UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

**ANÁLISIS PREDICTIVO PARA EL CÁLCULO DE LA VALORACIÓN DEL
FONDO ACUMULADO DEL AFILIADO EN EL SISTEMA PRIVADO DE
PENSIONES USANDO TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE MACHINE LEARNING**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas de Información

AUTOR(ES)

Espinoza Ladera, Jhonatan Alfredo - 0000-0001-7424-0443

ASESOR

Armas Aguirre, Jimmy Alexander - 0000-0002-1176-8969

Lima, junio de 2020

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres por ser los principales motivadores en toda nuestra educación y por su incondicional apoyo brindado a lo largo de la vida universitaria y crecimiento profesional.

Resumen

El propósito del presente documento es el desarrollo del proyecto académico que tiene como objetivo plantear un modelo de análisis predictivo soportado por una plataforma tecnológica Cloud basada en técnicas de Machine Learning para pronosticar el fondo acumulado de un afiliado que aporte a un sistema privado de pensiones. Esto surge ante el desconocimiento sobre cómo se administran las finanzas personales en los fondos privados de pensiones representan un riesgo en el manejo del futuro de cada individuo. Esta ausencia de control en la administración del fondo de cada afiliado conlleva a no saber en todo momento a lo qué están expuestos.

En la actualidad existen herramientas propias de las entidades administradoras de fondos de pensiones que permiten simular y calcular tanto el fondo como la pensión que recibirá un jubilado, sin embargo, lo que no ofrecen estas herramientas es la posibilidad de proyectar el fondo a partir de factores de crecimiento bajo criterios propios del afiliado que le otorguen la posibilidad de comprar cuál fondo voluntario de pensiones puede ser el más beneficioso al final de la vida laboral. La tecnología ha evolucionado y se aprecia grandes avances con respecto a la captura y almacenamiento de información. Una de estas tecnologías utiliza Cloud Computing, la cual ha crecido en grandes proporciones en diversas industrias y atraen la atención de comunidades de investigación debido a su potencial para implementar soluciones tecnológicas a la medida

El desarrollo de este proyecto se llevará a cabo durante los ciclos académicos 2018-1 y 2018-2, realizando el análisis de tecnologías Cloud que soportan el modelo de análisis predictivo soportado por una plataforma tecnológica cloud basada en machine learning para determinar el fondo acumulado de un afiliado que aporte a un sistema privado de pensiones y el diseño del modelo tecnológico propuesto durante el ciclo 2018-1. La validación del modelo tecnológico mediante el desarrollo de la aplicación móvil, la documentación de los resultados y el plan de continuidad del proyecto en el ciclo 2018-2.

Palabras clave: Fondo de Pensiones, Machine Learning, Modelos, Tecnología Cloud.

Abstract

The purpose of this document is the development of the academic project that aims to propose a model of predictive analysis supported by a platform based on the cloud in the automatic learning to determine the accumulated fund in a private pension system. This arises from the lack of knowledge about how to manage personal finances in private pension funds in the management of each individual's future. This lack of control in the administration of the fund of each affiliate entails a lack of knowledge at all times.

Currently, there are own tools of pension fund management entities that allow simulating and calculating both the fund and the pension that a retiree will receive, however, what these tools do not offer is the possibility of projecting the fund from Growth factors under the affiliate's own criteria that give him the possibility of buying which voluntary pension fund can be the most beneficial at the end of working life. The technology has evolved, and great advances can be seen with respect to the capture and storage of information. One of these technologies uses Cloud Computing, which has grown in large proportions in different industries and attracts the attention of research communities due to its potential to implement tailored technological solutions.

The development of this project will be carried out during the 2018-1 and 2018-2 academic cycles, performing the analysis of Cloud technologies that support the predictive analysis model supported by a cloud-based technology platform in machine learning to determine the accumulated fund of an affiliate that contributes to a private pension system and the design of the technological model proposed during the 2018-1 semester. The validation of the technological model through the development of the mobile application, the documentation of the results and the plan of continuity of the project in the 2018-2 semester.

Keywords: Pension Fund, Machine Learning, models, Cloud Computing.

Tabla de contenido

Capítulo 1	Descripción del Proyecto	11
1.1	OBJETO DE ESTUDIO	12
1.2	DOMINIO DEL PROBLEMA	12
1.3	PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN	13
1.4	OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
1.5	INDICADORES DE ÉXITO	14
1.6	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	15
Capítulo 2	Student Outcomes	23
Capítulo 3	Estado del Arte	32
Capítulo 4	Marco Teórico	50
4.1	Fondo de Pensiones	51
4.2	Cloud Computing:	53
4.3.	Herramientas de Machine Learning	57
4.4.	Big Data	59
Capítulo 5	Desarrollo del Proyecto	61
5.1	Análisis del Contexto del Proyecto	62
5.1.1	Descripción	62
5.1.2	Análisis del negocio	62
5.1.2.1	Descripción	62
5.1.2.2	Antecedentes	62
5.1.2.3	Descripción del Problema	63

5.1.2.4 Oportunidades de Mejora	63
5.2 Análisis de Tecnologías Cloud	63
5.3 Modelo Analítico	67
5.4 Servicios y Herramientas	71
5.5 Diseño de la solución	71
Capítulo 6 Resultados del Proyecto	78
6.1 Introducción	79
6.2 Caso de Estudio	81
6.3 Evaluación de los Modelos	81
6.4 Plan de Continuidad.	83
6.5 Plan de Costos	84
Capítulo 7 Gestión Del Proyecto	85
7.1 Producto Final	86
7.2 Gestión del Tiempo	86
7.3 Gestión de los Recursos Humanos	88
7.4 Gestión de las Comunicaciones	89
7.5 Gestión de los Riesgos	89
Conclusiones	91
Recomendaciones	92
Glosario	93
Bibliografía	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de Problemas y Causas	13
Tabla 2: Descripción de los objetivos específicos del proyecto	14
Tabla 3: Descripción de los indicadores de éxito del proyecto	15
Tabla 4: Plan de gestión del tiempo.....	19
Tabla 5: Tabla de Roles y Responsabilidades	21
Tabla 6: Tabla de riesgos.....	23
Tabla 7: Criterios de selección y exclusión.	34
Tabla 8: Temas agrupados por tipología de cada pregunta	35
Tabla 9: Modelos agrupados por categorías	42
Tabla 10: Variables agripados por categorías.....	46
Tabla 11: Oportunidades de mejora.....	63
Tabla 12: Proveedores de Tecnología Cloud para el desarrollo de soluciones.....	65
Tabla 13: Benchmarking de proveedores cloud	65
Tabla 14: Proveedores de herramientas cloud de machine learning.....	66
Tabla 15: Costo de Implementación de Solución Cloud	84
Tabla 16: Plan de Gestión del tiempo.....	87
Tabla 17: Riesgos del Proyecto	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama del Proyecto.....	21
Figura 2: Proceso de revisión de la bibliografía	34
Figura 3: Línea de tiempo de las tecnologías Big Data	60
Figura 4: Modelo analítico para el cálculo de la valoración del fondo del acumulado del afiliado en el sistema privado de pensiones.....	68
Figura 5: Pantalla de inicio de sesion	71
Figura 6: Pantalla de registro.....	72
Figura 7: Pantalla de logueo	72
Figura 8: Pantalla de inicio de perfil.....	73
Figura 9: Pantalla de datos de usuario	73
Figura 10: Pantalla de modificación de datos.....	74
Figura 11: Pantalla de visualización de resultados	75
Figura 12: Pantalla de datos estadísticos del usuario.....	75
Figura 13: Pantalla de simulación del usuario	76
Figura 14: Resultados de métricas del modelo	82

Introducción

El desconocimiento sobre cómo se administran las finanzas personales en los fondos privados de pensiones representan un riesgo en el manejo del futuro de cada individuo. Esta ausencia de control en la administración del fondo de cada afiliado conlleva a no saber en todo momento a lo qué están expuestos. Para el año 2017, sólo el 16% de los peruanos (que representan aproximadamente 4.6 millones de la población) estaban informados del monto que recibirán como pensión cuando se jubilen. Asimismo, la información oficial a la que se tiene acceso es escasa, poco confiable e ininteligible para una persona común.

Este conocimiento limitado de las finanzas personales se debe también a la escasa educación financiera en el Perú: menos del 5% considera tener conocimientos financieros. Por otro lado, el sistema actual se basa en metodologías de cálculo complejas para la proyección del fondo acumulado de cada afiliado y los factores que rigen dicho cálculo utilizan indicadores de crecimiento estándares para toda la población. Por lo que considerar una aspiración de sueldo y crecimiento personal propios, que para cierto público funciona bien, para el Pareto de la población que más gana en el país es inaplicable bajo la metodología actual.

El objetivo del proyecto es la implementación del Modelo Analítico soportado por una plataforma tecnológica Cloud basada en Machine Learning para determinar el fondo acumulado de un afiliado que aporte a un sistema privado de pensiones. Este modelo combina una serie de variables propias de un afiliado, tales como la edad, salario actual, nivel de educación, entre otras variables. El objetivo de este modelo es permitir al afiliado usar sus propias variables de crecimiento que le permita proyectar su fondo bajo un análisis personalizado para una mejor toma de decisiones en el manejo de sus finanzas y, complementando la información brindada por las AFP, alcanzar su beneficio personal y familiar.

El presente documento se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el primer capítulo, se describe el proyecto, el dominio del problema que se busca resolver y el planteamiento de la solución. Además, se determina el objetivo general que busca darle solución al problema, los objetivos específicos a cumplir y los indicadores de éxito que permiten medir si se realizó con éxito.

En el capítulo dos, se detalla el cumplimiento del proyecto con los Students Outcomes, los cuales son criterios basados en las buenas prácticas de los estándares de calidad en programas de educación como ciencias, ingeniería, computación y tecnología.

En el tercer capítulo, se elabora la revisión de la literatura referida a la definición del Estado del Arte del modelo analítico propuesto. Para este fin, se empieza con la revisión de la descripción de las diferentes soluciones que existen para proyectar el fondo acumulado de una persona afiliado al fondo de pensiones. Se presentaron diferentes soluciones usando las tecnologías emergentes para resolver el problema y la implementación de una solución usando técnicas de machine Learning para pronosticar la pensión de una persona.

En el capítulo cuatro, se desarrolla los conceptos básicos necesarios para entender el contexto del proyecto. Primero, se empieza con la definición de Cloud Computing, sus ventajas con la finalidad de comprender esta tecnología y las diferentes aplicaciones útiles para los fondos de pensiones. Posteriormente, se describen los diferentes tipos de documentos utilizados para la recopilación de información de pensiones de una persona afiliado al sistema. Finalmente, se describe sobre la tecnología big data para el manejo de grandes fuentes de información para ayudar en el proceso de información.

En el capítulo cinco, se desarrolla el proyecto basándose en las buenas prácticas del PMBOK; por lo tanto, se encuentra en toda la fase de ejecución. Asimismo, se detallan los entregables del proyecto. Además, se realiza el estudio de los siguientes puntos: Análisis del contexto del proyecto, Tecnologías emergentes, el modelo analítico y el diseño de la solución propuesta.

En el capítulo seis, se realiza el caso de estudio, la prueba de concepto de los resultados del desarrollo de la solución del modelo analítico propuesto y el plan de continuidad.

En el capítulo siete, se valida la ejecución real contra lo planificado en el primer capítulo. Además, se muestra los planes de gestión del tiempo, recursos humanos, comunicaciones y de riesgos. Por último, se describe las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía de apoyo a todo el proyecto.

Capítulo 1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se desarrollan aspectos generales del proyecto. Se enuncia la problemática, el objetivo general y los objetivos específicos, así como la solución propuesta junto a los indicadores de éxito para medir el cumplimiento del proyecto. Además, se detallan los planes elaborados con base a la gestión del proyecto, los cuales son: Alcance de proyecto, Plan de Gestión del Tiempo, plan de Gestión de Recursos Humanos, Plan de Comunicaciones y el Plan de Gestión de Riesgos.

1.1 OBJETO DE ESTUDIO

El sector que es motivo de estudio en el presente trabajo es analizar el poco o nulo conocimiento que tienen las personas en el Perú al momento de conocer cuál será su fondo acumulado cuando tengan 65 años y estudiar los efectos que conllevan el hacer un análisis personalizado de acuerdo con cada característica de un afiliado en el sistema de pensiones. En la actualidad, con más de 25 años de funcionamiento del sistema, los actuales afiliados no tienen idea de la pensión que pueden aspirar con los ahorros que vienen acumulando en su cuenta individual de capitalización (CIC).

El tema del proyecto es Análisis Predictivo Para El Cálculo De La Valoración Del Fondo Acumulado Del Afiliado En El Sistema Privado De Pensiones Usando Técnicas Y Herramientas De Machine Learning; es decir, consta en definir un modelo analítico que será implementado y validado bajo el desarrollo de una aplicación móvil gestionada por una persona afiliada a un sistema de pensiones en el Perú. Esta solución tecnológica permitirá al afiliado usar sus propias variables de crecimiento que le permita proyectar su fondo bajo un análisis personalizado para una mejor toma de decisiones en el manejo de sus finanzas y, complementando la información brindada por las AFP, alcanzar su beneficio personal y familiar

1.2 DOMINIO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas que sufre un notable porcentaje de la población peruana está estrechamente relacionado con el sistema de pensiones, ya sea por una mediocre organización de las entidades que lo controlan o por la falta de educación financiera de las personas que pretenden recibir una pensión digna para jubilarse.

Un amplio número de personas no podrán pensionarse, y los que sí, lo harán con menores ingresos que los que percibían cuando trabajaban. Entonces, ¿qué deben hacer las personas para darse cuenta de lo que les espera el día de su jubilación? ¿Qué deben hacer las personas para darse cuenta de que deben cambiar su realidad financiera y tomar mejores decisiones? ¿Qué deben hacer las personas para educarse financieramente y gestionar su dinero con mayor sabiduría?

Como parte del proyecto, se propone un modelo de análisis predictivo soportado por una plataforma tecnológica basada en machine learning para determinar el fondo acumulado de un afiliado que aporte a un sistema privado de pensiones. Consiste en la elaboración de un simulador que permita implementar la metodología de cálculo que se utiliza para visualizar la pensión que se recibirá por acción del ahorro en el sistema de las AFP.

En el siguiente cuadro se detalla el problema y sus causas.

Problema	Causas
Los afiliados al sistema de pensiones AFP tienen conocimiento limitado de la pensión real a la que pueden llegar en base a sus aportes mensuales al momento de jubilarse.	<ul style="list-style-type: none"> ● Metodologías de cálculo complejas para proyectar la pensión del afiliado. ● Los factores que rigen el cálculo del fondo de pensiones no reflejan la realidad de cada individuo.

Tabla 1: Tabla de Problemas y Causas

1.3 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

La solución que el proyecto plantea es el desarrollo de un modelo de analítico soportado por una plataforma Cloud basada en Machine Learning para determinar el fondo acumulado de un afiliado que aporte a un sistema privado de pensiones. Este modelo combina una serie de variables propias de un afiliado, tales como la edad, salario actual, nivel de educación, entre otras variables.

Con este proyecto, el objetivo es permitir al afiliado usar sus propias variables de crecimiento que le permita proyectar su fondo bajo un análisis personalizado para una mejor toma de decisiones en el manejo de sus finanzas y, complementando la información brindada por las AFP, alcanzar su beneficio personal y familiar.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

- **Objetivo General**

Implementar un modelo tecnológico para la predicción del fondo AFP basado en machine learning que permita estimar y proyectar el fondo acumulado y pensión de un jubilado.

- **Objetivos Específicos**

Para lograr cumplir la propuesta del objetivo general, se establecieron cuatro objetivos específicos, los cuales están enfocados a cada fase del proyecto.

Objetivos	Descripción
OE1	Analizar técnicas, metodologías y herramientas emergentes para la valoración del Afiliado en el Sistema de Pensiones.
OE2	Diseñar un Modelo de Análisis Predictivo para el cálculo de la valoración del Fondo Acumulado del Afiliado en el Sistema Privado De Pensiones usando técnicas y herramientas de machine learning
OE3	Validar el modelo tecnológico a través de una aplicación móvil para analizar la proyección del fondo acumulado usando Machine Learning.
OE4	Elaborar un plan de continuidad del modelo analítico para que sea sostenible en el tiempo, el cual permitirá que el modelo propuesto sea escalable.

