – Creación de un sistema dinámico de selección de activos para comprar
  – Creación de un sistema dinámico de selección de activos para vender
  – Creación de un sistema dinámico de ventanas temporales para realizar los cálculos
– Asignación de recursos
  – Diseño de un sistema de asignación de recursos en función de la probabilidad de ocurrencia
  – Generación de un ranking de asignación de recursos por activo

**Diseño de algoritmos de inversión. Sesión VIII**
– Generación de recomendaciones: Qué comprar, qué vender, en qué cuantía y a qué precio, mañana
– Algoritmos avanzados: Demostración de algoritmos desarrollados por BME

## EXAMEN LICENCIAS
**(teoría online por la mañana y práctica presencial por la tarde)**

**Backtesting avanzado de Algoritmos de Inversión. Sesión I**
– Métricas y niveles de evaluación
– Fallos y sesgos en el backtesting

**Backtesting avanzado de Algoritmos de Inversión. Sesión II**
– Esquemas de validación
– Datos sintéticos y simulación de escenarios

**Modern Portfolio Theory and beyond. Sesión I**
– Fama y French: modelo de los tres factores
– Impacto de la forma de la matriz de covarianzas
– Asignación de pesos
– Benchmark de la industria a batir 60/40
– Modificaciones de la matriz de covarianzas

**Modern Portfolio Theory and beyond. Sesión II**
– Risk parity
– Hierarchical Risk parity
– Inverse vol
– Kalman Filter
– Kelly Criterion
– Taller de gestión

**Algoritmos de mejor ejecución**
– Impacto de mercado vs riesgo de mercado
– Tipología de órdenes avanzada: OCO, OSO, Bracket, Ghost, Pegged, Trailing Stop
– Desarrollo con series temporales de microsegundos
– Simulación de un libro de órdenes, profundidad del libro, prioridad precio-tiempo
– VWAP, TWAP, POV, Smart Order Routing

**Fiscalidad**
– La economía, la recaudación tributaria y la presión fiscal
– El perímetro Tributario: visión general de los Impuestos
– Fiscalidad del Trading en el IRPF
– Estructura del impuesto
– Ganancias y pérdidas Patrimoniales en el IRPF
– La norma antiaplicación
– Rendimientos del Capital Mobiliario
– Los dividendos
– Fiscalidad de los Productos Financieros en el IRPF
– Fiscalidad de los Productos Financieros en el Impuesto sobre Sociedades

**Derecho aplicado sesión I**
– Marcos jurídicos de la Inteligencia Artificial en Europa, EEUU, Asia y oriente
– Automatización e impuestos
– Responsabilidad asociada a sistemas de inteligencia artificial (i)
– Las figuras del operador/productor/ y sus implicacio nes legales
– El caso de sistemas de aprendizaje autónomo y los ca sos de aprendizaje online y offline

**Derecho aplicado. Sesión II**
– Responsabilidad asociada a sistemas de inteligencia artificial (ii)
– El Nuevo Reglamento de Inteligencia Artificial
  – Marco jurídico asesoramiento/algoritmos de inversión/MIFID II
  – Requisitos asociados a los algoritmos de alta y baja frecuencia
  – Trazabilidad y responsabilidades asociadas
– Protección de datos

**Derecho aplicado. Sesión III**
– Abuso de mercado
  – Qué es abuso de mercado
  – Principales Obligaciones en materia dedel Abuso de Mercado
– Blanqueo de capitales
  – Qué es el blanqueo de capitales
  – Sujetos obligados y organismos implicados en la gestión de la PBC/FT
  – Regulación y normativa relacionada
– Blockchain
  – Las STOs e ICOs
  – Pilot Regime
  – MiCA

**Optimización. Sesión I**
– Lineal: modelado de problemas con restricciones
– Cuadrática: modelado de problemas, alternativas y transformaciones
– Identificación de arbitraje

**Optimización. Sesión II**
– Programación entera mixta
– Modelado de condiciones lógicas
– Algoritmos y técnicas de resolución
– Programación de restricciones globales

**Optimización. Sesión III**
– Búsqueda eurística: modelado de espacio de estado, búsqueda no informada
– Búsqueda local estocástica: modelado de espacio de soluciones

**Proyecto. Sesión I**
– Propuesta de ideas por parte de los alumnos
– Análisis de las ideas presentadas por los alumnos
– Propuesta de ideas por parte del profesorado m-IAX

## MÓDULO **III (100 HORAS)**
## INFRAESTRUCTURA CLOUD PARA BIG DATA

**SQL, herramientas y Máquinas Virtuales**
– SQL
– Entornos de desarrollo Integrado (IDE)
– Compilado vs. Imperativo
– Conceptos de API: REST
– Comunicación: HTTP y HTTPS
– Máquinas virtuales: qué son y asignación de recursos
– Cloud as a Service

**Principios de desarrollo**
– Introducción a GIT
– Introducción a la Terminal
– Python Virtual Enviroments
– Cronjobs
– Variables de Entorno
– Conceptos Básicos de Redes: OSI, puertos, protocolo ip, etc.

**Docker y kubernetes**
– Desarrollo de APIs en python con Fast API
– Docker
– Desarrollo desde docker en vscode
– Kubernetes

**Google. Sesión I**
– Analítica de datos: visión end-to-end de todos los servicios
– Collect: pub/sub, datastream
– Process: dataflow, Dataproc (spark)
– Store: GCS, BigQuery, BigTable
– Analyze: BigQuery SQL, Dataproc (spark)
– Activate: Looker, DataStudio

**Google. Sesión II**
– BigQuery ML integrado con tensorflow
– Dataproc (spark)

**Google. Sesión III**
– Herramientas de desarrollo data scientist (vertex)
– Visión & video
– Conversation
– Language
– Structured data

**Google. Sesión IV**
– MLOps con GCP
– Pipelines
– Feature store
– Model monitoring

**Azure. Sesión I**
– Administración de datos: Azure Storahe
– Repositorio de datos: Azure Data Lake Store

**Azure. Sesión II**
– Apoyo a la toma de decisiones: Data Lake Analytics
– Almacenamiento a gran escala: Data Warehouse
– Integración de datos híbridos (ETL/ELT): Data Factiry

**Azure. Sesión III**
– Servicio de análisis de macrodatos en código abierto: Azure HDInsight
– Creación de clústeres oprimizados para: Haddop, Spark, Hive, Hbase, Storm, Kafka y Microsoft R Server

**Azure. Sesión IV**
– Azure Machine Learning: Desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial

**Amazon AWS. Sesión I**
– Introducción a AWS
– Máquinas virtuales en AWS: EC2
– Desarrollo en remoto con vscode y SSD
– Despliegue en un API en EC2

**Amazon AWS. Sesión II**
– Almacenamiento S3
– Funciones Lambda
– Registro de imágenes docker en AWS ECR
– Funciones Lambda con Docker
– Despliege de imagenes docker en AWS EC2
– Despliege de imagenes docker en AWS ECR
– Despliege de imagenes docker en Amazon Lightsail
– Kubernetes en AWS