Tabla 2: Descripción de los objetivos específicos del proyecto

1.5 INDICADORES DE ÉXITO

Los indicadores de éxito definidos para medir el logro de cada uno de los objetivos específicos previamente planteados son los siguientes:

Objetivos	Indicador de Éxito	Objetivo Específico
IE1	Aprobación por parte del cliente de los documentos de investigación del modelo analítico para el cálculo de fondo de pensiones basado en técnicas de machine Learning usando tecnologías emergentes.	OE1
IE2	Aprobación del modelo analítico propuesto por un especialista en machine learning, especialista del negocio y del profesor cliente.	OE2
IE3	Conformidad por parte de un especialista en el sistema de pensiones que validen los resultados del modelo analítico basado en técnicas de machine learning mediante una aplicación móvil.	OE3
IE4	Aprobación del cliente sobre el plan de continuidad del modelo tecnológico basado en técnicas de Machine Learning el cual permitirá la escalabilidad y disponibilidad de la información de los afiliados.	OE4

Tabla 3: Descripción de los indicadores de éxito del proyecto

1.6 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Un Plan de Gestión del Proyecto se enfoca en implementar una gestión eficiente del mismo, teniendo en cuenta el tiempo indicado para las tareas del proyecto, los recursos necesarios a emplear, mano de obra y materiales, limitaciones del proyecto, riesgos, entre otros. Con el objetivo de otorgar una visión completa de los aspectos que integra el proyecto. Se detalla los siguientes planes: Plan de Gestión de Alcance, Plan de Gestión de Tiempo, Plan de Gestión de Recursos Humanos, Plan de Comunicaciones y por último Plan de Gestión de Riesgos.

1.6.1 Alcance

El alcance del proyecto abarca respectivamente los siguientes puntos:

1. La investigación está enfocada en el análisis de las distintas

tecnologías que soporten un modelo predictivo basado en técnicas machine Learning soportado sobre tecnologías emergente mediante una aplicación móvil que permita estimar y proyectar tanto el fondo acumulado como la pensión de un afiliado al sistema privado de pensiones.

2. Se diseñará el modelo analítico del proyecto propuesto considerando el sector, limitaciones, tecnologías similares y otros.
3. El proyecto se enfoca en el sistema privado de pensiones en el Perú.
4. El modelo propuesto considera la rentabilidad constante del sistema de pensiones.
5. El proyecto no contempla el desarrollo de algoritmos de predicción de modelos, por el contrario, se plantea usar servicios de Machine Learning en la nube que permite generar con facilidad modelos predictivos funcionando con cualquier tipo de datos.
6. Se realizará benchmarking de tecnologías aplicadas en el sistema de pensiones en caso exista.
7. Los artefactos de gestión entregados a lo largo del curso están basados en la metodología de gestión de proyectos PMBOK.
8. Implementar el modelo tecnológico propuesto, acta de cierre, aceptación y lecciones aprendidas. Los entregables o documentos de gestión entregados a lo largo del curso están basados en la metodología de gestión de proyectos PMBOK.

Para la segunda fase, se han establecido los siguientes entregables, relacionados a la gestión del proyecto.

- Cronograma
- Descripción de Roles y Responsabilidades
- Diccionario EDT
- Matriz de Comunicaciones
- Matriz de Riesgos
- Matriz RAM
- Plan de Gestión de Alcance
- Plan de Gestión de Calidad

- Plan de Gestión de Comunicaciones
- Plan de Gestión de Riesgos
- Plan de Gestión de RRHH
- Plan de Gestión del Cronograma
- Registro de Interesados

La tercera fase, está compuesta de los entregables propios de la investigación y solución del proyecto;

- a. Documento de Análisis de modelos de proyección base en sistema de pensiones usando la tecnología como soporte.
- b. Documento de Diseño del modelo analítico basado en herramientas de machine learning para la proyección del fondo de pensión de un jubilado usando tecnología emergente.
- c. Documento de Resultados de la Validación del Modelo analítico.
- d. Documento de Plan de continuidad para el modelo analítico propuesto.

La cuarta fase, cierre del proyecto, se compone de los entregables finales del proyecto:

- Plan de continuidad del modelo tecnológico propuesto.
- Acta de Aceptación y cierre
- Memoria Final del Proyecto
- Poster del proyecto
- Artículo de investigación

1.6.2 Plan de Gestión del Tiempo

Se orienta en gestionar correctamente el tiempo que se emplea en el proyecto para lograr el cumplimiento de los hitos establecidos en el cronograma. Se detallan las fechas de entrega planificadas para los entregables del proyecto, según las fases acordadas.

Hito del proyecto	Fecha Estimada	Entregables incluidos	Prioridad
Fin de desarrollo del Project Charter.	Semana 2 2018-1	Project Charter	Alta
Primera Exposición ante Comité de Proyectos.	Semana 3 2018-1	Project Charter	Alta
Fin del Capítulo 7.	Semana 6 2018 - 1	Plan de trabajo Entregables de Gestión	Alta
Exposición Parcial TP1.	Semana 8 2018 - 1	Project Charter Plan de trabajo Entregables de Gestión	Alta
Fin del estado del arte.	Semana 10 2018-1	Estados del arte	Alta
Exposición Final TP1.	Semana 16 2018-1	Diseño del Modelo Memoria	Alta
Validación del modelo propuesto.	Semana 7 2018-2	Modelo de Análisis predictivo	Alta
Sustentación parcial TP2.	Semana 8 2018-2	Modelo Predictivo Memoria	Alta
Aprobación del plan de	Semana 11	Plan de continuidad	Alta

continuidad.	2018-2		
Preparación y entrega de los artefactos de toda la memoria.	Semana 15 2018-2	Memoria	Alta
Paper aprobado.	Semana 12 2018-2	Paper Completo.	Alta
Exposición Final TP2.	Semana 16 2018-2	Memoria Final Poster Paper Plan de continuidad Lecciones aprendidas.	Alta

Tabla 4: Plan de gestión del tiempo

1.6.3 Plan de Gestión de Recursos Humanos

Gestión de recursos humanos permite identificar a los involucrados y actores del proyecto, está compuesto por la empresa, equipo de trabajo y los recursos internos o externos que serán parte del cumplimiento de las actividades planificadas. Se detallan los roles y responsabilidades que cumplen a lo largo del desarrollo del proyecto.

Rol	Miembro	Responsabilidades
Comité de Proyectos	Rosario Villalta Jimmy Armas Luis Vives Pedro Shiguihara	<ul style="list-style-type: none"> - Aprobar proyectos profesionales. - Evaluar el avance del proyecto. - Verificar el cumplimiento de los entregables - Decidir con la continuidad de proyectos.
Director PMO	Alfredo Barrientos	<ul style="list-style-type: none"> - Definir el alcance de los proyectos a realizar. - Asignar y distribuir el trabajo a las distintas unidades de la empresa. - Fijar claramente los objetivos de cada proyecto. - Establecer el sistema de información y comunicación de los equipos de trabajo. - Aplicar acciones correctivas en tiempo útil, y dentro de la autoridad concedida.
Senior Portfolio Manager	Roy Perez	<ul style="list-style-type: none"> - Supervisar, coordinar y controlar los portafolios de proyectos. - Administrar los recursos asignados a su cargo. - Resolver cualquier incidente que esté dentro de su ámbito. - Realizar actividades solicitadas por el Director PMO y por el Comité de proyectos de la Escuela.
Portfolio Manager	Daniel Burga	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una revisión semanal del avance del proyecto. - Dar los lineamientos a seguir para la realización del proyecto. - Brindar seguimiento a los proyectos de la empresa.
Profesor Cliente	Martin Senmache	<ul style="list-style-type: none"> - Dar los requerimientos del Proyecto. - Dar conformidad a los entregables del proyecto. - Asesorar a los jefes de proyecto.

Jefe de Proyecto	Jhonatan Espinoza	<ul style="list-style-type: none"> -Gestionar proyecto para cumplir con los objetivos, cronograma y alcance del mismo. -Coordinar reuniones con el cliente. -Apoyar en la investigación del proyecto. -Acordar con las autoridades involucradas en el proyecto.
------------------	-------------------	---

Tabla 5: Tabla de Roles y Responsabilidades

Figura 1: Organigrama del Proyecto

1.6.4 Plan de Comunicaciones

Este punto tiene como objetivo acordar la comunicación, interna y externa por medio de canales disponibles dentro del alcance del proyecto, con el propósito de informar a los involucrados los avances, así como eventos que puedan existir en el proyecto. Además, permite estandarizar las formas de comunicación, con lo cual, será de conocimiento por parte de equipo de proyecto, los procedimientos y medios de comunicación a usarse según se requiera.

Ver Anexos:

- Anexo 1: MTPRI_ Plan de Gestión de Comunicaciones _v2.1
- Anexo 2: MTPRI_ Registro de Interesados _v1.1

Todas las reuniones deben seguir las siguientes pautas:

- Se manejará una agenda para cada reunión de acuerdo a los temas de interés a tratarse, así como también las tareas pendientes de reuniones anteriores.
- Se cuenta con un horario específico para cada reunión, sin embargo, será necesario confirmar/recordar la reunión vía correo electrónico un día antes como máximo.
- En caso se deba postergar una reunión, se deberá justificar y además acordar el nuevo día de esta.
- Al finalizar cada reunión se deberá recopilar lo tratado, resaltando los acuerdos para posteriormente elaborar el acta de reunión.
- Todas las actas de reunión deberán ser firmadas por el jefe de proyecto, asistente de proyecto y gerente general o cliente, respectivamente

1.6.5 Plan de Gestión de Riesgos

Se identifica los posibles riesgos durante el desarrollo del proyecto, de tal manera se establece el impacto y el nivel de criticidad, con lo que se plantea estrategias de mitigación ante la posible materialización del riesgo.

Se detalla los riesgos identificados, su probabilidad y su impacto en el proyecto:

#	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia de mitigación
1	Pérdida de información de los entregables del proyecto.	Baja	Alto	Realizar siempre copias de seguridad y usar el repositorio brindado por comité para contar con las versiones más recientes.
2	La validación del modelo no brinde los resultados esperados.	Baja	Alto	Plan de continuidad.
3	Retraso del proyecto	Baja	Alto	Definir plan de trabajo y basarnos en metodologías ágiles que realizan buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible del proyecto
4	Negación de datos necesarios para el desarrollo del proyecto.	Alta	Alto	Se realizarán contratos de confidencialidad con las entidades pertinentes.
5	Cambio del enfoque del proyecto	Baja	Alto	Revisar el objetivo del proyecto junto al cliente y si el cambio es realmente necesario.
6	Usuarios finales no están dispuesto a usar o validar el modelo.	Media	Alto	Dar a explicar mediante una carta el objetivo de la validación del proyecto y asegurar que sea adaptable a cada tipo de usuario.

Tabla 6: Tabla de riesgos

Capítulo 2 STUDENT OUTCOMES

Se describen los objetivos cumplidos dentro del proyecto, los cuales se justifican por medio de diversas actividades y entregables que se planificaron y desarrollaron a lo largo de las fases del proyecto.

Resultados de los Student Outcomes

Los student outcomes, según ABET, son el resultado que los estudiantes deben conocer y capaz de hacer antes de la graduación. Estos se relacionan con los conocimientos, habilidades y comportamientos que adquieren según se avanza a través del programa. (ABET, 2017-2018)

ABET (www.abet.org) es la entidad acreditadora reconocida a nivel mundial como líder en aseguramiento de calidad en programas de educación en ciencias, ingeniería, computación y tecnología.

La carrera de Ingeniería de Sistemas de Información de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) está acreditada por la Comisión de Ingeniería de ABET (Engineering Accreditation Commission of ABET, EAC) y la Comisión de Computación de ABET (Computing Accreditation Commission of ABET, CAC). (UPC)

Los resultados de los estudiantes esperados se detallan a continuación relacionándolos con los resultados (a) hasta (k) más cualquier resultado adicional que pueda ser articulado por el programa.

Student Outcome «a» Aplica conocimientos de matemáticas, ciencias, computación e ingeniería.

En la investigación del proyecto, realizamos un análisis de la realidad de millones de peruanos sobre el desconocimiento sobre cómo se administran las finanzas personales en los fondos privados de pensiones que representan un riesgo en el manejo del futuro de cada afiliado. Esta ausencia de control en la administración del fondo de cada afiliado conlleva a no saber en todo momento a lo que están expuestos e identificamos las principales oportunidades de mejora o problemáticas que se presentan en este contexto. Esto mediante el uso y la revisión de los diversos recursos de investigación que tenemos a nuestro alcance (Bases de datos científicas) sobre las principales causas que complementan la problemática identificada en los sistemas de pensiones. Se comparan diversos modelos de proyección expresadas en ecuaciones matemáticas que serán la base para el análisis predictivo. Además, se usan herramientas en la nube de machine learning que permiten hacer predicciones a partir de datos históricos y del uso de algoritmos matemáticos. Finalmente, se propone un modelo tecnológico que rediseña la metodología actual aplicada al cálculo

del fondo acumulado de las AFP en donde el modelo representa los aspectos relevantes del sistema: sus elementos y la interrelación entre ellos que aseguran el funcionamiento correcto del modelo.

Student Outcome «b» Diseña y conduce experimentos en base al análisis e interpretación de datos.

Para el cumplimiento de este Student Outcome, se realizó lo siguiente:

Se usa la metodología KDD (Knowledge Discovery in Databases, por sus siglas en inglés) para el proceso de la minería de datos. Se hacen pruebas para probar la validez del análisis predictivo mediante el uso de las herramientas de machine learning. Finalmente, se muestran los resultados obtenidos en base a un porcentaje de fiabilidad.

Student Outcome «c» Diseña sistemas, componentes o procesos para encontrar soluciones en la atención de necesidades teniendo en cuenta restricciones económicas, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad y otras propias del entorno empresarial.

Hace referencia la forma que el profesional propone y diseña una propuesta de sistemas basado en la realidad actual de las entidades financieras en sus diversos aspectos de servicios.

El enfoque adoptado es la sensibilización del fondo acumulado según sean las características particulares de cada afiliado. El diseño del modelo empieza con la extracción de los datos, el análisis predictivo y la elección de la técnica de machine learning a usar. Se hace uso de supuestos para algunas variables, especialmente en la rentabilidad y la inflación, ya que son variables de alta sensibilidad e impacto en este tipo de proyecciones.

Student Outcome «d» Participa en equipos multidisciplinarios desarrollando sus tareas eficientemente con profesionales de diferentes especialidades o dominios de aplicación.

Hace referencia a la capacidad de realizar trabajos y reuniones con profesionales de diferente campo de aplicación. Ello se evidencia de la siguiente manera:

En el cronograma se establecieron reuniones con las partes interesadas del proyecto: el Profesor Gerente los lunes y miércoles, y el Profesor Cliente los viernes. De igual forma, los jefes de proyecto programaron reuniones con especialistas en el rubro de estudio para darle seguimiento a los avances del desarrollo del proyecto. Todo ello se especifica en los documentos de gestión. Se ha requerido de apoyo para el desarrollo del proyecto con la empresa Quality Services, la cual se coordinó con la Profesora Gerente: Rosa Cobeñas para la asignación de recurso con el objetivo de validar los entregables elaborados. El documento a tomar en consideración es el Certificado de QS.

La validación del diseño del modelo y de su implementación fue realizada gracias al apoyo de las siguientes personas:

- Especialista en Sistemas de Pensiones.
- Especialistas en modelos analíticos aplicando machine learning.

Student Outcome «e» Identifica, formula y resuelve problemas de ingeniería

Se identifica la falta de conocimiento por parte de los afiliados sobre cuál es la pensión real a la que pueden aspirar cuando llegue el momento de su jubilación, es decir, hay un desconocimiento del manejo de nuestro futuro. Se identifica que la metodología actual calcula el fondo de una manera muy estandarizada para todos sin tener en cuenta la situación económica particular de cada persona.

Esto unido al actual problema de la disminución dramática en las pensiones de los jubilados nos permite proponer un nuevo modelo que permite analizar la predicción del fondo de pensiones para cada persona de tal forma que el cálculo sea más justo, claro y sensible; de tal manera que el afiliado está mucho más informado y será mucho más objetivo a la hora de decidir qué AFP es la que más le conviene, por cuánto tiempo podría realizar aportes, cuánto será su jubilación y si, finalmente, le conviene acceder a una jubilación o es mejor realizar el retiro casi total de su fondo al llegar a los 65 años, entre otros escenarios que puedan darse.

Student Outcome «f» Propone soluciones a problemas de Ingeniería con

responsabilidad profesional y ética.

Se debe tomar en consideración, para realizar el proyecto, los aspectos de confidencialidad y la responsabilidad para cumplir los tiempos comprometidos.

Para cumplir con ello se ha tratado de la siguiente manera:

El equipo de trabajo ha sabido respetar los tiempos pactados para el cumplimiento de las actividades planificadas en el cronograma desde el inicio del proyecto. Es por ello, que se han ejecutado las fases del proyecto de forma constante. Si aparecían dificultades en el desarrollo del cronograma, se encontró la manera de no retrasar los tiempos pactados para la entrega de resultados aplicando metodología ágiles.

La obtención de la información se hizo a partir de datos publicados por una AFP chilena el cual sirve como data simulada para poder probar y validar el modelo. Por otro lado, los papers usados en la investigación son de tipo Journal y las citas fueron hechas en formato APA.

Student Outcome «g» Comunica ideas o resultados de manera oral o escrita con claridad y efectividad.

Para desarrollar el proyecto se generaron lluvias de ideas y conceptos en base a entregables que respaldan la investigación realizada, los documentos de gestión que fueron revisados por personas interesadas en el proyecto, una persona para plasmar su juicio de experto y una organización o entidad sobre la cual se pueda validar la propuesta planteada.

Se optó por manejar una comunicación oral y escrita efectiva con el objetivo de comunicar las ideas del equipo de proyecto de manera concisa y sin complejidad. A partir de este punto se tenía el modelo analítico propuesto y desarrollado, bajo este enfoque, se busca que sea de utilidad para las entidades financieras.

Asimismo, es importante mantener una coordinación permanente con el personal interesado lo cual se demuestra de la siguiente forma:

- **Elaboración de actas de reunión:** En las reuniones programadas entre los jefes de proyecto y el cliente se detallan las actividades, propuestas y tareas pendientes para la

supervisión del nivel de cumplimiento del proyecto. De igual forma, se realizaron actas de reunión con el gerente de la empresa virtual asignada al proyecto profesional.

- **Elaboración de actas de conformidad:** Al término y cumplimiento de los estándares de cada objetivo establecido y/o entregable involucrado, se emitirán actas de conformidad con el propósito de validar y evidenciar el logro firmados por el cliente y gerente a cargo del proyecto.
- **Correos de coordinaciones:** Se programaron reuniones y acuerdos por medio de correos electrónicos que fueron necesarios como evidencia para corroborar la aceptación de estos.

Student Outcome «h» Identifica el impacto de las soluciones de Ingeniería en el contexto global, económico y del entorno de la sociedad.

En el Project Chárter se plasma la problemática a solucionar, por lo cual es necesario conocer su trascendencia dentro de la sociedad, ante la falta de optar por procesos adecuados en la implementación de un modelo analítico para el cálculo de la valoración del Fondo Acumulado del Afiliado en el Sistema Privado de Pensiones en las entidades financieras que se encargan de manejar los ahorros de todos los peruanos.

Asimismo, durante el desarrollo del proyecto, la documentación de la investigación realizada como el Paper y la memoria del proyecto son activos importantes que se manejan para identificar el contexto global de trabajo y encontrar las posibles problemáticas. Ante ello, surgen las oportunidades de mejora para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera en base a soluciones de ingeniería. La implementación de un modelo analítico que brinda conocimiento para un mejor manejo personal de nuestros fondos tiene un impacto positivo en la planificación de las finanzas personales para cuando se cumpla la edad de jubilación. Además, impacta en el negocio de las AFP ya que éstas no hacen un cálculo sensibilizado del fondo por lo que les supone un nuevo reto que afrontar.

Student Outcome «i» Reconoce la necesidad de mantener sus conocimientos actualizados.

Se desarrollaron estudios, análisis e investigaciones que como resultado final, se obtuvo el Análisis Predictivo para el cálculo de la valoración del Fondo Acumulado del Afiliado en el Sistema Privado de Pensiones usando Técnicas y Herramientas de Machine Learning lo cual se logró gracias a la indagación de fuentes de artículos de investigación (Papers) de diversos autores y países que sirvieron como base para el desarrollo del modelo tomando en consideración un periodo de 4 años de intervalo para la búsqueda. Ello se evidencia en el Paper del proyecto.

Asimismo, Se hizo investigación basada en Papers del tipo Journal y Conferences sobre proyección y predicción de fondos de pensiones en todo el mundo. Los Papers pertenecen a reconocidos autores y centros de investigación lo cual asegura la calidad de los entregables de investigación. De la misma manera, se hizo una investigación teórica sobre Machine Learning y las principales técnicas a considerar para la implementación del modelo.

Student Outcome «j» Analiza hechos del mundo contemporáneo identificando el impacto en el desempeño profesional de Ingeniería.

El desarrollo del proyecto se basó en entregables (documentos, anexos) que respaldan el análisis del contexto actual, sobre ello se desarrolla el modelo propuesto que maneja la información mencionada. Esta se actualiza según el contexto donde se plantee la solución. El Project Charter permite conocer la problemática y el alcance del proyecto.

De igual manera, para describir el impacto sobre los sucesos del mundo contemporáneo, se realizó una comparativa entre herramientas de la tecnología Cloud. Esto se detalla en el entregable del Informe de benchmarking de proveedores de tecnologías Cloud para proponer el modelo y el entregable final. Por último, se analiza la metodología actual para el cálculo del fondo, los modelos usados en la actualidad, variables o parámetros sensibles al cálculo y las herramientas tecnológicas usadas, para poder evaluar si el proyecto cumple con el objetivo y es sostenible en el tiempo.

Student Outcome «k» Utiliza técnicas, herramientas y metodologías necesarias para la práctica de la ingeniería.

Se usaron técnicas y herramientas para poner en práctica la ingeniería durante el proceso de desarrollo del proyecto del modelo propuesto. En la planificación, se realizó un cronograma para proponer las actividades a realizarse durante el proyecto y fue de apoyo para medir tiempos y dividir las actividades. Asimismo, se empleó la metodología Agile para la entrega de Sprints semanales con el objetivo de validar los hitos del proyecto.

Las herramientas tecnológicas emergente fueron: Microsoft Azure, IBM Cloud Bluemix, Amazon Web Services, Google Cloud Platform sobre las cuales se accedió para validar sus funcionalidades básicas. Luego, se realizó el informe de benchmarking de proveedores de tecnología Cloud para definir herramienta más apropiada. Todas las metodologías y herramientas utilizadas fueron debidamente aprobadas por el Profesor Cliente y esto se evidencia en las actas de reunión.

Student Outcome «L» Comprende y brinda soporte para el uso, entrega y gestión de sistemas de información dentro de un entorno de sistemas de información.”

Para constatar la continuidad del proyecto a futuro,

Se realizaron las siguientes actividades para el soporte y ayuda en el mejoramiento del modelo para que pueda ser sostenible en el tiempo.

- Elaboración del manual de usuario para el uso y entrega del modelo implementado para su consumo como Web Service y aplicación.
- Propuesta del plan de continuidad para el modelo de recopilación de información.

El presente capítulo realiza una descripción de la investigación documental que permite la comprensión de un modelo tecnológico para la proyección del fondo privado de pensiones usando Machine Learning. La importancia de una pensión radica en contar con un fondo que permita tener una vejez digna, económicamente independiente y con un nivel de vida acorde al que ha llevado en sus últimos años como trabajador activo. El capítulo está compuesto por la metodología en la que se basa el proyecto, la planificación que se ha realizado, el desarrollo de lo planificado, el análisis que se realiza por cada uno de los artículos y por último las conclusiones.

3.1. Metodología

Se determinó el desarrollo del capítulo en tres fases basadas en las pautas encontradas en el artículo de investigación de Wong et al. [12]:

- **Planificación:** En esta fase, se elaboran las preguntas de investigación y se detallan los pasos a seguir para la selección de los papers.
- **Desarrollo:** En esta fase, se ejecuta y se menciona lo ocurrido, y se menciona la lista de artículos seleccionados y clasificados por tipologías.
- **Análisis:** Se responderán las preguntas planteadas tomando en cuenta cada uno de los papers seleccionados.

3.2. Planificación

Para comprender cómo se ha realizado la investigación a la hora de proponer un modelo de análisis predictivo, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

P1: ¿Qué modelos existen para calcular el fondo acumulado de un sistema de pensiones?

P2: ¿Qué variables se usan para la predicción del fondo acumulado de un afiliado del sistema de pensiones?

P3: ¿Qué herramientas existen para la proyección de un fondo de pensiones?

Las siguientes bases de datos se usaron principalmente para definir el protocolo de búsqueda: SCIENCE DIRECT, EBSCO, SPRINGER, SCOPUS, IEEE, Digital Library y ACM Digital Library.

Se utilizó la siguiente búsqueda de flujo TITLE-ABS-KEY ("Pension Fund Projection") OR TITLE-ABS-KEY ("Pension Fund Prediction") OR TITLE-ABS-KEY ("Pension Fund Simulation"), que se han aplicado en el título, resumen y palabras clave.

La investigación abarca el período de enero de 2014 a abril de 2018.

Criterio de Selección	Criterio de Exclusión
<ul style="list-style-type: none"> Estudios relacionados al estado del arte y motivación. Artículos con distintos tipos de propuestas: Modelos, variables y herramientas. Nuevas metodologías en sistemas de pensiones en todo el mundo. Asegurar que los artículos tratan sobre fondos de pensiones. Artículos que sugieren el uso de proyección o predicción para un fondo de pensiones. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuentes de estudios que no son del tipo Journals o Conferences. Papers de idioma distinto al inglés. Artículos que hayan sido publicados al menos en el año 2014 o superior.

Tabla 7: Criterios de selección y exclusión.

3.3. Desarrollo

Los estudios identificados en el proceso de búsqueda fueron sometidos a un proceso de selección de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 1. Para eso, fue necesario hacer una revisión previa sobre el contenido para determinar su relevancia y, finalmente, la mayoría de estos los estudios se descartaron porque se referían a otros análisis. El desarrollo del proceso de revisión está en la Fig. 2.

Figura 2: Proceso de revisión de la bibliografía

Pregunta	Título	Referencia
¿Qué modelos existen para calcular el fondo acumulado de un sistema de pensiones?	A model for the pension system in mexico: diagnosis and recommendations.	Javier Alonso, Carmen hoyo and David Tuesta (2014).
	The modelling and simulation of the pension system.	Zsolt Szabó (2017).
	How sensitive are retirement decisions to financial incentives? a stated preference analysis.	Arthur Van Soest, Hana Vonkova (2014).
	A mathematical model of pension fund operation and methods of fund stability analysis.	A. A. Belolipetskii, m. a. Lepskaya (2018).
	Entrance times of random walks: with applications to pension fund modeling.	Søren Fiig Jarner, Morten Tolver Kronborg (2016).
	The analytic approach for the stochastic projection of the public pension fund.	Hyungsu Kim, Geonwoo Kim (2016).
	Prediction of mutual fund net value based on data mining model.	Wen-Tsao Pan, Shi-Zhuan Han, Hui-Ling Yang, Xue-ying Chen (2018).
	Learning to save in a voluntary pension system: toward an agent-based model.	Balázs Király, András Simonovits (2018).
	Model for the management of pension fund with deterministic and stochastic parameters.	Badreddine El Goumi, Mohammed el Khomssi, Majda Fikri (2016).
¿Qué variables se usan para la predicción del fondo acumulado de un afiliado del sistema de pensiones?	Retirement incentives and couple's retirement decisions in brazil	Bernardo L. Queiroz, Laeticia r. de Souza (2016)
	Aging, retirement, and pay-as-you-go pensions	Giam Pietro Cipriani (2016)
	Theoretical old-age pension benefits and replacement rates in the baltic states: a retrospective simulation.	Olga Rajevska (2016).
	Draft of the regional pension scheme functioning simulated in the czech republic.	Jan Bednář, Ivana Faltová (2018).
	Optimal strategies for pay-as-you-go pension finance: a sustainability framework.	Humberto Godínez-Olivares, María del Carmen Boado-Penas,

Tabla 8: Temas agrupados por tipología de cada pregunta

		Steven Haberman (2016).
	Model for the management of pension fund with deterministic and stochastic parameters.	Badreddine el Goumi, Mohammed el Khomssi, Majda Fikri (2016).
	Optimal savings management for individuals with defined contribution pension plans.	Agnieszka Karolina Konicz, John M. Mulvey (2014).
¿Qué herramientas existen para la proyección de un fondo de pensiones?	Couples' retirement under individual pension design: a regression discontinuity study for france.	Elena Stancanelli (2017)
	The evaluation of the ii pillar pension's funds: an integrated approach using multi-criteria decision methods.	Lina Novickytė, Viktorija Rabikauskaitė (2017).
	Understanding decisions in state pension systems: a system framework.	Gang Chen (2016).
	Decision making under uncertainty and risk: a retiree's perspective on choosing between pension options.	Antonie M. de Klerk (2017).
	Information fusion-based meta-classification predictive modeling for etf performance.	Asil Oztekin (2016).
	Information theory as a tool to improve individual pensions: the chilean case.	E.E. Vogel, G. Saravia, J. Astete, J. Díaz, F. Riadi (2015).
	Supporting pension pre-calculation with dynamic microsimulation technologies.	Dávid Burka and László Mohácsi (2017)

3.4 Análisis

3.4.1 ¿Qué modelos existen para calcular el fondo acumulado de un sistema de pensiones?

Alonso et al (2014), hacen una crítica al sistema de pensiones en México y abordan el problema en dos dimensiones: profundidad y tiempo. Respecto a la profundidad, ha demostrado a nivel individual, los problemas de cobertura y acceso a una pensión, según las características socioeconómicas del empleo, los ingresos, la educación, el género y la generación a la que pertenece el trabajador. Con respecto al tiempo, los perfiles de las tendencias que podrían presentarse en los diferentes grupos de individuos que se proyectaron en el largo plazo. En base a ello, se diagnostica las condiciones de los sistemas de pensiones hasta 2050. El objetivo principal de este estudio es

desarrollar un modelo de proyección microeconómica y actuarial para simular la cobertura esperada y la tasa de retorno (TR) para el periodo 2012 - 2050, en el marco de un pronóstico demográfico y económico que permitirá un diagnóstico detallado de las condiciones actuales del sistema de pensión. El modelo de proyección utiliza bases de datos con información sobre los perfiles socioeconómicos de casi 4 millones de personas, con 40 variables en el período 2010-2050. los datos se organizan en 60 tipos de individuos representativos, que luego se proyectan siguiendo un modelo de contabilidad generacional basado en el uso de técnicas actuariales y estimaciones macroeconómicas para escenarios de proyección. Estas características permanentes determinarán elementos clave como la tasa de afiliación, la tasa de contribución, el salario de cotización, etc. El modelo también incluye un elemento dinámico: la variable de educación que afecta la probabilidad de contribución, los perfiles de salario y las densidades de contribución. Los autores propusieron el siguiente modelo debido a que prácticamente no existen modelos de proyección para el sistema de pensiones de México que proporcionan simulaciones detalladas de las tasas de cobertura y reemplazo (RR). Aunque la OCDE publica regularmente un análisis exhaustivo del desempeño de los sistemas de pensiones de varios países. Los resultados del modelo revelan el escenario poco prometedor que el sistema de pensiones tiene y seguirá teniendo a largo plazo, con mejoras limitadas en las tasas de cobertura. La posibilidad de obtener pensiones adecuadas se limitará a aquellos que tienen condiciones socioeconómicas con un largo historial de empleo, que de esta manera pueden hacer contribuciones a sus cuentas individuales. Los resultados del escenario base muestran que, en 2050, la cobertura laboral seguirá siendo baja (50% del EAP). Se espera un comportamiento similar para el nivel de cobertura de la pensión de vejez, que apenas cambiará de lo observado actualmente y en 2050 (alrededor del 20%). La situación es peor entre los jóvenes de bajos ingresos, que son los más afectados por los niveles de informalidad, debido a su limitada capacidad de acumulación y actitud ante el ahorro. Es precisamente en este tipo de grupos donde las políticas de incentivos y programas de bienestar social deben enfocar su atención.