**Amazon AWS. Sesión III**
– Filosofía Devops
– Acciones de Github
– DevOps AWS Lambda
– DevOps AWS EC2 y ECR

**Amazon AWS. Sesión IV**
– Bases de Datos Relacionales en AWS: RDS
– AWS Athenea
– Bases de Datos NoSQL en AWS: Dynamo
– Apache Spark en Amazon EMR

**Apache Spark Core**
– Arquitectura de Spark: como se ejecuta Spark en un clúster
– DataFrame API
– Spark SQL
– Cassandra / ScyllaDB (BBDD NoSQL)

**Técnicas de visualización**
– Introducción a HTML
– Introducción a CSS
– Introducción a Flask
– Gráficos interactivos con Plotly
– Interfaces interacticas con Dash
– Despliegue de aplicación web a AWS, Google Cloud y Azure

**Taller con entornos IA en nube. Sesión I (Google Cloud)**
– Obtención de datos externos ETL
– Justificación de la arquitectura desplegada
– Implementación de algoritmo de inversión
– Escalabilidad
– Evidencias, trazabilidad
– Despliegue en Google Cloud

**Taller con entornos IA en nube. Sesión II (Microsoft Azure)**
– Obtención de datos externos ETL
– Justificación de la arquitectura desplegada
– Implementación de algoritmo de inversión
– Escalabilidad
– Evidencias, trazabilidad
– Despliegue en Microsoft Azure

**Taller con entornos IA en nube. Sesión III (Amazon AWS)**
– Obtención de datos externos ETL
– Justificación de la arquitectura desplegada
– Implementación de algoritmo de inversión
– Escalabilidad
– Evidencias, trazabilidad
– Despliegue en Amazon AWS

**Proyecto. Sesión II**
– Defensa de las propuestas definitivas de TFM por parte de los alumnos
– Asignación de tutores
– Evaluación preliminar de las propuestas por parte de F10

## MÓDULO **IV (165 HORAS)**
## APRENDIZAJE MEDIANTE DEEP LEARNING

**Algoritmos genéticos**
– Función objetivo
– Estrategias de selección
– Cruzamiento
– Mutación
– Reemplazo generacional
– Optimización de carteras de inversión

**Algoritmos enjambre (sistemas multi-agente). Sesión I**
– Algoritmo de manada
– Algoritmo de construcción de las termitas
– Colonia de hormigas
– Construcción del entorno
– Selección del camino
– Cantidad de feromona
– Evaporación
– Poda de la solución óptima

**Algoritmos enjambre (sistemas multi-agente). Sesión II**
– Algoritmo de la colonia de abejas (ABC)
– Algoritmo de crecimiento bacteriano
– Algoritmo de manada
– Algoritmo del enjambre de partículas (PSO)
– Construcción de entornos financieros

**Algoritmos enjambre (sistemas multi-agente). Sesión III**
– Familia de algoritmos PSO
– Análisis de incertidumbre en la toma de decisiones
– Aplicación de PSO en la optimización de carteras

**Lógica difusa**
– Conjuntos difusos y grados de pertenencia
– Operadores difusos
– Creación de reglas
– Fuzzificación
– Defuzzicación
– Aplicación al rebalanceo de estrategias

**Machine Learning. Sesión I**
– Diseño del objetivo de aprendizaje
– Análisis exploratorio de variables
– Generación de características
– Aprendizaje basado en instancias (K-NN)
– Árboles de decisión
– Diseño experimental: Entrenamiento y Validación

**Machine Learning. Sesión II**
– ML para series temporales
– Aprendizaje con datos transversales vs temporales
– Modelos auto-regresivos
– Validación de ventanas deslizantes

**Machine Learning. Sesión III**
– Modelos de clasificación Bayesianos
– Regresión Logística
– Otros modelos: LDA, SVMs
– Meta-clasificadores: Bagging, Boosting y Stacking
– Random Forest

**Machine Learning. Sesión IV**
– Técnicas de clustering: K-Means y K.medoids
– Técnicas aglomerativas
– Reducción de dimensionalidad: PCA
– Detección de Anomalías

**Machine Learning. Sesión V**
– Relevancia de características
– Aproximaciones para tareas de ranking
– Aprendizaje multi-etiqueta
– Aprendizaje semi-supervisado

**Redes neuronales. Sesión I**
– Introducción
– Entorno de trabajo
– Conceptos básicos
– Introducción al ML
– Regresión lineal
– Descenso por gradiente

**Redes neuronales. Sesión II**
– Regresión logística
– Modelos no lineales
– Introducción a las redes neuronales
– Redes neuronales feedforward
– Implementación de una red neuronal (parte forward)

**Tensorflow. Sesión I**
– Regla de la cadena de la derivada
– Retropropagación
– Implementación de una red neuronal (parte backward)
– Introducción a TensorFlow
– Diferenciación automática con TensorFlow

**Tensorflow. Sesión II**
– Implementación de una red neuronal con TensorFlow
– Entrenamiento de una red neuronal
– Descenso por gradiente estocástico
– Función de coste
– Función de activación
– Tensorboard

**Keras**
– Regularización
– Inicialización de los pesos
– Batch normalization
– Otras técnicas de optimización
– Métodos de segundo orden

**Optimización de Hiperparámetros**
– Métricas de evaluación
– Validación cruzada
– Grid search
– Keras Tuner
– HParams dashboard
– Introducción a pyTorch

**Redes de Kohonen**
– Redes competitivas no supervisadas
– Mapas autoorganizados 2D
– Mapas autoorganizados 3D
– Resolución del problema del viajante con redes auto-organizadas

**Sagemaker**
– Entrenamiento de modelos con Sagemaker
– Hyperparameter Tuning
– Tensorflow y Pytorch en Sagemaker
– Despliegue de modelos

**Redes convolucionales. Sesión I**
– Construcción en Tensorflow
– Tamaño del kernel
– Tamaño del paso y padding
– Maxpooling
– Número de filtros y características
– Dropout

**Redes convolucionales. Sesión II**
– Construcción en Keras
– Optimización del kernel
– Optimización del paso y padding
– Maxpooling
– Optimización del filtros y características
– Dropout
– Redes 1D, 2D, 3D

**Redes convolucionales. Sesión III**
– Medidas de distancia entre imágenes
– Redes siamesas y filtrado de imágenes basado en contenido (CBIR)
– Aprendizaje de representaciones por CNN
– Aplicaciones en búsqueda de imágenes
– Robustez de las redes
– Adversarial examples

**Redes convolucionales. Sesión IV**
– Ataques basados en perturbaciones de entradas: one-pixel-attack
– Métodos de entrenamiento adversarial: evolución diferencial (DE)
– Aplicaciones en generación de modelos robustos
– Redes Yolo
– RAM (Recognize Anything)

**Redes recurrentes. Sesión I**
– Redes con memoria
– El problema de las dependencias a largo plazo
– Redes LSTM en Tensorflow y Keras
– Variantes de LSTM

**Redes recurrentes. Sesión II**
– Backpropagation truncada
– Acumulando LSTM
– LSTM bidireccionales
– Forecasting con LSTM: time series, secuencias y predicciones

**Procesamiento de lenguaje natural. Sesión I**
– Corpus y stopwords
– Modelos Word to Vector. Representación del lenguaje
– Modelos en NLP y Sequential to Sequential models
– Bucketing & Padding