En el actual esquema financiero del régimen marroquí, EL GOUMI et al (2016), plantean la necesidad de elegir un modelo matemático adecuado y preciso que gestionan las reservas de los aportantes que son colocadas en el mercado financiero en forma de inversiones. El modelo matemático propuesto combina datos probabilísticos y estocásticos. Para ello usa el modelo matemático del trabajo de Faleh (2011) en donde se propone un modelo de programación estocástica para la distribución estratégica de los activos en un sistema de pensiones, así como el modelo de Mitra (2007) el cual está basado en la inversión de pasivos y la determinación de un fondo de pensiones usando un modelo estocástico lineal. Se presenta un modelamiento estocástico del sistema de pensiones en donde se tiene en cuenta al contribuyente y al pensionario. Dicho modelo ilustra una función útil para la toma de decisiones y un conjunto de restricciones que deben ser cumplidas. En conclusión, el trabajo propuesto brinda un enfoque general para el desarrollo de modelos dinámicos basado en retiros de fondos de pensiones; en el que se tienen en cuenta variables de decisión, funciones de multi objetivos y distintos tipos de restricciones.

Van Soest y Vonkova (2014) plantean un modelo que haga ajustes al sistema de pensiones actuales que permitan mayor flexibilidad para optimizar el uso de las capacidades de los trabajadores mayores, teniendo en cuenta la heterogeneidad en las preferencias y la productividad. En este artículo, se usan datos de preferencia declarada (SP, por sus siglas en inglés) para analizar preferencias de los holandeses respecto a su jubilación anticipada, tardía y gradual, ya que se quiere estimar las preferencias para los planes de pensiones que todavía no existen o a los que muchos trabajadores aún no tienen acceso. Finalmente, se concluyó que un sistema sensibilizado donde las personas pueden jubilarse a cualquier edad entre 60 y 70 años con una tasa de reemplazo de 70% a los 65 años y con recompensas actuarialmente justas para la jubilación posterior, conducirán a una edad promedio de jubilación de aproximadamente 65.1 años, mucho más alta que la jubilación promedio actual en los Países Bajos. Esta edad es sensible a la pensión general: un aumento de todas las tasas de reemplazo en un 10% reduciría la edad promedio de jubilación en aproximadamente 3 meses. También es sensible a las acumulaciones: reduce las compensaciones por jubilarse de manera más tardía y las penalidades por retiro antes del 50% conduciría a una caída en la edad promedio de jubilación de aproximadamente 10 meses.

Belolipetskii y Lepskaya (2018), proponen un modelo matemático para la probabilidad de ruina de un fondo de pensión en un intervalo de tiempo finito. La motivación de los autores se basa en la insuficiencia de efectivo en el presupuesto del Fondo de Pensiones del Estado para financiar las obligaciones de pensión a los pensionistas actuales en Rusia. Asimismo, como dato observan que el número de pensionistas aumenta cada año mientras que la población activa disminuye, lo que genera una carga financiera más pesada para las personas en edad de trabajar. Entre los detalles del sistema de pensiones ruso, podemos mencionar la baja edad de jubilación, la alta proporción de personas con derecho a diversos beneficios, la posibilidad de que los pensionistas que trabajan reciban una pensión, el alto nivel de empleo en la sombra entre la población. El aporte de la investigación es proponer un modelo estocástico de la variación de la composición por edad de los miembros del fondo, que permite describir un fondo de pensiones con cualquier condición de entrada / salida y una composición de membresía arbitrariamente segmentada. Al aplicar los métodos de las matemáticas actuariales, se predicen los flujos financieros futuros del fondo y su dinámica de acumulación. Asimismo, los autores consideran que el fondo de pensiones es un mecanismo financiero que se repone con las contribuciones anuales de los miembros que trabajan (los que se han unido al sistema de pensiones, pero aún están por debajo de la edad de jubilación) y se agota con los pagos de pensiones a los pensionistas. La introducción de varias funciones actuariales (supervivencia, salario, tasa de pago de pensiones prevista, número de miembros de planes de pensiones, costo real actuarial de la anualidad del seguro, nivel de pagos de pensiones) reduce el modelo de operación de fondos de pensiones a dos ecuaciones de saldo - uno para el fondo de los miembros que trabajan (la denominada reserva de obligaciones acumuladas) y el otro para el fondo de jubilados. Cada uno de estos factores especificados como una variable aleatoria afecta el comportamiento no determinista de los recibos y pagos del fondo en el plan de pensiones. Asimismo, los factores aleatorios incluyen el número de miembros que se unen al plan de pensión en el año correspondiente y la mortalidad aleatoria. Se usan como ejemplo el modelado de los procesos de composición por edad. Según los autores, uno de los parámetros clave que tiene un efecto esencial en la estabilidad del fondo de pensiones es la tasa de crecimiento de los salarios τ : hasta cierto punto, actúa en la dirección opuesta en comparación con el rendimiento de la inversión. A medida que aumenta τ , los activos del fondo se agotan más rápidamente y el devengo de las contribuciones es insuficiente para sostener los pagos futuros de las pensiones. Teniendo en cuenta la propuesta del modelo,

la naturaleza estocástica de los flujos financieros de los fondos de pensiones requiere la aplicación de enfoques estocásticos para su análisis. En el marco de la teoría de la probabilidad, los parámetros de la cartera de los fondos de pensiones, así como las fluctuaciones de las variables macroeconómicas, deben tratarse como factores de incertidumbre.

Király y Simonovits al reemplazar los ahorros tradicionales del ciclo de vida con pensiones obligatorias y voluntarias, estos modelos se han vuelto más realistas. Sin embargo, un problema común con estos modelos es que suponen que los individuos tienen una sofisticación extraordinaria para resolver las partes correspondientes de su problema de optimización y la fuerza de voluntad para lograr los resultados.

Kim y Kim (2016), plantean que el sistema público de pensiones (PPS) juega un papel importante como sistema de seguridad social en muchas naciones. En general, este sistema se administra como una obligación legal y, como tal, afecta a casi todos los ciudadanos de un país. Por lo tanto, es natural requerir una supervisión cuidadosa. Los autores proponen un método estocástico para proyectar el fondo de pensiones públicas en el sistema público de pensiones (PPS). Para esto, presentan ecuaciones diferenciales estocásticas para las tres partes: los ingresos por primas, los gastos por beneficios y el proceso del fondo. A partir de estos, muestran que la solución del proceso de fondo agregado es la suma de lognormales, que se aproxima a una log-normal para el resultado analítico. En relación con las estimaciones de parámetros, se implementa la coincidencia de momentos en el primer momento. Los autores exploran sobre el tema para proyectar el monto futuro del fondo con la incertidumbre. En la reflexión de la incertidumbre, ya hay algún intento basado en el enfoque de simulación. Considerando que se toma el enfoque analítico. En el modelo de tiempo discreto, se pasa del caso simple de un período, en el cual se aplica el CLT para la proyección estocástica analítica. La precisión del resultado depende del realizado en el futuro, no es fácil afirmar que el enfoque realizado es mejor que el anterior en el presente. Sin embargo, el enfoque analítico se basa en las líneas máxima y mínima entre todas las sensibilidades plausibles para que sea más consistente con el enfoque principal del método determinista en contraste con el enfoque de simulación anterior. Además, es más eficiente al evitar el proceso de iteración de las simulaciones. Incluso si existen seguramente algunas

limitaciones en los enfoques debido al modelado analítico, las estimaciones de los parámetros y similares, se espera respaldar un resultado más consistente y más eficiente. para la proyección estocástica del PPS.

Fiig y Tolver (2016) plantean un modelo para un fondo de pensiones colectivo con fines de lucro: todos los pagos garantizados, también conocidos como bonificaciones, se incrementan, cuando la proporción de financiación excede un nivel de umbral determinado. En el modelo propuesto, los miembros ingresan y abandonan el fondo en condiciones financieramente justas, aunque esto no siempre se cumpla. El artículo concluye que optimizar el fondo estacionario es una forma correcta de obtener el mejor interés ganado para los miembros de la pensión. El análisis es complejo y se necesita de un modelamiento matemático. Sin embargo, creen que las lecciones aprendidas tienen grandes consecuencias en el mundo real. La lección más simple e importante es que hay un límite de cuánto riesgo puede asumir el fondo, y este límite puede ser sorprendentemente bajo por lo que cuando se excede, el fondo con el tiempo perderá su potencial de bonificación.

Wen-Tsao et al (2018), en este estudio aplica un modelo neutro optimizado, un nuevo método de cálculo evolutivo, para predecir el valor neto de los fondos mutuos nacionales. En primer lugar, los autores recopilan 17 fondos de acciones balanceadas de capital abierto de los sitios web de las compañías nacionales de valores. Los fondos con el valor de eficiencia técnica de 1 y seleccionarán como objetivos de inversión para analizar el rendimiento del fondo mediante el uso de análisis de involucramiento de datos. Un fondo mutuo es una herramienta de inversión que suele ser elegida con gran frecuencia por los inversores. Este tipo de inversiones están asociadas a altos niveles de riesgo, pero también cuentan con un buen retorno por lo que poder contar con un modelo de predicción preciso y adecuado a las necesidades actuales es de vital importancia para los inversores. Por lo que el artículo propone un modelo de predicción para el valor neto de los fondos mutuos basado en el uso de redes neuronales. Para la construcción de dicho modelo se usan tres tipos de redes neuronales de retropropagación (BPN) y para definir la capacidad del pronóstico se usa un modelo de regresión múltiple (MR).

Tema/Tópico	Descripción	Referencia
¿Qué modelos existen para calcular el fondo acumulado de un sistema de pensiones?	A model for the pension system in mexico: diagnosis and recommendations.	Alonso at al (2014).
	The modelling and simulation of the pension system.	Szabó (2017).
	How sensitive are retirement decisions to financial incentives? a stated preference analysis.	Van Soest y Vonkova (2014).
	A mathematical model of pension fund operation and methods of fund stability analysis.	Belolipetskii y Lepskaya (2018).
	Entrance times of random walks: with applications to pension fund modeling.	Jarner y Kronborg (2016).
	The analytic approach for the stochastic projection of the public pension fund.	Kim y Kim (2016).
	Prediction of mutual fund net value based on data mining model.	Pan at al (2018).
	Learning to save in a voluntary pension system: toward an agent-based model.	Király y Simonovits (2018).
	Model for the management of pension fund with deterministic and stochastic parameters.	El Goumi at al (2016).

Tabla 9: Modelos agrupados por categorías

3.4.2 ¿Qué variables se usan para la predicción del fondo acumulado de un afiliado del sistema de pensiones?

En el actual esquema financiero del régimen marroquí los autores – EL GOUMI at al (2016) – plantean la necesidad de elegir un modelo matemático adecuado y preciso que gestionan las reservas de los aportantes que son colocadas en el mercado financiero en forma de inversiones. El modelo matemático propuesto combina datos probabilísticos y estocásticos.

Para ello usa el modelo matemático del trabajo de Faleh(2011) en donde se propone un modelo de programación estocástica para la distribución estratégica de los activos en un sistema de pensiones, así como el modelo de Mitra(2007) el cual está basado en la inversión de pasivos y la determinación de un fondo de pensiones usando un modelo estocástico lineal. Se presenta un modelamiento estocástico del sistema de pensiones en donde se tiene en cuenta al contribuyente y al pensionario. Dicho modelo ilustra una función útil para la toma de decisiones y un conjunto de restricciones que deben ser cumplidas. En conclusión, el trabajo propuesto brinda un enfoque general para el desarrollo de modelos dinámicos basado en retiros de fondos de pensiones; en el que se tienen en cuenta variables de decisión, funciones de multi objetivos y distintos tipos de restricciones.

Según el artículo de Godínez et al (2016), la tendencia para la mejora del sistema financiero es implementar reformas estructurales o cambios en el cálculo de la pensión inicial con el objetivo de reducir el gasto en pensiones. El objetivo de este documento es diseñar un Mecanismo de Saldo Automático (ABM, por sus siglas en inglés) que permita restaurar la sostenibilidad de un sistema PAYG (Pay-As-You-Go, por sus siglas en inglés) en un horizonte de 20 años. Para ello, se utiliza una fórmula logarítmica que minimice la tasa de crecimiento del porcentaje de contribución, la edad de retiro y la indexación en pensiones. Se busca optimizar las rutas de las tres variables a analizar: el porcentaje de contribución, la edad de retiro y la indexación de las pensiones. Finalmente, el artículo propone aplicar el método ABM a diferentes países que han llevado a cabo recientemente reformas paramétricas y evaluar si estas reformas tienen alguna base matemática en el largo plazo usando el marco de referencia propuesto.

Cipriani (2016) tiene un alto interés en los efectos del envejecimiento en el nivel de capital de los estados estacionarios, en la edad de jubilación y en los pagos de las pensiones. Él ha encontrado varios documentos que han analizado los efectos del envejecimiento de la población en modelos de superposición de generaciones (OLG, por sus siglas en inglés). Sin embargo, estos documentos no toman en cuenta la jubilación o la longevidad, y otros

asumen que los salarios y las tasas de interés son fijas. Por lo que el autor plantea un modelo que sensibilice ciertas variables como, por ejemplo, la longevidad. Para ello, el autor considera un modelo OLG, donde las personas viven durante al menos tres períodos. En el primer período, son niños y no se toma ninguna decisión económica. En el segundo período, son adultos y tienen que decidir cuánto consumir y ahorrar para la jubilación. Si sobreviven hasta el último período, tienen que decidir cuánto tiempo dedicar al mercado laboral, la alternativa es la jubilación. Cuando se jubilan, los agentes reciben una pensión financiada por el gobierno que ejecuta un plan de jubilación PAYG. Uno de los principales resultados es que una jubilación óptima aumenta con la longevidad de las personas. También se encuentra que los efectos del envejecimiento en las pensiones pueden no ser negativos si los adultos mayores son libres de elegir su edad de jubilación. Estos resultados son novedosos y diferentes de los obtenidos en modelos donde la jubilación no es endógena. De hecho, para el modelo estándar OLG con pensiones PAYG y jubilación total, Cipriani (2014) muestra que el envejecimiento siempre tiene un efecto negativo en los beneficios de pensión.

Rajevska (2016) presenta un análisis comparativo de los sistemas de pensiones de vejez en Estonia, Letonia y Lituania utilizando un método de simulación retrospectiva ejecutado en un modelo de desarrollo propio. El caso base del modelo es una persona que se jubila en diciembre de 2014 después de 40 años de servicio con un salario promedio nacional. Otras personas con altos ingresos, participantes en planes financiados y simulaciones para fórmulas de valorización de capital nocional modificado. Tres países de estudio obtuvieron resultados muy diferentes, lo que se debe a las diferencias en los diseños de sus sistemas de pensiones.

El Goumi et al (2016) detallan sobre el modelo matemático propuesto que combina datos probabilísticos y estocásticos; así como el uso de los modelos existentes en la bibliografía. Para ello usa el modelo matemático del trabajo de Faleh (2011) en donde se propone un modelo de programación estocástica para la distribución estratégica de los activos en un sistema de pensiones, de la misma manera también se usa el modelo de Mitra (2007) el cual está basado en la inversión de pasivos y la determinación de un fondo de

pensiones en el cual se propone un modelo estocástico lineal donde existen dos funciones objetivas. Para poder estructurar el modelo primero defines sus supuestos e hipótesis, luego declara las variables de decisión junto con la definición de los parámetros determinísticos y estocásticos a usar.

Konicz y Mulvey (2014) dan algunas pautas para las personas con planes de pensión de contribución definida (CD) sobre cómo administrar los ahorros de pensión tanto antes como después de la jubilación. Los autores dentro de la investigación se basan en las siguientes preguntas para proponer un modelo, ¿Cómo pueden las personas saber qué producto es el mejor para ellos? Hay una decisión más que deben tener en cuenta. A saber, ¿qué hacer con los ahorros en caso de su muerte? ¿Desean legar los ahorros a sus herederos, o tal vez comprar un producto de anualidad combinado con una póliza de seguro de vida? ¿Qué nivel de suma de muertes deberían elegir? Argumentamos que las decisiones mencionadas deben diferir para cada individuo y deben tener en cuenta los siguientes factores: (1) características económicas, como el valor actual de la cuenta de ahorros de pensiones, las contribuciones previsionales previsibles (obligatorias y voluntarias) y los ingresos previstos después de la jubilación (por ej. pensión estatal de jubilación), y (2) características personales, como la aversión al riesgo, la expectativa de vida útil, el perfil de pago preferible, el motivo del legado y las preferencias sobre la composición de la cartera. Los autores argumentan que la gestión del ahorro en el plan de pensiones de DC debe tener en cuenta las características económicas y personales, y debe adaptarse a un cliente. El modelo propuesto tiene en cuenta los siguientes factores: Valor actual en la cuenta de ahorros, Primas, Pensión estatal de jubilación, Preferencias personales, Aversión al riesgo, Esperanza de por vida, Perfil de pago.