**Procesamiento de lenguaje natural. Sesión II**
– Aprendizaje supervisado en NLP. Definición del dominio del lenguaje
– Name Entity Recognition. Detección de entidades y aplicación en finanzas
– Clasificación de texto. Titulares, reportes, noticias
– Análisis de Sentimiento con Tensorflow. Noticias y Redes Sociales

**Procesamiento de lenguaje natural. Sesión III**
– Transfer learning en NLP. TensorFlow Hub.
– Modelos pre-entrenados BERT, ELMO
– Re-entrenamiento de los modelos pre-entrenados para tareas especificas

**Procesamiento de lenguaje natural. Sesión IV**
– Capas de atención
– Modelos con atención
– Introducción a los modelos transformer

**Procesamiento de lenguaje natural. Sesión V**
– Modelos transformer avanzados
– Generative Pre-Training: GPT models
– PaLM, Chinchilla, Flamingo, Minerva, Gato

**Modelos generativos. Sesión I**
– Reducción de dimensionalidad y factores. PCA
– Autoencoders. Modelos no lineales
– Maximum likelihood y GMM
– Generación de cotizaciones de bolsa con PCA + GMM
– GANs, modelos de difusión y modelos condicionados

**Modelos generativos. Sesión II**
– Modelos generativos profundos
– Variational autoencoders (VAE)
– Generative adversarial networks (GAN)
– Modelos generativos recurrentes
– Normalizing Flows

**Modelos generativos. Sesión III**
– Pretraining de Large Language Models
– Tuning
– PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning)
– Distillation
– Frameworks: T5X, PAX, otros
– Arquitecturas de TPUs

**Modelos generativos. Sesión IV**
– Introducción a LangChain
– Componentes I: memoria, modelos y prompt
– Componentes II: retrievals, chains y agentes
– Técnicas RAG (Retrieval Augmented Generation)

**Sistemas de recomendación**
– Clusterización de perfiles y activos
– Sistemas de generación y asignación de recomendaciones
– TensorFlow Recommenders
– Sistemas basados en similitud,
– Sistemas basados en factorización
– Sistemas basados en deep-learning

**Aprendizaje por transferencia**
– Inception V3, VGG16, Resnet, Bert
– Reutilización de modelos
– Concatenación de modelos
– Solventando el problema de rotaciones
– Solventando el problema de escalado
– Mejora de redes convolucionales y generativas
– Solventando el desvanecimiento del gradiente
– Resnet
– Redes de capsula

**Large Language Model**
– Transformers
– Bert
– LaMDA & LLaMA2
– GPT
– YaLM
– LLaMA
– PaLM2
– Meta-Transformer
– Uso de los modelos pre-entrenados
– APIs y Reentrenamiento
– QA en bases de datos propias

**Detección y análisis de anomalías**
– Tipos de anomalías: puntuales, contextuales, colectivas
– Métodos Lineales: PCA, MCD, LMDD, One-class SVM
– Métodos por proximidad: Local Outlier Factor, Histogram-based Outlier Score
– Métodos probabilísticos: Angle-Based Outlier Detection, Stochastic Outlier Selection
– Métodos basados en ensembles: Isolation Forest, Feature Bagging, LSCP, LODA
– Métodos basados en IA: XGBOD (Extreme Boosting Based Outlier Detection), Deep Autoencoders

**Graph Neural Networks**
– Concepto de independencia
– Independencia condicional
– Geometric Neural Networks

**Aprendizaje justo (fair learning)**
– Métodos de ajuste de modelos mediante aprendizaje justo
– Teoría de la información
– Dependencia usando métodos kernel
– Dependencia usando Gaussianización multivariada

**Explainable Artificial Intelligence (XAI)**
– Métodos de ingeniería inversa
– XAI en deep learning
– Herramientas de XAI
– Features y heatmaps



**Incertidumbre en redes neuronales y su aplicacion en Bolsa**
– Medidas de incertidumbre
– Transferencia de incertidumbre a traves de las redes
– Prediccion de incertidumbre con redes neuronales
– Redes Bayesianas

**Tipología de neuronas y redes (zoo)**
– Tipos de neuronas y tipos de redes
– Modelos funcionales con Keras/Tensorflow
– Uso de datos de distinta naturaleza con redes
– Seleccion de arquitectura y entrenamiento de redes neuronales en la práctica

**Aprendizaje por refuerzo. Sesión I**
– Procesos de decisión de Markov
– Algoritmos de aprendizaje
– Function approximation
– Q-learning

**Aprendizaje por refuerzo. Sesión II**
– Doble Q-learning
– SARSA
– Métodos de búsqueda

**Aprendizaje por refuerzo. Sesión III**
– Automated machine learning
– Selección de modelos
– Búsqueda de arquitecturas
– Full pipeline optimization

**Aprendizaje por refuerzo. Sesión IV**
– Algoritmos basados en políticas
– Actor Critics (A2C, A3C)

**Preparación para la certificación de desarrollador en TensorFlow**
– Environment setup
– Habilidades de los desarrolladores en TensorFlow
– Construir y entrenar una red neuronal usando Tensor Flow 2.x
– Clasificación de imágenes
– Procesamiento de lenguaje natural (NLP)
– Series temporales, secuencias y prediccione

**Aprendizaje por refuerzo. Sesión V**
– Repaso práctico de los componentes de un sistema de RL
– Introducción a la creación de entornos
– Factores a considerar en el diseño de tus algoritmos
– Aplicación de RL a algoritmos de inversión

**Aprendizaje por refuerzo. Sesión VI**
– Creación de entornos. Taller I
– Exposición del caso práctico
Algoritmos de ejecución
– Resolución del problema. Planteamiento teórico
– Desarrollo por equipos de un algoritmo de RL aplicado a finanzas: primera parte

**Aprendizaje por refuerzo. Sesión VII**
– Creación de entornos. Taller II
– Desarrollo por equipos de un algoritmo de RL aplicado a finanzas: segunda parte

**Causal AI & I-Jepa**
**Causal AI: más allá de las predicciones basadas en la correlación**
**I-Jepa**
– Módulo configurador
– Módulo de percepción
– Módulo de modelo del mundo
– Módulo de coste
– Módulo actor
– Módulo de memoria a corto plazo

**Research with Google: más allá de Tensorflow con Keras**
– Pipelines productivas con Tensorflow extended (TFX)
– Tensorflow on the edge: Lite y JS
– Graph NN: Using Deep Learning to Annotate the Protein Universe
– Recommenders, TFText, Decision Forests, TFAgents para RL y aprendizaje federado
– TFBoard, What if tool, TFHub
– Minerva for Quantitative Reasoning Problems
– Discovering novel algorithms with AlphaTensor
– Generative Agents: Interactive Simulacra of Human Behavior
– TF Quant Finance
– AlphaCode

**EXAMEN DE CERTIFICACIÓN: DESARROLLADOR EN TENSORFLOW**

## MÓDULO **V (140 HORAS)**
## BLOCKCHAIN Y COMPUTACIÓN CUÁNTICA

**Blockchain. Sesión I**
**Fundamentos de Blockchain**

– Bitcoin
– Problema del doble gasto
– Bitcoin y tecnología blockchain
– Aspectos económicos y claves técnicas
– Función hash y criptografía asimétrica
– Keys, addresses y wallets
– Transacciones, cadenas de bloques y consenso
– Lightning Network
– Ethereum
– Claves técnicas
– Wallets y transacciones
– Solidity, Vyper
– Consenso y tokens
– DeFI, Uniswap, Compound, NFTs, DAOs

**Blockchain. Sesión II**
**Programación de Smart Contracts en Ethereum**
– El Lenguaje Solidity
– Composición de un fichero fuente de Solidity
– Remix: desarrollo, despliegue e interacción
– Estructura de un contrato
– Tipos
– Unidades y variables disponibles globalmente

**Blockchain. Sesión III**
**Programación de Smart Contracts en Ethereum**
– Estructuras de control
– Manejo de errores
– Herencia
– Interfaces
– Ensamblador
– Conceptos avanzados
– Depuración y tests unitarios en Remix

**Blockchain. Sesión IV**
**Programación de Smart Contracts en Ethereum**
– Caso Practico 1: Banco
– Caso Práctico 2: Reserva habitación
– Caso Práctico 3: Subasta
– Patrones de diseño withdraw y owner
– Seguridad en Smart Contracts
– Reentrada
– Overflow
– Denegación de servicio
– Herramientas de análisis de código y seguridad

**Blockchain. Sesión V**
**Programación de Smart Contracts en Ethereum**
– Patrones de diseño en Solidity
– Patrón Proxy
– Patrón de actualización de Smart Contracts
– Patrón diamante
– Vyper y otros lenguajes de programación para Ethereum
– Principios y objetivos
– Vyper vs Solidity
– Escribir un contrato en Vyper
– Compilación y despliegue
– Otras alternativas: Yul, Yul+, Fe

**Blockchain. Sesión VI**
**Programación de Smart Contracts en Ethereum**
– Herramientas de desarrollo:
  – Truffle
  – Ganache
  – Metamask
– Solidity orientado a aplicaciones: Backend
– JAVA:
  – Librería Web3j
  – Suscripción a eventos
– JavaScript:
  – Interacción con contratos en JavaScript
– Solidity orientado a aplicaciones: Frontend
  – Integración de una interfaz gráfica
  – Conexión con Metamask

**Blockchain. Sesión VII**
**Utilidades para aplicaciones descentralizadas**
– Caso práctico: dApp con sistema de voto para miembros
– Oráculos blockchain
  – ¿Qué son y por qué son necesarios?
  – Diferentes arquitecturas y diseños
  – Provable & Chainlink
  – Casos prácticos
– Almacenamiento descentralizado
  – IPFS, Swarm
  – Caso práctico

**Blockchain. Sesión VIII**
**Utilidades para aplicaciones descentralizadas**
– Identidad digital
  – Definición y aplicaciones sin blockchain
  – OpenID, Voto electrónico
– Identidad digital en blockchain
  – Estándares e implementaciones
  – Gobernanza descentralizada

**Blockchain. Sesión IX**
**Gestión de redes Blockchain**
– Principales clientes: Geth, Hyperledger Besu, Quorum, etc.
– ¿Qué es Hyperledger Besu?
– Características y componentes: arquitectura, algoritmos de consenso, privacidad, permisionado, monitorización
– Casos prácticos

**Blockchain. Sesión X**
**Escalabilidad en redes Blockchain (I)**
– Optimistic Rollups
– Zero-Knowledge Rollups
– State channels
– Sidechains

**Blockchain. Sesión XI**
**Escalabilidad en redes Blockchain (II)**
– Plasma
– Validium
– Ethereum: The Merge
– Internet Computer Protocol

**Blockchain. Sesión XII**
**HYPERLEDGER FABRIC**
– ¿Qué es Hyperledger Fabric?
– Arquitectura de red
– Consorcios, canales y permisionado con MSP
– Chaincode
– Ciclo de vida de una transacción en Fabric
– Privacidad: Private Data y Canales
– Práctica: Desplegar tu primer Chaincode

**Computación cuántica. Sesión I**
**Introducción a la Computación Cuántica**
– Teoría de la Computación
– Computación cuántica
– Historia
– Aplicaciones
– Introducción a la Mecánica Cuántica

**Computación cuántica. Sesión II**
**Álgebra lineal**
– Espacio vectorial, independencia lineal, bases
– Operadores lineales, autovectores y autoestados
– Producto escalar, ortonormalización
– Espacio de Hilbert (Proyectivo)
– Operadores Hermíticos y Unitarios
– Operaciones sobre operadores (traza, conmutador, anticonmutador)
– Producto tensorial de espacios vectoriales

**Computación cuántica. Sesión III**
**Principios de la mecánica Cuántica**
– Espacio de estados físicos (Notación de Dirac)
– Qubits
– Evolución (Ecuación de Schrödinger)
– Interpretación probabilística
– Proceso de medida (Proyección de estados)
– Principio de Incertidumbre de Heisenberg

**Computación cuántica. Sesión IV**
**Sistemas compuestos**
– Sistemas compuestos (Estados puros y entrelazados)
– Operador densidad
– Paradoja EPR
– Desigualdades de Bell
– Teorema de no clonado

**Computación cuántica. Sesión V**
**Algoritmos cuánticos**
– Puertas lógicas cuánticas
– Código denso
– Teleportación cuántica

**Computación cuántica. Sesión VI**
**Software para computación cuántica y Qiskit Terra**
– Frameworks y plataformas en la nube
– Plataforma IBM Quantum: superposición, entrelazamiento, visualizaciones y herramientas
– Del laboratorio al primer sistema cuántico
– Qiskit: Quantum Information Science Kit – Proyecto y Qiskit Lab
– Puertas
– Circuitos
– Visualizaciones
– Ejecución en simuladores y computadores cuánticos reales
– Volumen cuántico
– CLOPS
– Qiskit Runtime

**Computación cuántica. Sesión VII**
**Computación clásica vs cuántica**
– Teoría de la complejidad computacional
– Comparativa entre algoritmos clásicos y cuánticos
– Algoritmos de Grover y de Schor
– Ejemplos de realizaciones físicas de qubits
– Decoherencia y corrección de errores

**Computación cuántica. Sesión VIII**
**Circuitos y algoritmos cuánticos**
– Berstein-Vazzirani
– Grover. Implementación de oráculos

  – Sudoku binario
– Quantum Support Vector Machines
  – Creación de un kernel clásico y cuántico
  – Clasificadores cuánticos
  – Ensemble de clasificadores clásico-cuántico: Detección de fraude

**Computación cuántica. Sesión IX**
**Aplicaciones cuánticas**
– Algoritmos específicos (Optimización, Álgebra Lineal, Machine Learning)
– Quantum Amplitude Estimation (QAE)
– Variational Quantum Eigensolver (VQE)
– Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA)
– Quantum Generative Adversarial Network (qGAN)
**Aplicaciones en finanzas**
– Quantum Risk Analysis
– Option Pricing using Quantum Computers

**Computación cuántica. Sesión X**
**Qiskit Optimization**
– Módulo de Optimización
– Modelos DocPLEX
– VQE, QAOA, Grover optimization
– Optimización de portfolio