Godínez et al (2016) explica el objetivo de este documento que es diseñar un mecanismo ABM que permita restaurar la sostenibilidad de un sistema PAYG en un horizonte de 20 años. Se desarrollan dos mecanismos ABM distintos usando técnicas de optimización no lineal para restaurar la sostenibilidad en un horizonte temporal de 75 años. Se busca optimizar las rutas de las tres variables a analizar: el porcentaje de contribución, la edad de retiro y la indexación de las pensiones.

Tema/Tópico	Descripción	Referencia
¿Qué variables se usan para la predicción del fondo acumulado de un afiliado del sistema de pensiones?	Retirement incentives and couple's retirement decisions in brazil	Queiroz y de Souza (2016).
	Aging, retirement, and pay-as-you-go pensions	Cipriani (2016).
	Theoretical old-age pension benefits and replacement rates in the baltic states: a retrospective simulation.	Rajevska (2016).
	Draft of the regional pension scheme functioning simulated in the czech republic.	Bednář y Faltová (2018).
	Optimal strategies for pay-as-you-go pension finance: a sustainability framework.	Olivares at al (2016).
	Model for the management of pension fund with deterministic and stochastic parameters.	El Goumi at al (2016).
	Optimal savings management for individuals with defined contribution pension plans.	Konicz y Mulvey (2014).

Tabla 10: Variables agripados por categorías

3.4.3. ¿Qué herramientas existen para la proyección del fondo de pensiones?

Según el artículo de Godínez at al (2016) la tendencia para la mejora del sistema financiero es implementar reformas estructurales o cambios en el cálculo de la pensión inicial con el objetivo de reducir el gasto en pensiones. El objetivo de este documento es diseñar un Mecanismo de Saldo Automático (ABM, por sus siglas en inglés) que permita restaurar la sostenibilidad de un sistema PAYG (Pay-As-You-Go, por sus siglas en inglés) en un horizonte de 20 años. Para ello, se utiliza una fórmula logarítmica que minimice la tasa de crecimiento del porcentaje de contribución, la edad de retiro y la indexación en pensiones. Se busca optimizar las rutas de las tres variables a analizar: el porcentaje de contribución, la edad de retiro y la indexación de las pensiones. Finalmente, el artículo propone aplicar el método ABM a diferentes países que han llevado a cabo recientemente reformas paramétricas y evaluar si estas reformas tienen alguna base matemática en el largo plazo usando el marco de referencia propuesto.

Para Novickyté y Rabikauskaité (2017) la evaluación de los fondos de pensiones se realiza bajo 2 escenarios: el primero incluye un retorno (o valor agregado) y los indicadores de riesgo; el segundo incluye los indicadores derivados más populares: las relaciones alfa de Sharpe, Treynor y Jensen. Se propone un modelo integral de valoración de fondos de pensiones que no sólo incorpore la explotación de Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM, por sus siglas en inglés), sino que también cubre factores macro y microambientales. Este modelo ayudaría a combinar no solo factores financieros y económicos, sino también para conectar los factores psicológicos y ambientales. Los resultados indican que con base en la metodología del segundo escenario se evaluó con mayor precisión el rendimiento de los fondos de pensiones, pero el modelo de evaluación de fondos basado en la evaluación multicriterio es más apropiado para grupos de fondos más grandes.

Chen (2016) identifica diversas fallas en el sistema actual de pensiones: el gasto público en pensiones compite con otras necesidades de financiamiento público, varios estados pagan menos del 90% de las contribuciones requeridas y que los gobiernos postergan las contribuciones a los sistemas de pensiones cuando enfrentan estrés fiscal. Este estudio adopta el marco de reducción usado por Levine, Rubin y Wolohojian (1981) para examinar las influencias en las condiciones financieras, legislaturas y sindicatos de los gobiernos, sobre las decisiones en los sistemas estatales de pensiones. Los resultados muestran que los cambios en las condiciones financieras a corto y largo plazo de un gobierno estatal tienen diferentes influencias en las decisiones de pensiones, y que las legislaturas y los sindicatos de empleados públicos desempeñan un papel importante que afectan estas decisiones. Sin embargo, el autor también encuentra tres limitantes: la primera es que asume una influencia lineal de la situación financiera en las decisiones, pero esta influencia podría ser no lineal.

Para Stancanelli (2017) es un tema prioritario contrarrestar el envejecimiento de la población y el déficit de las pensiones públicas originados por la reforma de jubilación de 1993 en Francia. Se realiza una estimación del efecto de dicha reforma en las decisiones de empleo de los cónyuges usando la herramienta R Estudio, ya que es probable que los cónyuges tomen decisiones juntos. Se concluye que la reforma afectó las decisiones de jubilación de los cónyuges tanto directa como indirectamente y con efectos negativos, lo que llevó a las personas a posponer la jubilación. Descuidar las interacciones conyugales

subestimar el efecto total de la reforma en las decisiones de jubilación. De ello se deduce que, al diseñar reformas de política, las interacciones conyugales también pueden deberías ser consideradas.

Klerk (2017) considera la situación que enfrenta un individuo específico en un contexto sudafricano en el momento de la jubilación: o bien acepta una pensión fija garantizada de por vida (renta vitalicia) de su empleador o retirar el monto del capital e invertirlo en una llamada anualidad vitalicia. La decisión parece engañosamente simple, pero de hecho es altamente dependiente de la incertidumbre asociada con cada una de las alternativas. Por ello, el autor desarrolla un modelo requerido para capturar las características clave del problema y analizarlo para identificar el curso de acción preferido. Dado que se trata de una decisión personal, la evaluación subjetiva del individuo de las incertidumbres y el apetito por el riesgo se capturan y utilizan en el análisis. El propósito del autor en el documento es ilustrar el uso de herramientas de toma de decisiones para informar una decisión compleja caracterizada por la incertidumbre y el riesgo, como se encuentra a menudo en la gestión de la tecnología, en lugar de una función de valor de múltiples atributos. Basado en el análisis, la elección preferida para el que toma las decisiones se identifica a aceptar la pensión garantizada. el autor propuso un modelo de decisión para integrar la información de la sección anterior en una estructura única. El software de análisis de decisión se usó para poder proyectar características del individuo dentro de la población obteniendo resultados con variables similares y una tendencia que obtuvo una probabilidad del 84%.

Tabla 5: Herramientas agrupados por categorías.

Tema/Tópico	Descripción	Referencia
¿Qué herramientas existen para la proyección de un fondo de pensiones?	Couple's retirement under individual pension design: a regression discontinuity study for france.	Stancanelli (2017).
	The evaluation of the ii pillar pension's funds: an integrated approach using multi-criteria decision methods.	Novickytė y Rabikauskaitė (2017).
	Understanding decisions in state pension systems: a system framework.	Chen (2016).
	Decision making under uncertainty and risk: a retiree's perspective on choosing between pension options.	Klerk (2017).
	Information fusion-based meta-classification predictive modeling for etf performance.	Oztekin (2016).
	Information theory as a tool to improve individual pensions: the chilean case.	Vogel at al (2015).
	Supporting pension pre-calculation with dynamic microsimulation technologies.	Burka y Mohácsi (2017).

En el presente capítulo se definen los conceptos principales relacionados con el proyecto: conceptos sobre fondo de pensiones, modelos de proyección y definiciones sobre machine learning. La problemática de este proyecto está centrada en el fondo privado de pensiones de las AFP y su metodología actual, por lo que se definirán conceptos relacionados. Debido a que el proyecto está enfocado en el uso de plataformas tecnológicas de análisis de predicción se definirán conceptos sobre tecnologías de información que usan técnicas de machine learning y herramientas de cloud computing; asimismo, se definirán conceptos sobre proyección matemática, financiera o estadística. De tal forma que se abordan las tres aristas esenciales mencionadas al inicio de este párrafo para un desarrollo completo y holístico del proyecto.

4.1 Fondo de Pensiones

Es un fondo acumulado de activos financieros que se establece por acuerdo entre el contribuyente o afiliado y una entidad financiera administradora de fondo de pensiones. Dicho acuerdo tiene dos fines: por un lado, administrar la inversión del fondo mientras el afiliado aporte periódicamente hasta que cumpla un mínimo de 65 años y por otro lado brindar una pensión al afiliado cuando llegue al final de sus años de trabajo.

El esquema previsional peruano se divide entre el Sistema Nacional de Pensiones y el Sistema Privado de Pensiones. Mientras el primero otorga una pensión de sobrevivencia más gastos en sepelio, el segundo otorga una pensión de jubilación e invalidez (si es que se diera el caso). El presente proyecto se enfoca en este último por lo que a continuación se expondrán todos los elementos que intervienen en este tipo de sistema de pensiones.

Las entidades privadas encargadas de administrar los fondos de pensiones son las denominadas AFP cuyo objetivo es asegurar una calidad de vida similar a la que lleva una persona durante sus últimos años de trabajo antes de optar por una AFP a través de prestaciones de jubilación, invalidez, sobrevivencia y gastos de sepelio. El afiliado tiene la opción de elegir más de un tipo de fondo eligiendo el que aparentemente se ajusta más a su realidad y conveniencia. Son cuatro los tipos de fondos administrados por las AFP:

- Fondo cero o Fondo de Protección de Capital: Orientado a un perfil muy conservador, a corto plazo, de riesgo muy bajo y dirigido a personas en su etapa de jubilación (65 años o más). Actualmente este fondo no se encuentra activo.
- Fondo uno o Conservador: Orientado a un perfil menos conservador, a corto plazo, de bajo riesgo y dirigido a personas que están próximas jubilarse (60 años en adelante).
- Fondo dos o Fondo Mixto: Orientado a un perfil más balanceado y menos conservador, a largo plazo, de riesgo medio y dirigido a personas que están dispuestas a asumir un mayor riesgo (45 a 60 años).
- Fondo tres o Fondo Crecimiento: Orientado a un perfil de alto crecimiento, a largo plazo, de alto riesgo y dirigido a jóvenes dispuestos a asumir mayores variaciones en la rentabilidad (hasta los 45 años).

Finalmente, la cobertura en materia de pensiones brindadas por el sistema privado no es más que un beneficio monetario recibido a partir de los 65 años luego de haber concluido la actividad laboral y sin la condición de haber aportado durante un período mínimo. El cálculo de este se basa en los aportes realizados en la rentabilidad generada en la cuenta individual de capitalización (CIC). Los tipos de Pensión de Jubilación son los siguientes:

- **Retiro Programado:** Modalidad que es pagada con los recursos acumulados del CIC y que se recalcula anualmente para que el fondo crezca. De la misma manera la pensión mensual también se recalcula anualmente de acuerdo con el saldo actual, tu expectativa de vida y el número de beneficiarios en caso de fallecimiento.
- **Renta Vitalicia Familiar:** Modalidad en la que el beneficiario traslada el dinero de su cuenta a una compañía de seguros la cual tiene la obligación, bajo contrato, de otorgarle una pensión mensual vitalicia hasta su fallecimiento.
- **Renta Temporal con Renta Vitalicia Diferida:** Modalidad que combina una renta otorgada por una AFP y una Renta Vitalicia Familiar otorgada por una compañía de seguros: se genera una renta temporal administrada por la AFP desde que se inicia la jubilación hasta un tiempo determinado para luego recibir una pensión mensual vitalicia hasta el fallecimiento. Para ello el jubilado traslada una parte del dinero de su cuenta a una compañía de seguros que es quien le hace el contrato.
- **Renta Mixta:** En esta modalidad se contratan dos pensiones mensuales a la vez: Renta Vitalicia, en dólares, a cargo de una compañía de seguros; y un Retiro Programado, en nuevos soles, con alguna AFP.
- **Renta Combinada:** Modalidad compuesta por una Renta Vitalicia Familiar, en nuevos soles, contratada por una compañía de seguros; y un Retiro Programado, en nuevos soles, con alguna AFP.

4.2 Cloud Computing:

4.2.1 Definición

P. Mell and T. Grance (2011) señalan que la computación en la nube es un modelo que permite el acceso de red On-Demand a un grupo compartido de recursos informáticos (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden proveer y liberar rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios. Este modelo de nube promueve la disponibilidad y se compone de cinco características esenciales, tres modelos de servicio y cuatro modelos de implementación.

S. Roschke (2011) indica que la computación en la nube tiene tres capas de abstracción básicas, es decir, la capa del sistema (que es una abstracción de máquina virtual de un servidor), la capa de plataforma (un sistema operativo virtualizado de un servidor) y la capa de aplicación (que incluye aplicaciones web).

IBM (2018) define Cloud Computing como la entrega de servicios de computación bajo demanda todo, desde aplicaciones a centros de datos a través de internet en una base de pago por uso.

4.2.2. Características

- **Auto-servicio por demanda:** Los clientes pueden solicitar y administrar los servicios desde la nube sin interacción humana con el CSP. La provisión de los servicios y los recursos asociados se realiza cuando sea necesario. Esto generalmente se hace a través de servicios web e interfaces de administración.
- **Acceso amplio desde la red:** Los servicios y las aplicaciones y datos del cliente presentes en la nube deben ser accesibles para los clientes utilizando los mecanismos y protocolos estándar.
- **Conjunto de recursos:** Los recursos de la nube se comparten entre varios clientes al agruparlos en un entorno de múltiples inquilinos. Los clientes son transparentes sobre la ubicación de los recursos. Hay un mapeo entre los recursos físicos y virtuales proporcionados a los clientes.

- **Rápida elasticidad:** Los recursos se pueden escalar rápida y elásticamente según las demandas del cliente. El cliente tiene una vista de recursos ilimitados que se pueden comprar según sea necesario en forma de pago por uso.
- **Servicio medido:** La ampliación de los recursos hacia arriba y hacia abajo se realiza de forma dinámica y el uso de los servicios se mide y se informa al cliente y al CSP. La medición también ayuda a la optimización del uso de los recursos automáticamente, mientras que a los usuarios se les cobra en una forma de pago por uso.

4.2.3 Tipos de Enfoques: []

- **SaaS**

La capacidad que se brinda al consumidor es el aprovisionamiento de procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos fundamentales donde el consumidor puede implementar y ejecutar software arbitrario, que puede incluir sistemas operativos y aplicaciones. El consumidor no administra ni controla la infraestructura de nube subyacente, pero tiene control sobre los sistemas operativos, el almacenamiento, las aplicaciones implementadas y posiblemente el control limitado de componentes de red seleccionados (por ejemplo, firewalls de host)

- **PaaS**

PaaS se refiere a aplicaciones creadas por un lenguaje de desarrollo alojado por el proveedor de servicios en la nube en una infraestructura en la nube. En comparación con SaaS donde la aplicación ya existe, y generalmente es propiedad del proveedor de la nube, PaaS ofrece la posibilidad de crear y modificar aplicaciones. Es una consecuencia del modelo de entrega de aplicaciones SaaS.

- **IaaS**

Se refiere a la infraestructura de hardware proporcionada por el CSP, incluida la red, el almacenamiento, la memoria, el procesador y varios otros recursos informáticos. Los recursos se proporcionan en forma de sistemas virtualizados accesibles a través de Internet. El CSP tiene un control sobre los recursos subyacentes.

4.2.4 Tipos de Cloud:

- **Nube Privada**

La infraestructura de la nube opera exclusivamente para una empresa. Puede ser administrado por la empresa y/o un tercero y puede existir dentro o fuera de las sedes donde se ubican. Solo personal de la empresa y/o terceros autorizados acceden a la infraestructura de la nube. El propósito no es ofrecer servicios en la nube al público en general, sino servir a una sola empresa.

- **Nube Pública**

La infraestructura de la nube está disponible al público en general y es propiedad de una organización que vende servicios en la nube. En las nubes públicas, los recursos se ofrecen como un servicio a través de una conexión a Internet, por una tarifa de pago por uso. Los usuarios pueden escalar su uso a pedido y no necesitan comprar hardware para usar el servicio. Los proveedores de la nube pública administran la infraestructura y agrupan los recursos en la capacidad requerida por sus usuarios.

- **Nube Híbrida**

Las nubes híbridas son una solución compleja a diferencia de los otros modelos de implementación, ya que están compuesto de dos o más nubes (privadas o públicas). Cada modelo sigue siendo una entidad independiente, pero está vinculado a otros a través de tecnología estandarizada que permite la portabilidad de aplicaciones y datos entre ellos.

Figura 3: Tipos de tecnología cloud

4.2.5. Formas de Pago

1. Pago por uso

- Cantidad de información transmitida.
- Por unidad de información almacenada.
- Unidad de procesamiento.

4.2.6 Ventajas

Flexibilidad

- **Escalabilidad**

Capacidad de la nube de adaptarse a las necesidades del usuario final.

- **Opciones de almacenamiento**

Los usuarios pueden elegir soluciones en base al tipo de nube público, privado o híbrido, en función de las necesidades de seguridad y otras políticas de la organización.

- **Opciones de control**

Las organizaciones pueden determinar su nivel de control con opciones como servicio, las cuales incluyen software como servicio (SaaS), plataforma como servicio (PaaS) e infraestructura como servicio (IaaS).

- **Características de seguridad**

Cloud privado virtual, cifrado y claves de API ayudan a proteger los datos.

Eficiencia

- **Accesibilidad**

Las aplicaciones en la nube y los datos son accesibles de cualquier dispositivo conectado a Internet.

- **Seguridad de datos**

Los fallos de hardware no provocan pérdida de información en base a los SLAs acordados con el proveedor de la nube.

- **Ahorro en el equipo**

Se utiliza recursos remotos, de esta manera las organizaciones se ahorran el costo en infraestructura.

- **Estructura de pago**

Una estructura de pago “utility” significa que los usuarios solo pagan por los recursos que utilizan (costo por uso).

4.3. Herramientas de Machine Learning

A continuación, se explicarán los conceptos claves para entender el motivo del uso de herramientas de machine learning en nuestro proyecto. Se comenzará con la definición de lo que es machine learning y sus distintos enfoques; asimismo, se detallarán los campos o áreas de estudio en los que se suelen aplicar soluciones basadas en este tipo de herramientas y por último se mencionan los servicios en la nube que ofrecen este tipo de capacidades inteligentes.

Inteligencia Artificial

Definición según John McCarthy

Considerado el padre de la inteligencia artificial, fue un informático estadounidense que en el año 1956 acuñó el término. Fue un prominente informático que recibió el Premio Turing en 1971 por sus importantes contribuciones en el campo de la Inteligencia Artificial. De hecho, fue el responsable de introducir el término “inteligencia artificial”:

“Este estudio procederá sobre la base de que todos los aspectos del aprendizaje o de rasgo de la inteligencia pueden, en principio, ser descritos de una forma tan precisa que se puede crear una máquina que los simule”.

La noción de proyección se emplea de distintas maneras. En este caso, nos interesa su acepción como aquella planificación o previsión que se lleva a cabo en ciertos contextos. Financiero, por su parte, es lo que está vinculado a los negocios, los bancos y la bolsa.

Estas definiciones nos permiten comprender la noción de proyección financiera. Se trata del análisis que se desarrolla para anticipar cuáles serán las eventuales ganancias o pérdidas de un proyecto comercial. A partir de una proyección financiera, un empresario o un emprendedor cuentan con información valiosa para tomar decisiones sobre sus negocios.

Para poder llevar a cabo una proyección financiera, es importante que la persona en cuestión proceda a analizar a fondo y a estudiar aspectos tales como estos:

- La situación del mercado.
- La empresa en general y a fondo, destacando elementos tales como su capacidad de producción, sus fortalezas y debilidades...
- Es importante establecer el periodo de tiempo en el que se va a acometer la mencionada proyección.
- Hay que estimar, económicamente hablando, el proyecto que se quiere desarrollar. Es decir, hay que tener en cuenta tanto gastos como posibles beneficios, el flujo de efectivos...
- En el caso de que el proyecto consista en fabricar algún elemento en cuestión, es imprescindible que se obtenga el cálculo de margen por unidad.
- Se debe acometer una proyección de ventas.

Además de todo eso, los expertos en estas lides aconsejan a quienes van a realizar una

proyección financiera en pro de poner en marcha una iniciativa que pidan a sus posibles inversores un 25% de lo que son los gastos previstos, para hacerle frente a cualquier imprevisto, y que siempre tengan los pies en la tierra.

La proyección financiera permitirá determinar cuál es el nivel de gastos que puede soportar el negocio, qué monto es conveniente invertir para su desarrollo y cuándo el negocio en cuestión sería rentable si se cumplen las expectativas de ventas, por ejemplo. Los resultados de la proyección incluso podrían indicar que no es conveniente llevar a cabo el negocio.

4.4. Big Data

Google hace público un documento sobre un nuevo método para procesar grandes volúmenes de datos (Dean & Ghemawat). Este método, llamado MapReduce se basa en la distribución de procesamiento de datos entre nodos. Este método sería usado después para el proyecto Hadoop, de Apache. Este proyecto se convertiría en un referente para el tratamiento del Big Data.

Big Data se pueden definir por el gran volumen de datos generados, en tiempo real, de varias fuentes digitales como sensores, teléfonos inteligentes, redes sociales y otros. Estos datos pueden tener muchos tipos diferentes como videos, audio, imágenes, texto, etc. Varios investigadores se definen como "Big Data" por su volumen, velocidad y variedad (definición de 3V).

Es decir, respectivamente el tamaño de los datos es grande, los datos se crearán rápidamente y los datos se recopilarán en múltiples tipos y se capturarán de diferentes fuentes:

- Volumen: denota la gran cantidad de datos que se genera en cada segundo desde diferentes fuentes.
- Velocidad: mide la velocidad a la que se pueden recopilar, analizar y explotar los datos.
- Variedad: significa que los datos entrantes pueden tener diferentes tipos: estructurados, semiestructurados, no estructurados y multiestructurados.
- Valor: los datos útiles entre este gran volumen de datos

- Veracidad: denota la exactitud y exactitud de los datos. Además, según la investigación de S. S. Owais and N. S. Hussein (2016) se abordan otras cuatro características de Big Data para construir 9V:
- Variabilidad: se refiere a datos cuyo significado cambia constantemente.
- Validez: significa que los datos son correctos y precisos para el uso previsto.
- Volatilidad: significa cuánto tiempo necesita la empresa para almacenar datos.
- Visualización: presentación de datos de manera legible y accesible para una mejor toma de decisiones. En resumen, los Big Data son masivos y se expanden rápidamente, pero también son ruidosos, desordenados, cambian constantemente, en cientos de formatos y son prácticamente inútiles sin análisis y visualización.

En 2014, Apache lanza Spark, un proyecto que trata de reemplazar Hadoop, mejorando algunos problemas técnicos. Esta herramienta es muy potente y ampliamente usada para el procesamiento de datos.

En la siguiente figura, podemos ver una línea de tiempo de las tecnologías Big Data, desde 2002 hasta 2018.

Figura 4: Línea de tiempo de las tecnologías Big Data

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo, se describen los entregables desarrollados para la implementación del proyecto. Estos explican el análisis previo al diseño y el desarrollo del modelo tecnológico. Se detalla el análisis e investigación que sirve de base para la elección de la plataforma Cloud, se describe brevemente la arquitectura a usar para la implementación de la aplicación, el diseño de la aplicación y el plan de continuidad del proyecto. Este documento empieza detallando un análisis contextual de la problemática encontrada. Finalmente, se propone y diseña un modelo tecnológico para el análisis predictivo que con ayuda de un aplicativo móvil permite obtener los resultados de la proyección. Dichos resultados permiten evaluar y validar nuestra propuesta.

5.1 Análisis del Contexto del Proyecto

5.1.1 Descripción

En esta sección, se identifican las situaciones que generan necesidades o problemas en la sociedad, así como las oportunidades de mejora, para luego proponer una solución basada en el uso de tecnologías de información.

5.1.2 Análisis del negocio

5.1.2.1 Descripción

La propuesta es el desarrollo de una solución analítica para la predicción del fondo AFP usando herramientas y técnicas de machine learning con el fin de dar una proyección muy cercana del fondo acumulado al cual puede aspirar un afiliado cuando llegue el momento de su jubilación.

5.1.2.2 Antecedentes

El Sistema Privado de Pensiones (SPP) se implementó debido a reformas estructurales y desde su creación ha tenido un rol primordial en el mercado de capitales. Las administradoras de fondos de pensiones (AFP) en el Perú juegan un papel muy importante en el ahorro previsional. Los afiliados realizan aportes en cuentas de capitalización individual, los fondos captados son administrados constituyéndose para tal fin fondos de inversión gestionados profesionalmente. A cambio, los afiliados pagan una comisión de gestión mensual.

Sin embargo, los afiliados que aportan mensualmente a una cuenta individual gestionados por la AFP sienten una gran preocupación esperando que cuando se jubilen, tengan que vivir de sus ahorros y éstos estén por debajo de lo que han venido aportando durante su etapa laboral. Esta preocupación demuestra que los actuales afiliados no tienen una noción real de cuál es la pensión a la que pueden aspirar con los ahorros de toda la vida. Asimismo, el Perú es uno de los países de Latinoamérica con mayor porcentaje de población que no tiene información acerca de la pensión que recibirá al momento de jubilarse. Según un estudio de Sura (2017), el 76%

de los peruanos desconoce cuál será el monto de esa pensión.

5.1.2.3 Descripción del Problema

Los afiliados al sistema de pensiones AFP tienen conocimiento limitado de la pensión real a la que pueden llegar en base a sus aportes mensuales al momento de jubilarse.

5.1.2.4 Oportunidades de Mejora

Para la Superintendencia de Banca y Seguros (SBS), existen oportunidades de mejora a considerar en su metodología de cálculo actual:

N°	OPORTUNIDADES DE MEJORA
1	Metodología de cálculo compleja para el entendimiento del afiliado.
2	Los factores que rigen el cálculo del fondo son muy estándares a la realidad de un individuo en particular.
3	El acceso oficial a la información de las AFP muestra sólo resultados.
4	Los parámetros usados por la SBS son muy generales y considera a todos como iguales.

Tabla 11: Oportunidades de mejora

Cada una de estas oportunidades encontradas se están tomando en cuenta para analizar las herramientas o tecnologías adecuadas que permiten una correcta predicción del fondo de pensiones mucho más cercano a la realidad de cada afiliado, asimismo, respetando las normas legales de seguridad y protección de datos. La propuesta tiene en cuenta un plan de continuidad que permite al modelo ser adaptable para distintos países.

5.2 Análisis de Tecnologías Cloud

5.2.1 Descripción

En esta sección se realiza un análisis comparativo de diferentes proveedores cloud así como de servicios de machine learning. Los criterios de éxito para la elección

ya están definidos y con ello se pretende lograr que el proyecto use la tecnología más adecuada, responda con resultados correctos al afiliado y asegure la continuidad del proyecto en el tiempo.

5.2.2 Análisis de proveedores cloud

5.2.2.1 Proveedores cloud

Proveedor	Plataforma	Compuesto de los siguientes grupos de servicios:
IBM	Bluemix	Virtual server, Watson assistant, Watson Machine learning, VMware services, IBM Cloud Functions, Cloud Foundry, Contenedores, Gestión de redes, Almacenamiento, AI(Artificial Intelligence), Analytics, Bases de datos, Herramientas de Desarrollo, Integración, IOT(Internet of things), Seguridad e identidad, Kits de iniciador, Web y móvil, Web y aplicación, Infraestructura, Datacenters virtuales.
Microsoft	Azure	Máquinas virtuales, Storage, Azure SQL Database, App Service, Azure Cosmos DB, Machine Learning, Azure Kubernetes Service, Functions, Cognitive Services, Blockchain Workbench.
Amazon	Amazon Web Services	Computación, Almacenamiento, Base de datos, Redes y entrega de contenido, Herramientas de Desarrollo, Herramientas de administración, Machine Learning, Análisis, Seguridad e identidad, Servicios móviles, RA y RV, Integración de aplicaciones, Interacción con clientes, Productividad empresarial, Streaming de aplicaciones, Software, Desarrollo de videojuegos,

		Administración de costos.
Google	Google Cloud	Compute, Almacenamiento y base de datos, Cloud AI, Big Data, Plataforma y ecosistemas API, Identidad y seguridad, Transferencia de datos, Herramientas de gestión, Herramientas de Desarrollo, IOT, Servicios profesionales, Redes, Herramientas de productividad.

Tabla 12: Proveedores de Tecnología Cloud para el desarrollo de soluciones

Benchmarking:

Terminos	Valor Ordinal	Medición del Valor
Muy Pobre	0	<Min
Pobre	1	Min
Justo	2	Th
Bueno	3	Max
Muy Bueno	4	>Max
Sin Valor	NA	Sin Datos

SLA			PROVEEDORES CLOUD			
Criterios		Peso	Bluemix	Azure	AWS	Google
C1	Disponibilidad	20%	4	3	1	3
C2	Confiabilidad	25%	2	4	3	4
C3	Rendimiento	10%	1	3	4	3
C4	Costo	10%	2	3	2	2
C5	Seguridad	25%	1	1	3	1
C6	Interfaz	5%	2	4	4	2
C7	Framework	5%	2	NA	NA	2
Total		100%	14	18	17	17

Tabla 13: Benchmarking de proveedores cloud

De acuerdo con el análisis realizado, la tecnología que más se adapta a los criterios considerados por nuestra investigación de acuerdo a su peso en porcentajes es Microsoft Azure, con la cual se realiza el desarrollo de la solución debido a su mejor nivel de automatización y optimización de recursos en la entrega de servicios.

5.2.2.2 Herramientas cloud de machine learning

Plataforma	Servicio(s)	Algoritmos y métodos de modelado:
Amazon Web Services	Amazon ML	Los usuarios pueden traer sus datos a algoritmos preconstruidos, que incluyen: regression, clasificación binaria y clasificación multiclase.
Google Cloud	Google Cloud ML	Los usuarios pueden construir sus propios modelos desde cero o usar modelos preestablecidos que admitan estas aplicaciones: análisis de video, análisis de imagen, reconocimiento de voz, análisis de texto y traducción.
Bluemix	IBM Watson ML	Los usuarios pueden construir sus propios algoritmos en cualquier idioma a través de conectores REST API. Los enlaces a la biblioteca de algoritmos de aprendizaje automático MLib de Apache Spark se planifican a través de la plataforma de entorno de trabajo Data Science Experience de IBM.
Azure	Microsoft Azure ML	Los usuarios pueden traer sus datos a algoritmos preescritos, que incluyen: árbol de decisión impulsado y escalable, sistemas bayesianos, redes neuronales, árbol de decision, clasificación y regresión.

Tabla 14: Proveedores de herramientas cloud de machine learning

Benchmarking:

	Amazon ML	Azure ML Studio	Google Cloud ML	IBM Bluemix
Clasificación	SI	SI	SI	NO
Regresión	SI	SI	SI	SI
Clustering	NO	SI	SI	SI
Detección de anomalía	NO	SI	SI	NO
Recomendación	NO	SI	SI	NO
Ranking	NO	SI	SI	SI
Algoritmos	Desconocido	Más de 100 algoritmos y módulos.	Basado en TensorFlow	Basado en IBM Watson
Frameworks	NO	NO	TensorFlow	IBM Watson
Interfaz Gráfica	NO	SI	NO	NO
Nivel de automatización	Alto	Bajo	Bajo	Bajo

De acuerdo al análisis realizado, de los cuatro proveedores comparados el proveedor que más puntaje obtuvo fue Microsoft Azure con su servicio Microsoft Azure Machine Learning. Esta elección se fundamenta en que este servicio entrega mayor control en el desarrollo del modelo de predicción lo cual deviene en un mejor rendimiento para la fase de validación y prueba de resultados.

5.3 Modelo Analítico

5.3.1 Descripción

En esta sección, se describe el diseño del modelo analítico para la proyección del fondo AFP basado en el uso de la tecnología cloud y técnicas de machine learning.

5.3.2 Diseño del modelo

5.3.2.1 Descripción

El modelo tecnológico para este proyecto se desarrolla en base a investigación en paper, así como, investigación de metodologías para el análisis predictivo. Asimismo, se usaron modelos de proyección aplicados en las finanzas y en la valoración de distintos tipos de fondos (fondos mutuos,ETF,etc).