**Computación cuántica. Sesión XI**
**Criptografía Cuántica**
– Introducción a la Teoría de la Información
  – Entropía de Shannon
  – Entropía de von Neumann
– Sistemas simétricos y asimétricos de criptografía
– Quantum Key Distribution (QKD)
– Protocolos:
  – BB84
  – B92
  – EPR
– Seguridad de los protocolos cuánticos

**Computación cuántica. Sesión XII**
**Qiskit Finance**
– Iterative Quantum Amplitude Estimation (IQAE) Alternativa a Montercarlo
– Value at Risk
– Options Prizing

**Computación cuántica. Sesión XIII**
**Quantum Machine Learning**
– Quantum Neural Networks
  – PyTorch Qiskit connector
  – Redes neuronales hibridas clásico-cuántico
  – Quantum recurrent neural network
  – Quantum convolutional neural network
  – Quantum reinforcement learning

**Computación cuántica. Sesión XIV**
**Aplicaciones avanzadas**
– Redes Bayesianas cuánticas: Análisis de riesgos
– Algoritmos de enjambre y Computación Cuántica

**Tensor networks y computación cuántica**
– Introducción al concepto de Tensor
– Introducción a la notación de Penrose
– Ejemplos y demostraciones de traza y la teleportación cuántica
– Splitting de índices
– Estados MPS y compresión de información tensorial
– Simulación de sistemas cuánticos básica
– Formas PEPS y uso de estados jerárquicos en machine learning
– Combinatoria con TN
– Resolución de ecuaciones diferenciales con TN

**REPASO Y PREPARACIÓN**
**PARA EL EXAMEN DE CERTIFICACIÓN**

**DEFENSA DEL TFM**
Defensa de TFM. Sesión I
Defensa de TFM. Sesión II



# TFM Destacados

Una pregunta recurrente en los alumnos potenciales es “¿Qué voy a ser capaz de hacer una vez termine el máster?” Para contestar esta pregunta, lo mejor que podemos hacer es dejar hablar a nuestros antiguos alumnos.



**JAVIER RIAÑO**

**ALGORITMO DE INVERSIÓN EN FONDOS DE RV EUROPEA BASADO EN LA CLASIFICACIÓN DE LOS MISMOS**

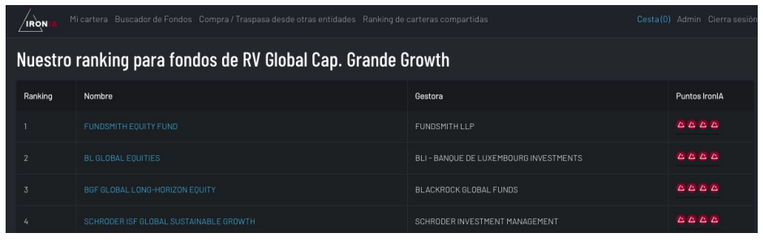
Nuestro TFM partía de un problema real a solucionar, que no es otro que el establecimiento de un “ranking” de fondos de inversión con un doble objetivo:

- Servir de filtro cuantitativo para un posterior análisis cualitativo sobre un universo de fondos ya reducido.
- Implementar una estrategia de inversión basada en aquellos fondos con mejor puntuación en el ranking.

El establecimiento de un ranking se puede realizar de multitud de formas. Lo habitual es encontrar este tipo de análisis basado en alguna característica pasada, por ejemplo, la rentabilidad. El problema de estas metodologías simples es que solo se centran en lo que ha ocurrido en el pasado y no buscan tener capacidad de predicción. Usar el pasado como herramienta predictiva confunde causas con consecuencias, ya que la rentabilidad pasada es una consecuencia, no una causa de rentabilidad futura.

Nuestro TFM buscaba establecer un ranking donde lo que se premiara fuera la capacidad de predicción sobre si un fondo en concreto, tendría un mejor comportamiento que otro, en el siguiente periodo de 12 meses.

Con esta idea desarrollamos multitud de características descriptivas de comportamiento buscando, con redes neuronales, si cualquier combinación de estas características pasadas se podía convertir en una señal predictiva de comportamiento futuro. Para ello, probamos varias arquitecturas de red y multitud de combinaciones de parámetros de entrenamiento. Planteamos y replanteamos el problema varias veces con la ayuda inestimable de nuestro tutor Alberto Oteo. Hasta que finalmente conseguimos resultados alentadores y que, sobre todo, han dado pie a la creación de un proyecto empresarial real llamado IronIA Fintech, donde ofrecemos la mayor plataforma de fondos para cliente retail, con herramientas de ayuda para la selección de fondos basadas fundamentalmente en el TFM anteriormente descrito.






Más allá del reto intelectual que ha supuesto, el aprendizaje ha sido enorme puesto que no solo hemos desarrollado capacidades relacionadas con la inteligencia artificial y el machine learning, sino que hemos aprendido a utilizar y poner un producción estas herramientas en entornos cloud, donde todos estos procesos utilizan computación en paralelo y en general una estructura SAS en lugar del tradicional enfoque de servidores locales.

A pesar de que todo el proyecto de TFM requirió un esfuerzo muy importante, la recompensa del mismo ha sido algo real y tangible: una empresa (https://www.ironia.tech/)



**WALTER SÁNCHEZ CEBALLOS**



**ERNESTO BERMUDEZ DE CASTRO**

**GAIA INDEX REPRESENTA UN CAMBIO DE PARADIGMA EN EL PROBLEMA DEL CO2 YA QUE NO SE CENTRA EN LAS EMISIONES DE CARBONO, SINO EN LA FIJACIÓN DEL MISMO POR PARTE DE LAS MASAS FORESTALES DEL PLANETA.**

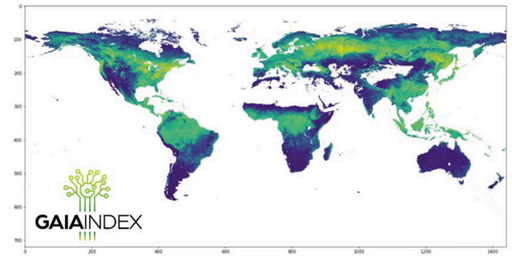
Este índice permite medir, de manera económica, la implicación de los países en materia de descarbonización, haciendo un seguimiento de la capacidad real de absorción de carbono de los bosques, y de la implicación de dichos países en políticas de energía renovable.

Hemos sido apaces de extraer, utilizando herramientas de Inteligencia Artificial y Big Data, datos satelitales sobre la evolución de la absorción de carbono en las distintas regiones forestales del planeta. Al unir esta información con datos económicos y energéticos, utilizando como fuente organismos multilaterales reconocidos, nació nuestra empresa.

Resultados:

- En cuanto al índice se refiere, se ha conseguido poner en valor a losbosques de todo el mundo, no solo por el precio intrínseco de la madera como commodity, sino por su aportación a la descarbonización del planeta.
- A través de procesos de Inteligencia Artificial somos capaces de predecir, con un elevado grado de exactitud, el comportamiento del índice (el cual relaciona la capacidad real de absorción de carbono de una zona, con su producción energética y económica) a un horizonte de 5 años vista.

La realización de este proyecto ha supuesto un antes y un después en nuestras carreras profesionales, ya que no solo nos ha brindado la oportunidad de descubrir el potencial de la Inteligencia Artificial en campos tan diversos como la sostenibilidad y el medio ambiente, permitiendo relacionarlos también con la economía mundial. Sino que en la actualidad, nos encontramos en fase de desarrollo empresarial, a través del programa de incubación de la aceleradora F10.





**JESÚS SANZ DEL REAL**

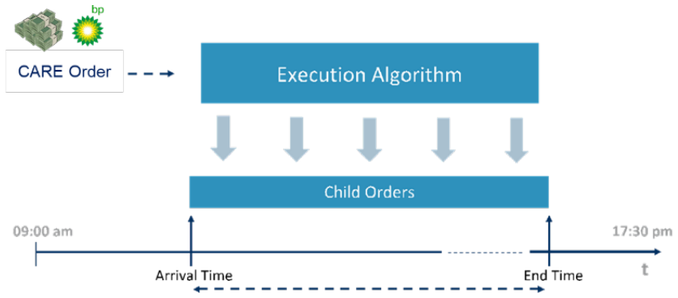


**FRANCISCO MERLOS FERNÁNDEZ**

## REINFORCEMENT LEARNING FOR BEST EXECUTION

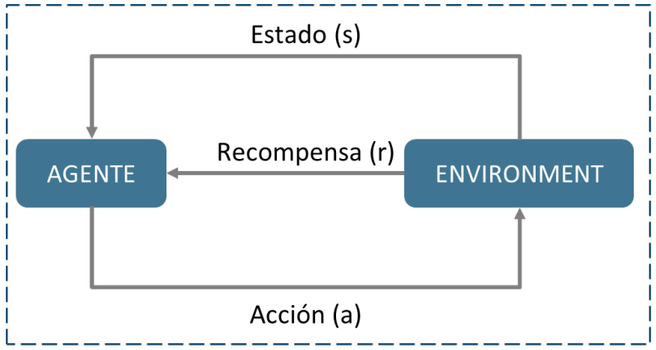
Los algoritmos de ejecución se diferencian de los algoritmos de inversión en que estos últimos te dicen qué comprar o vender y cuándo hacerlo. Por el contrario, los algoritmos de ejecución se encargan de ejecutar la decisión de inversión.

Este tipo de algoritmos son necesarios para órdenes de compra o venta de un gran volumen. Si un inversor decidiese ejecutar toda la orden de golpe, la acción tendría un impacto en el mercado que repercutiría en el precio final obtenido. En estos casos, es necesario trocear la orden en otras más pequeñas para evitar este impacto de mercado.




Actualmente esta función se lleva a cabo por los brokers, pero también existe una serie de algoritmos tradicionales que cumplen esta función. Son algoritmos basados en una serie de reglas deterministas, muy sencillos, pero que distan mucho de ser perfectos (e.g., el TWAP, VWAP o POV). Cada uno sirven para un propósito en particular, pero tienen el defecto de que no son capaces de adaptarse a las situaciones de mercado.

Nuestro TFM diseñó, con éxito, un algoritmo basado en técnicas de aprendizaje por refuerzo para mejorar estos servicios. Estas técnicas funcionan a base de recompensas y vivencia de experiencias. El algoritmo prueba distintas formas para ejecutar las órdenes y, en función de los resultados obtenidos, obtiene una serie de recompensas positivas o negativas que sirven para adaptar su comportamiento en futuras ejecuciones.




$s_t\ a_t\ r_t \dashrightarrow s_{t+1}\ a_{t+1}\ r_{t+1} \dashrightarrow s_{t+n}\ a_{t+n}\ r_{t+n} \dashrightarrow$ Fin episodio

De esta forma, podríamos entrenar a un algoritmo para emular el comportamiento de un bróker profesional. Lo único que tendríamos que hacer es pasarles las características que consideremos más relevantes para el entrenamiento, como por ejemplo, aquellas relacionadas la liquidez actual del mercado.

Si usamos las mismas características que un profesional utilizaría, con el fin de determinar los mejores momentos de ejecución, contaríamos con la ventaja de que estos algoritmos tienen una mayor capacidad de procesamiento y de adaptación. Pueden procesar más características en un menor tiempo, y además consiguen evitar los sesgos emocionales que se producen durante la ejecución.

Al finalizar el TFM habíamos conseguido desarrollar un algoritmo capaz de trocear cualquier orden, de la manera más eficiente posible, sin necesidad de intervención humana. Y todo ello, mejorando los resultados de los algoritmos tradicionales, actualmente en uso, por las entidades financieras.



**MARTA VILLAGRÁN**

## DISEÑO DE UNA RED NEURONAL CON ARQUITECTURA EVOLUTIVA MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS

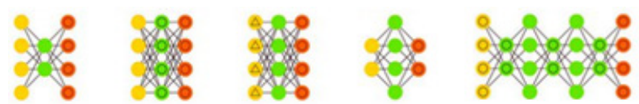
El aprendizaje profundo o Deep Learning permite a modelos computacionales que están compuestos por diferentes capas de procesamiento, aprender una representación de los datos de entrada con múltiples niveles de abstracción. De este modo, se descubren nuevas estructuras intrincadas en grandes conjuntos de datos utilizando la técnica del descenso por gradiente para indicar cómo el modelo debe adaptar sus parámetros internos. Esta previa definición de la topología del modelo es, precisamente, una de sus limitaciones iniciales.

El principal objetivo de este TFM consistió en desarrollar una red neuronal que optimizara de manera simultánea, tanto su arquitectura, como los pesos relativos de la misma.

Para entender bien la principal motivación de este trabajo hay que remontarse a finales del siglo XIX, cuando Santiago Ramón y Cajal descubrió que la parte fundamental del cerebro son las neuronas: esas células que transmiten entre sí impulsos eléctricos formando un complejo circuito del que resulta lo que somos, lo que sentimos y lo que pensamos. El cerebro es el resultado más sofisticado y misterioso el universo conocido, y es precisamente en nuestro intento por imitar su comportamiento, donde nace la idea de las redes neuronales.

Desde que nace un ser humano hasta su adolescencia, su cerebro está en continua evolución. Durante los primeros años de vida, en el cerebro infantil se crean nuevas sinapsis a una velocidad sorprendente que puede alcanzar hasta las 40.000 conexiones neuronales por segundo. Esto nos permite aprender de forma más rápida multitud de tareas. Sin embargo, durante la adolescencia se van eliminando ciertas conexiones para optimizar el funcionamiento de la estructura neuronal.

La principal motivación del TFM ha sido emular el comportamiento del cerebro humano, dotando a las redes neuronales de la capacidad de evolucionar en su arquitectura, mediante algoritmos genéticos, para que la propia red sea capaz de adaptarse al problema cambiante que tiene que resolver: creando y eliminando sinapsis.



Este máster me ha permitido no solo aprender, sino profundizar en la aplicación de la inteligencia artificial, así como establecer vínculos con departamentos de investigación nacionales (CSIC), para seguir investigando este campo aún inexplorado.

# Ejemplo de Práctica

Una pregunta recurrente en los alumnos potenciales es
“¿qué se me va a exigir en las prácticas?, ¿cómo es una práctica?”