Figura 5: Modelo analítico para el cálculo de la valoración del fondo del acumulado del afiliado en el sistema privado de pensiones

5.3.2.2 Fases del Modelo

El modelo se divide en 9 fases. Primero se obtienen los datos ingresados por parte del afiliado, los cuales sirven como inputs o datos maestros para el inicio y gestión de la data almacenada. Luego se procede con la carga de la información en colecciones de datos para hacer uso de herramientas de análisis y machine learning en la nube y generar la construcción del modelo de predicción. Finalmente, se visualizan los resultados y se generan servicios web que serán consumidos por la aplicación. Todo este proceso cuenta con soportes de “Seguridad y Privacidad de datos”, “Obtención y Gestión de datos” y “Gestión de Ciclo de Vida de datos”.

- **Datos de entrada**

El usuario hace uso de un formulario web para ingresar de manera manual información relevante y personal, como, por ejemplo: su

número de identidad (DNI), salario actual, universidad de procedencia, empresa donde laboral, cargo actual, etc. Para ello se usa cualquier dispositivo con acceso a internet y que haga uso de algún navegador web.

- **Gestión de datos**

Aquí comienza la etapa de transformación: en esta fase comienza la obtención de los datos de entrada los cuales se consolidan junto a una base de datos AFP la cual ha sido cargada previamente. Al manejar data estructurada, se procede a validar y limpiar datos erróneos, inexactos, vacíos, nulos, etc., para luego agrupar, organizar y cruzar información relevante que cuente con los parámetros adecuados el proceso de análisis. Todas estas actividades se realizan con métodos tradicionales de gestión de bases de datos.

- **Almacenamiento**

En esta fase se carga la data adquirida de la fase anterior con toda la información histórica de los afiliados y los datos recién ingresados. Se seleccionan los atributos a considerar y se genera un warehouse en la nube la cual está disponible para ser procesada.

- **Machine learning & Analytics**

Fase que se encarga del entrenamiento de la data y uso de herramientas de análisis. Se generan nuevos conjuntos de datos que son procesados y ejecutados por los servicios de machine para obtener las predicciones. Si los resultados son acordes a lo requerido se obtienen servicios web que son usados por otras herramientas en la siguiente fase. De no darse los resultados esperados se procede a volver a entrenar los datos y reiniciar el proceso de análisis.

- **Visualización**

Se hace uso de herramientas BI (Business Intelligence) para crear los

reportes a partir del servicio web generado en la fase anterior. Las gráficas obtenidas a manera de reportes, estadísticas, informes, etc.; son integrados y usados en cualquier dispositivo móvil que use algún navegador web. Esto permite visualizar los resultados finales y, de ser necesario, calibrar o ajustar la gestión de datos en las primeras fases con el fin de realizar un monitoreo constante.

- **Datos de salida**

Finalmente, en esta fase se consumen los servicios web o APIs generados por las herramientas gráficas de BI y se muestran en distintos dispositivos móviles. Los resultados a mostrar son: el monto de fondo acumulado una vez que empiece su jubilación, el porcentaje de certeza de la predicción, así como reportes, estadísticas y dashboards.

- **Seguridad y privacidad de datos**

Al usar datos muy personales del afiliado como datos de entrada se deben tener en consideración los siguientes aspectos normativos:

- Normativas regulatorias
- La ISO 27001 – Sistema de gestión de la seguridad de la información
- Protección de datos sensibles

- **Obtención y gestión de datos**

Como parte de un proceso de mantenimiento de datos que soporte el proceso analítico de la primera fase es necesario realizar las siguientes actividades:

- Adquisición de datos
- Preparación de datos
- Persistencia de datos
- Disponibilidad de datos

- **Gestión de ciclo de vida de los datos**

Con el fin de asegurar un correcto análisis predictivo y obtener resultados no muy alejados a la realidad, el ciclo de vida de datos

está conformado por:

- Generación de data
- Recolección
- Procesamiento
- Almacenamiento
- Gestión de datos
- Análisis
- Visualización
- Interpretación

5.4 Servicios y Herramientas

5.5 Diseño de la solución

5.5.1 Desarrollo de los prototipos de diseño

Inicio de sesión

Nombre de la Aplicación: App AFP

Logo: Se diseñó de acuerdo con el uso principal del usuario

Pantalla de Inicio de la Aplicación, el usuario podrá ingresar con su correo electrónico y una contraseña previo registro en el proceso de creación de su cuenta personal.

La aplicación tendrá tres botones los cuales tendrá la funcionalidad de:

Figura 6: Pantalla de inicio de sesion

Figura 7: Pantalla de registro

En la opción “Regístrate”, se muestran todas las opciones de ingreso de datos:

Nombre (Solo se admitirán letras y ciertos caracteres como el “-”)

Apellidos (Solo se admitirán letras y ciertos caracteres como el “-”)

CCSU: Identificación único del afiliado en el sistema privado de pensiones.

Correo electrónico (Se registra un correo electrónico el cual será usado para ingresar a la aplicación)

Contraseña (Se admiten mínimo 6 caracteres y que se ingrese mínimo 1

Figura 8: Pantalla de logueo

Si el usuario no recuerda su contraseña, ingresará a la opción de “¿Olvidaste tu Contraseña?”

La cual abrirá una ventana donde el usuario tendrá que ingresar su correo para que se le envíe un link para la recuperación o ingreso de una nueva contraseña.

Figura 9: Pantalla de inicio de perfil

En la pantalla de inicio:

- En la pantalla de inicio se muestra información detallada del afiliado sobre las variables que se usaran en el cálculo de la proyección del saldo:
- Información del salario que actualmente recibe mes a mes en la empresa donde labora, si es dependiente o aportes voluntarios si es independiente.
- Información del cargo que ocupa actualmente en la empresa donde labora.

Figura 10: Pantalla de datos de usuario

- Información de la edad del usuario,
- Lugar de procedencia del afiliado donde actualmente reside (Lima o provincia).

Figura 11: Pantalla de modificación de datos

En la pantalla de Opciones, se muestran aquellas que el usuario podrá ingresar:

- **Inicio** (Se Desplegará la pantalla de Inicio)
- **Perfil** (Se desplegará a la pantalla perfil en la cual se detalla los datos personales básicos del usuario)
- El afiliado podrá modificar todos los variables personales que ayuden a proyectar el fondo acumulado de la persona a sus 65 años.
- Los resultados de la proyección dependen de la información que el afiliado ingrese en la aplicación,

En la siguiente pantalla se visualiza.

- Monto total del fondo acumulado desde la edad actual hasta la edad proyectada mes a mes.
- Información anual o mensual de la valoración del fondo en cada fecha personalizada del usuario.
- Pensión a recibir mes a mes en la edad de jubilación y edad proyectada.

Figura 12: Pantalla de visualización de resultados

- En la pantalla de visualización se muestra lo siguiente:
- Pensión que actualmente recibe y pensión que tendrá cuando tenga en un intervalo superior de la proyección,
- Valoración del fondo anual.
- Fondo acumulado a los 65 años o edad determinada por el afiliado.

Figura 13: Pantalla de datos estadísticos del usuario

- En la siguiente imagen se ve un gráfico cronológico de como el fondo de cada afiliado aumenta en base a los aportes del sueldo o disminuye un porcentaje en base a la rentabilidad que genere cada cartera y en base al modelo de machine Learning.
- Para el caso del proyecto la rentabilidad se considera flat.

- En la siguiente pantalla, el afiliado podrá simular el fondo total acumulado en el sistema de pensiones en base a variables únicas de cada afiliado.

Figura 14: Pantalla de simulación del usuario

En la pantalla Perfil:

- Se muestra de texto campos a completar por el usuario. De igual manera se puede agregar una imagen (foto personal) que lo identifique como dueño de su información.
- Al terminar de registrar sus datos en la parte inferior derecha se ubica un botón el cual sirve para guardar su información. Si el usuario desea modificar sus datos lo puede realizar haciendo clic sobre el mismo.

CAPÍTULO 6 RESULTADOS DEL PROYECTO

El presente capítulo permite detallar los resultados del proyecto durante su desarrollo. Asimismo, se muestra un análisis y se compara con la información obtenida al finalizar la implementación. Con ello, se evidencia que el empleo de la tecnología permitió tener una proyección más acertada en base a variables personalizado de acuerdo con las características de cada afiliado.

6.1 Introducción

En el Perú, los aportes en fondos de pensiones son obligatorias. Para el sistema privado de pensiones, el monto corresponde al 10% del ingreso, donde el porcentaje mensual será invertido en un fondo dentro de tres distintos dependiendo del nivel de riesgo que el afiliado desee asumir. Éstos son el fondo 0,1,2 y 3, donde el fondo mayor lleva el riesgo más alto y el fondo 0 al que asume menos riesgo.

En la actualidad, existen métodos de cálculo propios de las entidades administradoras de fondos de pensiones que permiten simular y calcular tanto el fondo acumulado como la pensión que recibirá un jubilado, sin embargo, lo que no se ofrece es la posibilidad de proyectar el fondo a partir de factores de crecimiento bajo criterios propios del afiliado que le otorguen la posibilidad de comprar cuál fondo voluntario de pensiones puede ser el más beneficioso al final de la vida laboral.

Esta situación trae consigo desventajas que son de considerable impacto, por ejemplo:

- Metodologías de cálculo complejas para proyectar la pensión del afiliado.
- Los factores que rigen el cálculo del fondo de pensiones no reflejan la realidad de cada individuo.
- Reducida educación financiera existente en el Perú.

Este proyecto propone un modelo analítico predictivo soportado por una plataforma tecnológica en la nube basada en técnicas de machine learning para determinar el fondo acumulado de un afiliado que aporte a un sistema privado de pensiones. Este modelo combina una serie de variables propias de un afiliado, tales como la edad, salario actual, nivel de educación, entre otras variables.

6.1.1. Problemática y Causas

El desconocimiento sobre cómo se administran las finanzas personales en los fondos de pensiones representan un riesgo en el manejo del futuro de cada afiliado. Esta ausencia de control en la administración del fondo de cada afiliado conlleva a no saber en todo momento a lo qué están expuestos. Para el año 2017, sólo el 16% de los peruanos (que representan aproximadamente 4.6 millones de la población) estaban informados del monto que recibirán como pensión cuando se jubilen. Asimismo, la información oficial a la que se tiene acceso es escasa, poco confiable e ininteligible para una persona común.

Este conocimiento limitado de las finanzas personales se debe también a la escasa educación financiera en el Perú: menos del 5% considera tener conocimientos financieros. Por otro lado, el sistema actual se basa en metodologías de cálculo complejas para la proyección del fondo acumulado de cada afiliado y los factores que rigen dicho cálculo utilizan indicadores de crecimiento estándares para toda la población [3]. Por lo que considerar una aspiración de sueldo y crecimiento personal propios, que para cierto público funciona bien, para el Pareto de la población que más gana en el país es inaplicable bajo la metodología actual.

En la actualidad existen herramientas propias de las entidades administradoras de fondos de pensiones que permiten simular y calcular tanto el fondo como la pensión que recibirá un jubilado, sin embargo, lo que no ofrecen estas herramientas es la posibilidad de proyectar el fondo a partir de factores de crecimiento bajo criterios propios del afiliado que le otorguen la posibilidad de comprar cuál fondo voluntario de pensiones puede ser el más beneficioso al final de la vida laboral.

6.1.2. Objetivo General

El proyecto tiene el objetivo de implementar un modelo de analítico predictivo soportado por una plataforma tecnológica cloud basada en técnicas de machine learning para determinar el fondo acumulado de un afiliado que aporte a un sistema privado de pensiones. Este modelo combina una serie de variables propias de un afiliado, tales como la edad, salario actual, nivel de educación, entre otras variables. El objetivo de este modelo es permitir al afiliado usar sus propias variables de crecimiento que le permita proyectar su

fondo bajo un análisis personalizado para una mejor toma de decisiones en el manejo de sus finanzas y, complementando la información brindada por las AFP, alcanzar su beneficio personal y familiar.

6.2 Caso de Estudio

6.2.1 Contexto

Una entidad administradora de fondo de pensiones AFP en el Perú fue la que proporcionó la base de datos para realizar la validación del modelo propuesto. Dicha entidad tiene como misión otorgar los mejores beneficios a sus afiliados con el fin de fortalecer su confianza en el futuro. En la actualidad PRIMA AFP cuenta con una red de 15 agencias a nivel nacional y con una cartera de aproximadamente más de 1.6 millones de afiliados. Previo a la validación del modelo propuesto, no existía una herramienta de análisis predictivo personalizado para proyectar el fondo acumulado de cada afiliado. Por lo que se desarrolló una aplicación web soportado por el modelo de análisis predictivo con el fin de probar y obtener resultados que ayuden a la validación del proyecto. Para ello, la entidad facilitó la entrega de datos de prueba que permitieron simular y validar el modelo con resultados muy cercanos a la realidad. Se trabajó con información de 45 600 afiliados mayores de edad residentes en distintas partes del Perú y que aportaron al sistema durante los años 2005-2015.

6.3 Evaluación de los Modelos

Los modelos de regresión que hemos usado en este proyecto devuelven una serie de indicadores que nos permiten conocer la eficiencia del modelo calculado en base a una estimación del error entre los valores observados y calculados utilizados para realizar el test.

- **MAE (Error absoluto medio):** Calcula que tan cercano es la predicción hecha al resultado real, se parte haciendo una diferencia entre el valor obtenido y el valor real en valor absoluto y luego se le calcula el promedio.
- **RMSE (Error cuadrático medio):** Calcula la diferencia entre los valores

estimados y los valores reales, estas diferencias se elevan al cuadrado y se calcula el promedio de todas ellas. Como lo dice su nombre a este promedio se le debe calcular su raíz cuadrada. RMSE mide la magnitud de error

- **RAE (Error absoluto relativo):** Calcula la diferencia absoluta relativa entre los valores esperados y los valores reales, en donde la diferencia de medias se divide por la media aritmética.
- **RSE (Error cuadrado relativo):** Normaliza el error cuadrado de los valores calculados mediante la división por el error cuadrado total de los valores.
- **R2 (Coeficiente de determinación):** Muestra el valor predictivo del modelo situado entre 0 y 1, en donde el valor nulo nos indica que hacemos frente a un modelo totalmente aleatorio y la unidad muestra un ajuste perfecto.

Algoritmo	Desviación Media	Raíz Cuadrada de Errores	Error Absoluto Relativo	Error Cuadrático Relativo	Coeficiente de Determinación
Regresión Lineal	0,00543	0,006535	0,457369	0,000035	0,000088
Regresión Redes Neuronales	0,005628	0,006752	0,474076	0,207654	0,792346
Regresión de Árbol de Decisión	0,000065	0,000088	0,005453	0,000035	0,999965
Regresión Lineal Bayesiana	0,00543	0,006535	0,4537	0,194483	0,805517
Regresión de Bosques Aleatorios	0,000022	0,000109	0,001886	0,00054	0,999946

Figura 15: Resultados de métricas del modelo

Luego de transformar los datos mediante la selección de filas y columnas adecuadas, asimismo se procedió a su Split en distintos conjuntos de datos que nos permita utilizar el setenta por ciento para entrenamiento y treinta por ciento de testeo, entrenamos los modelos para, tras su evaluación, tomar la decisión de que el Boosted Decisión Tree Regresion nos permite unos resultados ventajosos, ofreciendo el R2 más elevado de los cuatro modelos, un error cuadrático medio mínimo respecto al resto de modelos, un error absoluto relativo , mínimamente más elevado que el árbol de decisión y un error cuadrado menor.

Este será el modelo que utilizaremos para implementar un web service que nos permitirá automatizar y analizar el proceso no solo de obtención de los parámetros de salida, sino también de tratamiento previo de la información de forma automatizada para estimar y proyectar el fondo acumulado de un afiliado a un sistema privado de pensiones.

6.4 Plan de Continuidad.

Post Implementación:

Posterior al desarrollo e implementación de la solución web/móvil basado en el modelo analítico propuesto, se requiere realizar un análisis de nuevas características que el modelo puede adoptar en base a cambios que puedan adoptar el sector del sistema de pensiones.

Adaptabilidad del Modelo:

La idea principal es buscar que el modelo; mediante cambios constantes; sea eficiente en todo momento en el proceso que se involucre, es decir, no solo debe funcionar para un contexto específico, sino que promueva su continuidad según las situaciones de gran impacto que se presenten en las entidades financieras u áreas en común.