Las prácticas constan de 10 ejercicios. Tendréis 3 semanas para programar la solución. Contaréis con los apuntes de clase, las grabaciones de las sesiones, y toda la información que podáis encontrar en internet.

A continuación, se os presentan algunas preguntas de ejemplo, que ya han formado parte de prácticas en ediciones pasadas.

**EJEMPLO 1.**
Debéis obtener la cartera óptima del conjunto de 70.000 fondos con el que ya trabajamos durante la optimización de Markowitz.

Tenéis que resolver el problema usando algoritmos genéticos. Podéis programar la respuesta en R o Python.

Explicad con suficiente detalle todas las decisiones que toméis. De hecho, centraros en argumentar cómo vais a resolver los siguientes puntos:

– Los inversores (cromosomas) deben poder generar carteras con un número variable de activos. Estableceremos el mínimo en 1 activo y 20 en el máximo. El número de a tivos debe poder modificarse entre generaciones, sin caer en extremos (que siempre salgan carteras de 1 activo o de 20). Debemos pensar un sistema coherente, para resolver este punto.

– El método de selección de padres no parece, a priori, problemático, pero el cruce y la mutación sí. ¿Cómo va a heredar el hijo la información genética de los padres? Aquí tenemos un triple problema a resolver:

- ¿Cuál es el número de activos que hereda un hijo de dos padres? Si un padre tiene 5 activos y el otro 7 (distintos entre sí), ¿cuántos activos tendrá el hijo? Debemos pensar en el punto primero. El hijo no puede tener un número de activos creciente en cada generación. El sistema tiene que ser dinámico, creciente y decreciente, respetando los límites de 1 y 20.

- ¿Qué porcentaje de inversión hereda cada activo para que sume 100%? Debemos permitir la construcción de carteras donde unos pocos activos (1 o 2) se lleven un po centaje muy elevado del capital disponible, para explorar todas las soluciones. Reescalar los pesos no es una solución aceptable.

- La evolución, en este problema no puede limitarse a selección y cruzamiento o caeremos rápidamente en un mínimo local. Debemos encontrar un sistema que equilibre la selección con la exploración, si queremos encontrar la cartera óptima.



**EJEMPLO 2.**
Imaginemos que sólo tenemos 100 datos etiquetados de FashionMNIST disponibles y hemos perdido las etiquetas del resto, aunque conservamos las imágenes. Sin embargo, tenemos disponibles los datos de test etiquetados.
Queremos entrenar un clasificador. Para ello:

– Entrena un modelo supervisado directamente sobre esos datos etiquetados. Elige parámetros y arquitectura, argumentando la elección de forma razonada.

– Usa el espacio latente de un modelo no supervisado pre-entrenado con los datos no etiquetados. Prueba diferentes modelos y comenta, detalladamente, los resultados. ¿Cómo varían los resultados con el número de datos etiquetados?

**EJEMPLO 3.**
Entrena un modelo de red neuronal para “predecir” el valor en bolsa de facebook, dados los datos de facebook, apple y google utilizando Auto-Keras.

Se pueden elegir distintas opciones para el problema dependiendo de como ordenemos los datos (TimeSeriesForecaster, Structured Data Regression, Image regression...) ¿Cual piensas que es mejor y por qué?

Intenta que el tiempo de entrenamiento sea el mismo que ha utilizado Talos en el ejercicio anterior. Compara el rendimiento del modelo obtenido por Auto-Keras con el del modelo encontrado por Talos.

**EJEMPLO 4.**
Mediante el dataset Financial PhraseBank, construir un clasificador de sentimientos con las siguientes técnicas.

- Redes recurrentes con capas de atención
- Redes recurrentes con convolucionales
- Transformers.

Comparar, sobre test, los resultados de vuestro modelo con algún modelo de análisis de sentimiento ya implementado. Por ejemplo, nltk

Se evaluarán los resultados en función:
- De la distancia al benchmark objetivo 0.86 acc (alldataset) y 0.98acc(allagree)
- La complejidad de la solución (embeddings utilizados y entrenados)
- La explicación del proceso

# Ponentes Colaboradores

| | Nombre | Responsable de | Más Información |
|---|---|---|---|
|  | Guillermo Meléndez Alonso | Responsable del laboratorio de Inteligencia Artificial en BME Inntech | Experto en el diseño de algoritmos de inversión evolutivos, capaces de adaptarse y evolucionar sin intervención humana. Cuatro veces número uno de promoción: Finanzas, Auditoría, Data Science y Deep Learning. |
|  | Javier Riaño | Quant AI Developer. Socio fundador de Diaphanum Valores S.V y socio fundador de IronIA Fintech | Licenciado en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad Comercial de Deusto. Mi trabajo se centra en el desarrollo de algoritmos de inversión con IA, y en la creación de modelos de gestión basados en el control de volatilidades. |
|  | Jesús Sanz del Real | Data Scientist at Oliver Wyman | Doble graduado en Derecho y Dirección de Empresas por la Carlos III. Experto en el desarrollo de algoritmos de inversión y algoritmos de mejor ejecución aplicando técnicas de Inteligencia Artificial y Big Data. |
|  | Miguel García Cordo | Director de Control de Riesgos Desarrollo IA en Inversis | Especialidades: desarrollo cuantitativo, gestión de riesgos, cumplimiento normativo y desarrollo de IA.<br>Estudios completados en finanzas sostenibles, análisis de datos, renta fija, derivados, riesgo de crédito, gestión del riesgo financiero, cumplimiento y técnicas de valoración. |
|  | Franco Dante Albareti | Data Scientist & Software Developer en BME Inntech | Doctorado Cum Laude en Física Teórica por la Universidad Autónoma de Madrid. Experto en computación cuántica, desarrollando modelos y métricas para la mejor ejecución de órdenes en Bolsas y Mercados Españoles. |
|  | Manuel Montañés | Investigador en la Universidad de Autónoma de Madrid | Doctor en Ingeniería Informática y profesor en la UAM. Experto en métodos avanzados de Machine Learning. |



| | | | |
|---|---|---|---|
|  | Álvaro Galiñanes | Director de Inversiones en Banco Santander / Banca Privada | Más de veinte años de experiencia en mercados financieros, habiendo trabajado en diferentes áreas como gestora de activos, banca privada y analista macro y financiero. |
|  | Francisco del Olmo | Subdirector responsable Fintech y Ciberseguridad de la CNMV | Ingeniero en Informática por ICAI y Máster en Ciberseguridad por la UAM. Durante más de 25 años ha trabajado con diferentes responsabilidades en departamentos de supervisión e inspección de la CNMV, y desde 2018 asume el reto de impulsar la innovación y la ciberseguridad en el ámbito de los mercados de valores. |
|  | Diego García Novillo | Asesor jurídico en Grupo BME | Abogado en la Asesoría Jurídica de BME desde el 2016. Anteriormente abogado en Uría Menéndez. Licenciado en Derecho y Administración de Empresas. Me dedico a dar asesoramiento legal a las distintas líneas de negocio de BME, cubriendo cuestiones tanto de mercado de valores como de nuevas tecnologías. |
|  | Raquel Mª Hernández Falcón | Control de Riesgos y Cumplimiento Normativo en March Asset Management | Matemática especializada en finanzas, disfruto programando y aplicando mis habilidades cuantitativas en la valoración y medición de riesgos. |
|  | José Antonio Esteban Sánchez | CEO de IronIA Fintech | Presidente de la Comisión Big Data de Cloud Community Europe. Ha participado en el diseño de soluciones de optimización de Aplicaciones para Mercury (actualmente HP) y en equipos de diagnóstico de problemas de sistemas críticos. Actualmente responsable tecnológico de la empresa de inversión IronIA Fintech. |
|  | Álvaro Suárez Bravo | CTO en Onyze | Computer Engineer. Implantando la tecnología Blockchain en los mercados financieros. |
|  | Ginés Carrascal de las Heras | Computación Cuántica aplicada a Finanzas (IBM) | Conocimiento profundo en arquitecturas de sistemas complejos, nube, API, inteligencia artificial y automatización. Embajador de Quantum: Trabajando con científicos en J.T. Centro de Investigación Watson para difundir el conocimiento de la Computación Cuántica presente y futura. Parte del equipo de Quantum for Finance Tiger. |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | Luis Prota Barroeta | Investor Relations grupo MASMOVIL | Más de 25 años de experiencia como analista financiero del sector de telecomunicaciones en Morgan Stanley con categoría de Executive Director. Miembro senior del equipo rankeado como #2 en Extel 2018 y #1 en Institutional Investor 2019. |
|  | Miguel Ángel Bernal | Socio Director HURFIN | Miembro del consejo de certificación MFIA. Responsable del área de análisis fundamental y gestión de carteras. |
|  | Tomás de la Rosa Turbides | Vice President - Al Reserch Lead at JP Morgan | Doctor en Ciencia y Tecnología por la Universidad Carlos III de Madrid. Más de 10 años de experiencia como investigador y profesor en diferentes campos de la Inteligencia Artificial. Experto en machine learning aplicado a la planificación automática con más de 15 publicaciones científicas en diferentes congresos y revistas internacionales. |
|  | Luís Fernando Lago Fernández | Profesor en la Universidad Autónoma de Madrid | Profesor del Departamento de Ingeniería Informática en la UAM. Investiga e imparte clases de Machine Learning, Big Data y Data Science. Ha participado en numerosos proyectos de minería y análisis de datos en el ámbito empresarial. |
|  | Francisco Javier González Gosálbez | President & CEO en Cartagon | Profesor asociado en The Valley Digital Business School. |
|  | Francisco Merlos Fernández | Pre and Post Sales Consulting Deputy Director en BME Inntech | Ingeniero de telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid, experto en algoritmos de best execution y transaction cost analysis. |
|  | Valero Laparra Pérez | Investigador en la Universidad de Valencia | Desarrollando métodos estadísticos de aprendizaje para el proyecto europeo SEDAL. http://isp.uv.es/sedal.html |



| | | | |
|---|---|---|---|
|  | Fernando de la Calle Silos | Miembro del proyecto SofIA en BME Inntech | Doctor en Telecomunicaciones por la Universidad Carlos III de Madrid. Su Investigación académica está principalmente enfocada en técnicas de aprendizaje profundo y procesado de señal. Actualmente desarrolla algoritmos de inversión en BME como miembro del proyecto SofIA. |
|  | Rafael Sánchez | Artificial Intelligence Deep Learning Iberia Lead at Google | Profesional internacional con más de 20 años de experiencia. Experto en Inteligencia Artificial / Aprendizaje Profundo en Google.<br>Doctor por la Universidad Carlos III de Madrid. |
|  | Enrique Castellanos Hernán | Director de Instituto BME | Licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad Autónoma de Madrid, cuenta con una amplia experiencia docente como profesor de Instituto BME. Autor del libro *Opciones y futuros de Renta Variable: Manual práctico* y de las Lecturas mFIA. |
|  | Emilio Gamarra Mompeán | Supervisor de operaciones y Product manager de derivados de tipos de interés y divisas en BME Clearing | Licenciado en empresariales por la Universidad Complutense de Madrid y MBA por el Instituto de Empresa, ha trabajado como trader, gestor en mercados de contado y derivados y consultor financiero. |
|  | Juan Ramón Caridad | Director para Iberia y LATAM en GAM Investments | Managing Director en GAM Investments para Iberia, LATAM & USi, Patrono de la Fundación FIDE y Director Académico del Master de Finanzas e Inversiones Alternativas de Bolsas y Mercados Españoles. Es Licenciado en Economía por la Universidad Autónoma de Madrid y ostenta las certificaciones de Chartered Alternative Investment Analyst y MFIA. |
|  | Gonzalo Cabello Mora | Director General en Cartagon | Amplia experiencia en el sector TI, certificado en las nubes de Google Cloud y Azure. |
|  | Minerva Rodríguez Cabrera | Quant AI Developer | Diseña, desarrolla y optimiza algoritmos de inversión con Inteligencia Artificial. |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | Alberto Valencia Carrasco | CTO en Cartagon | Arquitecto Senior Multinube y Data Engineer Certificado en Google Cloud. |
|  | Alejandro Mata Ali | Físico de partículas y desarrollador de software y algoritmos cuánticos en Ibermática | Especializado en la tecnología Quantum-inspired Tensor Networks. |
|  | Pedro Ventura Gómez | Director de proyectos en March Asset Management | Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones en la especialidad de Telemática por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid. |
|  | Juan Luis Fernández Martínez | Cofundador de StockFink | Catedrático de Matemática Aplicada en la Universidad de Oviedo. |



# Entidades Colaboradoras durante la Formación

Entidades financieras:
– BBVA
– CNMV
– Diaphanum
– Santander

Servicios cloud:
– Amazon
– Google
– Microsoft

Inteligencia artificial:
– Google

Computación cuántica:
– IBM

Blockchain:
– Onyze

# Life Long Learning (L3)

Terminar el máster no supone terminar de estudiar, ni tiene porqué suponer terminar la relación entre alumno e Instituto BME.

Si  has seguido la evolución del máster a lo largo de las ediciones, habrás comprobado que el temario evoluciona constantemente. Nuevos bloques han sido añadidos, como blockchain o computación cuántica, y otros se han ido incrementando en horas según surgían nuevas tecnologías, como las redes XAI o las redes Transformer...

Por ello, el objetivo de este programa es mantener la relación con los alumnos egresados del máster, proporcionándoles un lugar donde:
- Actualizar conocimientos, según evoluciona el contenido del máster
- Establecer contactos con alumnos de otras promociones, en eventos recurrentes



**ALVARO GALIÑANES**
Director de Inversiones
en Banco Santander - Banca Privada y
presidente de antiguos alumnos mIA-X



**GUILLERMO MELÉNDEZ**
Director del máster mIA-X
Responsable del laboratorio de IA en
BME Inntech

te invitan a formar parte de la asociación de antiguos alumnos,  para tener un lugar de encuentro y seguir formándote de por vida.





**BME**
Plaza de la Lealtad, 1
Palacio de la Bolsa
ES- 28014 Madrid

T + 34 91 589 12 22
T + 34 91 589 12 17
T + 34 649 19 22 75
www.institutobme.es
institutobme@grupobme.es

© BME – 11.2023