Sector Pensiones extranjero

En la actualidad, el modelo del negocio del sistema privado de pensiones que se maneja en el Perú funciona de la misma manera en Chile, Colombia y Uruguay. Por tal motivo, el modelo podría ser adecuado para el sector de Pensiones a nivel internacional, ya que las entidades se basan también en estándares internacionales.

Mantenimiento solución móvil

Se implementó una solución móvil con el objetivo de que las entidades del sistema de pensiones puedan realizar un cálculo personalizado y un resultado detallado con la ayuda de la tecnología. La herramienta fue desarrollada por la empresa software Factory en el lenguaje C# y mediante el gestor de base de datos SQL Server Azure y los diferentes servicios de la nube.

Indicadores de Resultados

Para evitar que la proyección del modelo se vea distorsionado por nuevos datos, actualmente el procesamiento y el análisis del modelo genera indicadores donde se muestran ratio numéricos que ayudaran a obtener un mejor resultado de la predicción.

6.5 Plan de Costos

El propósito de este plan de gestión de costos es definir la metodología mediante la cual se administrarán los costos asociados con el Proyecto. Esto es necesario para asegurar la culminación exitosa del proyecto dentro de las restricciones de presupuesto asignado. Para completar este proyecto con éxito, todos los miembros clave del proyecto y las partes interesadas deben cumplir y trabajar dentro de este plan de administración de costos y el plan general del proyecto que respalda.

Plataforma den Software	Cantidad	Precio Unitario	Periodo (Meses)	Costo Total
Microsoft Azure - STORAGE	1	S/. 750,00	6	S/. 4.500,00
Microsoft Azure - APP SERVICE	1	S/. 500,00	6	S/. 3.000,00
Microsoft Azure - SECURITY	1	S/. 200,00	6	S/. 1.200,00
Sub Total Plataforma de Software				S/. 8.700,00
Costos de Personal	Cantidad	Precio Unitario	Periodo (Meses)	Costo Total
Jefe de Proyecto	1	S/. 7.000,00	4	S/. 28.000,00
Analista de TI	1	S/. 5.000,00	2	S/. 10.000,00
Desarrollador	1	S/. 5.000,00	4	S/. 20.000,00
Analista de QA	1	S/. 3.000,00	2	S/. 6.000,00
Tester	1	S/. 3.000,00	2	S/. 6.000,00
Sub Total Plataforma de Personal				S/. 70.000,00
COSTO TOTAL				S/. 78.700,00

Tabla 15: Costo de Implementación de Solución Cloud

Capítulo 7 GESTIÓN DEL PROYECTO

El presente capítulo toma del capítulo de la memoria, la planificación realizada en el desarrollo del proyecto y se valida la ejecución real contra lo planificado en un principio. Además, se muestra en los resultados del proyecto, así como los mismos en los planes de gestión del tiempo, recursos humanos, comunicaciones y de riesgos. La última parte indica las lecciones aprendidas que se optaron durante el desarrollo del proyecto.

7.1 Producto Final

El objetivo del proyecto es proponer un modelo de analítico predictivo para determinar el fondo acumulado de un afiliado que aporte a un sistema privado de pensiones. Este modelo combina una serie de variables propias de un afiliado, tales como la edad, salario actual, nivel de educación, entre otras variables. El objetivo de este modelo es permitir al afiliado usar sus propias variables de crecimiento que le permita proyectar su fondo bajo un análisis personalizado para una mejor toma de decisiones en el manejo de sus finanzas y, complementando la información brindada por las AFP, alcanzar su beneficio personal y familiar. Con el desarrollo del proyecto asignado se cumplirá el objetivo de validar de forma exitosa la propuesta del proyecto, la cual es la siguiente:

- Modelo para el Análisis Predictivo del Fondo Acumulado del Afiliado en el Sistema Privado de Pensiones

7.2 Gestión del Tiempo

Debido a ciertos factores que se manifestaron en el proyecto, no todos los entregables se cumplieron en las fechas planificadas de acuerdo con el Plan de Gestión En la Tabla 4, se muestra las fases e hitos del proyecto en los dos semestres académicos 2018-I y 2018-II

Fase del Proyecto	Hito del proyecto	Fecha Estimada	Entregables incluidos	Prioridad
Inicio	Aprobación por parte del cliente y del comité, del Project Charter del proyecto	Semana 6 2018-1	Project Charter.	Alta
Planificación	Aprobación, por parte del cliente, de la planificación del proyecto	Semana 7 2018-1	Cronograma Diccionario EDT Descripción de Roles y Responsabilidades Registro de Interesados Plan de Gestión de Alcance Plan de Gestión de Comunicaciones Matriz de Comunicaciones Matriz de Riesgos Matriz de Trazabilidad de Requerimientos Matriz RAM	Alta

			Plan de Gestión de Calidad Plan de Gestión de Cronograma Plan de Gestión de Riesgos Plan de Gestión de RRHH	
Ejecución	Aprobación del análisis de las Tecnologías emergentes como soporte para la proyección del fondo acumulado.	Semana 10 2018-1	-Documento de análisis de las Tecnologías emergentes para la proyección del fondo acumulado de afiliados al sistema de pensiones.	Alta
	Aprobación del Diseño del modelo analítico para la proyección del fondo acumulado personalizado en el sistema privado de pensiones por parte del especialista.	Semana 14 2018-1	-Documento de Diseño del modelo analítico para la proyección del fondo acumulado.	Alta
	Aprobación del documento de resultados de la prueba de concepto del modelo analítico por parte del especialista del sector.	Semana 8 2018-2	-Documento de resultados de la validación del modelo	Alta
Cierre	Aprobación del plan de continuidad de la propuesta, por parte del cliente.	Semana 11 2018-2	-Documento de Plan de continuidad de la propuesta	Alta
	Aprobación de los artefactos del proyecto, por parte del profesor cliente o gerente.	Semana 11-14 2018-2	Memoria Final del Proyecto Anexo A – WASC Anexo C – Costos y Presupuestos Artículo de investigación	Alta

Tabla 16: Plan de Gestión del tiempo

7.3 Gestión de los Recursos Humanos

Para el proyecto se ha definido la actual estructura organizacional.

Los roles involucrados en el desarrollo del proyecto son los siguientes:

Jefe de Proyecto: Rol de quien define los objetivos del proyecto, el alcance y los revisa con el profesor Gerente y Profesor Cliente, con el fin de mantenerse todos de acuerdo e incorporar su retroalimentación. Además, es el encargado de sustentar el proyecto ante el comité.

Profesor Gerente IT Consulting: Es el rol encargado de brindar asesoría al jefe de proyecto sobre el desarrollo del proyecto. Interviene de manera directa para la adecuada gestión del proyecto y ofrece recomendaciones según vaya avanzando el proyecto.

Comité de Proyectos: Es rol dado al grupo liderado por las autoridades de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación de la UPC que se encarga de revisar y validar la calidad del proyecto brindado a través de las distintas fases del proyecto, definiendo el

alcance de los objetivos planteados. Además, se encarga de las siguientes funciones:

- Calificar las presentaciones parciales y finales de los Proyectos.

Profesor Cliente: Es el principal interesado del proyecto. Define el alcance y sus necesidades, además de ser parte principal para la aprobación de documentación de gestión y de entregables del proyecto. Tiene las siguientes funciones:

- Aprobar la propuesta de solución.
- Aprobar la documentación técnica.
- Revisor responsable.
- Aprobar la memoria.

7.4 Gestión de las Comunicaciones

No hubo cambios según lo planificado en el capítulo 1 de la memoria. Asimismo, se llevó a cabo lo propuesto en los incisos y las reuniones acordadas con actas que han sido validadas por los participantes involucrados, por ello se generó actas de reunión con el cliente, en todas estuvieron presentes los jefes de proyecto MTSPFML.

7.5 Gestión de los Riesgos

En la siguiente tabla, se registran los riesgos que se evidencian durante el desarrollo del proyecto y las acciones que se tomó en cuenta para mitigarlo, según los riesgos identificados en el capítulo 1. Los riesgos considerados son aquellos que surgieron a raíz de la elaboración de entregables y falta de información del tema de investigación.

Los riesgos más impactantes para el proyecto son:

#	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia de mitigación
1	Pérdida de información de los entregables del	Baja	Alto	Realizar siempre copias de seguridad y usar el repositorio brindado por comité para contar con

	proyecto			las versiones más recientes.
2	La validación del modelo no brinde los resultados esperados.	Baja	Alto	Plan de continuidad.
3	Retraso del proyecto	Baja	Alto	Definir plan de trabajo y basarnos en metodologías ágiles que realizan buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible del proyecto
4	Negación de datos necesarios para el desarrollo del proyecto.	Alta	Alto	Se realizarán contratos de confidencialidad con las entidades pertinentes.
5	Cambio del enfoque del proyecto	Baja	-Alto	Revisar el objetivo del proyecto junto al cliente y si el cambio es realmente necesario.
6	Usuarios finales no están dispuesto a usar o validar el modelo.	Media	Alto	Dar a explicar mediante una carta el objetivo de la validación del proyecto y asegurar que sea adaptable a cada tipo de usuario.

Tabla 17: Riesgos del Proyecto

CONCLUSIONES

- El estudio brindó un análisis del abanico de técnicas de Machine Learning, que dió como resultado positivo en las proyecciones de los fondos.
- El uso de Machine Learning dentro de nuestra solución permitió realizar un análisis de cada persona afiliado en el sistema de pensiones usando variables personalizados y comparar el fondo acumulado existente contra el análisis propuesto.
- Los resultados obtenidos, bajo el modelamiento de Regresión de Arboles de Decisión Mejorado, fueron un coeficiente de determinación del 99.997% con un error cuadrado medio de 0.00650%. Estos porcentajes se calcularon en base a los datos de prueba otorgados por la entidad privada AFP, ya que no existía ninguna herramienta que realizara una proyección personalizada del fondo acumulado usando algoritmos de Regresión en Arboles de Decisión Mejorado.
- El análisis propuesto genera un alto impacto como herramienta de análisis predictiva complementaria a otros modelos financieros ya aplicados en sus procesos.
- En el proyecto se hace uso de cualquier dispositivo móvil con conexión a internet sin la necesidad de montar toda una infraestructura o plataforma tecnológica ya que todos los recursos son consumidos y procesados desde la nube.

RECOMENDACIONES

En la presente sección se muestran las recomendaciones dadas luego de la implementación de la solución propuesta:

- Se recomienda incentivar a los Sistemas Privados de Pensiones utilizar modelos analíticos emergentes para la mejora de procesos con beneficio para las personas afiliados a este sistema.
- Se recomienda incentivar a los Sistemas Privados de Pensiones el uso de la tecnología para alcanzar un mejor rendimiento analítico y poder estar a la vanguardia de las nuevas innovaciones tecnológicas que brinden un aporte al negocio.
- Los especialistas financieros recomendaron considerar más fuentes de información sobre las variables utilizados de las personas para proyectar resultados más aproximado a nivel micro y macro de cada afiliado

GLOSARIO

EDT: Estructura de Descomposición de Trabajo.

IE: Indicador de éxito.

OE: Objetivo Específico.

PMBOK: Project Management Body of Knowledge.

RRHH: Recursos Humanos

EPS: Entidad prestadora de sistema privado de pensiones.

BIBLIOGRAFIA

1. Ahorro LATAM 360°, «SBS» [Online]. Disponible:
http://www.comoahorramos.com/Estudio_Ahorro_Latam_360_reducida.pdf
2. Konicz, A.K., & Mulvey, J.M. (2015). Optimal savings management for individuals with defined contribution pension plans. *European Journal of Operational Research*, 243, 233-247.
3. Resolución SBS N° 9617-2012 (Anexo Técnico 1), «SBS» [Online]. Disponible:
<https://www.sbs.gob.pe/app/Calculadora/Paginas/metodologia.pdf>
4. M. Ali, S.U. Khan, A.V. Vasilakos, «Security in Cloud Computing: Opportunities and Challenges, Information Sciences, 2015», doi:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2015.01.025>.
5. Yao, Y., Xiao, Z., Wang, B., Viswanath, B., Zheng, H., & Zhao, B.Y. (2017). Complexity vs. performance: empirical analysis of machine learning as a service. *IMC*.
6. Ribeiro, M.C., Grolinger, K., & Capretz, M.A. (2015). MLaaS: Machine Learning as a Service. 2015 IEEE 14th International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA), 896-902.
7. Lee et al. (2019). Global stock market investment strategies based on financial network indicators using machine learning techniques. 228-242. 10.1016/j.eswa.2018.09.005
8. Alonso, Javier & Hoyo, Carmen & Tuesta, David. (2015). A model for the pension system in Mexico: diagnosis and recommendations. *Journal of Pension Economics and Finance*. 14. 76-112.
9. A. Belolipetskii, A & A. Lepskaya, M. (2018). A Mathematical Model of Pension Fund Operation and Methods of Fund Stability Analysis. *Computational Mathematics and Modeling*. 29. 10.1007/s10598-018-9404-7.
10. M. de Klerk, Antonie. (2017). Decision Making under Uncertainty and Risk: A Retiree's Perspective on Choosing between Pension Options. 1-12. 10.23919/PICMET.2017.8125309.
11. Kim, Hyungsu & Kim, Geonwoo & Lee, Sungchul. (2016). THE ANALYTIC APPROACH FOR THE STOCHASTIC PROJECTION OF THE PUBLIC PENSION FUND. *Probability in the Engineering and Informational Sciences*. 31. 1-11. 10.1017/S0269964816000504.
12. Stancanelli, Elena. (2017). Couples' Retirement under Individual Pension Design: a Regression Discontinuity Study for France. *Labour Economics*. 49. 10.1016/j.labeco.2017.08.009.
13. Badreddine, El Goumi & El Khomssi, Mohammed & Fikri, Majda. (2016). Model for the management of pension fund with deterministic and stochastic parameters. 1-5. 10.1109/GOL.2016.7731665.
- Vonkova, Hana & van soest, Arthur. (2014). How Sensitive Are Retirement Decisions to Financial Incentives: A Stated Preference Analysis. *Institute for the Study of Labor (IZA), IZA Discussion Papers*. 29. 10.1002/jae.2313.
14. Botchkarev. (2018). Evaluating Performance of Regression Machine Learning Models Using Multiple Error Metrics in Azure Machine Learning Studio. 10.2139/ssrn.3177507
15. Ripley, Brian. (2018). MASS: Support Functions and Datasets for Venables and Ripley's MASS. <https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/index.html>
16. Osnabrugge et al. (2018). Prediction of Costs and Length of Stay in Coronary Artery Bypass Grafting. 1286–1293. 10.1016/j.athoracsur.2014.05.073

17. Breiman. (2001). RandomForest: Breiman and Cutler's Random Forests for Classification and Regression. 5–32. 10.1023/A:1010933404324
18. Maechler et al. (2018). Robustbase: Basic Robust Statistics. 10.2139/ssrn.3177507
19. Dean, J., & Ghemawat, S. (2004). MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. OSDI'04: Sixth Symposium on Operating System Design and Implementation, 137-150. Recuperado el 22 de febrero de 2019, de <https://storage.googleapis.com/pub-tools-public-publication-data/pdf/16cb30b4b92fd4989b8619a61752a2387c6dd474.pdf>
20. P. Mell and T. Grance, —The NIST definition of cloud computing (draft),|| NIST special publication, 800(145), 7, 2011.
21. S. Roschke, F. Cheng and C. Meinel, —Intrusion Detection in the Cloud,|| In: Eighth IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 2009
22. D. AB. Fernandes, L. FB. Soares, J.V. Gomes, M.M. Freire, P. RM Inácio, Security issues in cloud environments: a survey, Int. J. Inform. Sec. 13 (2) (2014) 113–170.
23. MICROSOFT AZURE (2019) – What is Azure Machine Learning Studio? [online] Disponible: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/studio/what-is-ml-studio>
24. AMAZON ML (2019) – ¿Qué es Amazon Machine Learning? [online] Disponible: https://docs.aws.amazon.com/es_es/machine-learning/latest/dg/what-is-amazon-machine-learning.html
25. GOOGLE CLOUD (2019) – Análisis Predictivo: Cloud Machine Learning Engine [online] Disponible: <https://cloud.google.com/ml-engine/?hl=es-419>