



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ciencias Matemáticas**

**Escuela Profesional de Computación Científica**

**Aplicación de redes neuronales para la predicción del  
éxito de una campaña de marketing bancario de  
depósitos a plazo fijo mediante Python**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Computación  
Científica

**AUTOR**

**Kalín OSORIO DELGADILLO**

**ASESOR**

**Mg. Luis Javier VÁSQUEZ SERPA**

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Osorio, K. (2021). *Aplicación de redes neuronales para la predicción del éxito de una campaña de marketing bancario de depósitos a plazo fijo mediante Python*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Computación Científica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Kalín Osorio Delgadillo
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74089694
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6274-8909">https://orcid.org/0000-0002-6274-8909</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Luis Javier Vásquez Serpa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43389380
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-5414-6764">https://orcid.org/0000-0002-5414-6764</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	María Natividad Zegarra Garay
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09206994
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Hugo Froilan Vega Huerta
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06147737
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Luis Javier Vásquez Serpa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43389380
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	C.0.5.8. Inteligencia artificial
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.

Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Calle: Av. Carlos Germán Amezaga 375 Latitud: -12.056131 Longitud: -77.084518
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2021 – Octubre 2021
URL de disciplinas OCDE	Ciencias de la computación <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.02.01</a>



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América  
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE COMPUTACIÓN CIENTÍFICA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN COMPUTACIÓN CIENTÍFICA (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I)**

En la UNMSM – Ciudad Universitaria – Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 14:00 horas del jueves 21 de octubre del 2021, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I): Dra. María Natividad Zegarra Garay (PRESIDENTE), Dr. Hugo Froilán Vega Huerta (MIEMBRO) y el Mg. Luis Javier Vásquez Serpa (MIEMBRO ASESOR), para la sustentación del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: “**APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA LA PREDICCIÓN DEL ÉXITO DE UNA CAMPAÑA DE MARKETING BANCARIO DE DEPÓSITOS A PLAZO FIJO MEDIANTE PYTHON**”, presentado por el señor **Bachiller Kalín Osorio Delgadillo**, para optar el Título Profesional de Licenciado en Computación Científica.

Luego de la exposición del Informe de Trabajo de suficiencia Profesional, la Presidente invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los Miembros del Jurado Evaluador, el expositor mereció la aprobación **sobresaliente**, con un calificativo promedio de **diecisiete (17)** .

A continuación, los Miembros del Jurado Evaluador dan manifiesto que el participante **Bachiller Kalín Osorio Delgadillo** en vista de haber aprobado la sustentación del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, será propuesta para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciado en Computación Científica.

Siendo las 14:40 horas se levantó la sesión firmando para constancia la presente Acta.



Firmado digitalmente por ZEGARRA  
GARAY María Natividad FAU  
20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03.11.2021 17:25:02 -05:00

Dra. María Natividad Zegarra Garay  
PRESIDENTE

Dr. Hugo Froilán Vega Huerta  
MIEMBRO

Mg. Luis Javier Vásquez Serpa  
MIEMBRO ASESOR

## RESUMEN

### APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA LA PREDICCIÓN DEL ÉXITO DE UNA CAMPAÑA DE MARKETING BANCARIO DE DEPOSITOS A PLAZO FIJO MEDIANTE PYTHON

Kalín Osorio Delgadillo

Agosto – 2021

En el presente trabajo aplicaremos la teoría de redes neuronales para identificar cuáles son los clientes potenciales que se suscribirán a un depósito a plazo fijo. Debido a la disposición de los datos, se aplicará para una entidad bancaria de Portugal.

Para este estudio se ha tomado como referencia principalmente para la base teórica “Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, Modelos y Aplicaciones” (1995) publicado por José Ramón Hilera Gonzáles y Víctor José Martínez Hernando.

Los datos de la entidad bancaria fueron recogidos de los archivos públicos de la Universidad de California, Irvine, el banco de datos llamado “Bank Marketing Data Set”. Y serán procesados con una implementación elaborada con el lenguaje de programación Python, utilizando la biblioteca de código abierto “Scikit Learn”.

Por último, considerando este estudio se podría implementar una red neuronal para alguna entidad bancaria del Perú, evaluando de la mano de un experto en banca cuáles serían las mejores variables que debemos considerar para esta sociedad.

Palabras claves: Redes Neuronales, modelo predictivo, marketing bancario, éxito de campaña de marketing.

## ABSTRAC

### APPLICATION OF NEURONAL NETWORKS TO PREDICT THE SUCCESS OF A BANK MARKETING CAMPAIGN OF LONG-TERM DEPOSITS IN PYTHON

Kalín Osorio Delgadillo

August - 2021

In this work we will apply the neural network theory to identify potential clients who will subscribe to a long-term deposit. Due to the disposition of the data, it will be applied for a bank in Portugal.

For this study, the theoretical base "Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, Modelos y Aplicaciones" (1995) published by José Ramón Hilerá Gonzáles and Víctor José Martínez Hernando has been taken as a reference mainly.

The data of the bank were collected from the public archives of the University of California, Irvine, the bank data is called "Bank Marketing Data Set". And they will be processed with an implementation made with the Python programming language, using the open source library "Scikit Learn".

Finally, considering this study, a neural network could be implemented for a Peruvian bank entity, we can work side by side with a banking expert to choose the best variables that we must consider for this society.

Keywords: Neural Networks, predictive model, banking marketing, marketing campaign success

# ÍNDICE

I.	Introducción.....	1
1.1.	Objetivos del informe .....	1
1.2.	Estructura del informe .....	2
II.	Información del lugar donde se desarrolló la actividad.....	3
2.1.	Institución donde se desarrolló la actividad .....	3
2.2.	Periodo de duración de la actividad .....	3
2.3.	Finalidad y objetivos de la entidad .....	3
2.4.	Razón Social .....	3
2.5.	Dirección postal .....	3
2.6.	Correo electrónico del profesional a cargo.....	3
III.	Descripción de la Actividad.....	4
3.1.	Organización de la actividad .....	4
3.1.1.	Finalidad y objetivos de la actividad .....	4
3.1.2.	Problemática .....	4
3.1.3.	Metodología y procedimientos.....	4
3.2.	Marketing.....	5
3.3.	Campañas de Marketing .....	5
3.4.	Marketing Bancario.....	5
3.5.	Base Teórica .....	7
3.5.1.	Neurona Biológica .....	7
3.5.2.	Modelo General de la neurona artificial .....	8
3.5.3.	Sistema o red neuronal artificial .....	8
3.5.4.	Definición formal de Neurona Artificial .....	9
3.5.5.	Topología.....	10
3.5.6.	Aprendizaje y Recuerdo .....	11
3.5.7.	El Perceptrón multicapa.....	11
3.5.8.	Algoritmo de Retropropagación .....	15
3.5.9.	Ejemplo del algoritmo de Retropropagación .....	16
3.6.	Aplicación a datos reales.....	19
3.6.1.	Redes Neuronales para la toma de decisiones en el marketing bancario .....	19
3.6.2.	Importación de bibliotecas .....	22

3.6.3.	Preparación de la data .....	23
3.6.4.	Conversión de datos .....	23
3.6.5.	Datos de entrada del usuario.....	24
3.6.6.	Inicialización de Variables .....	25
3.6.7.	Bucle de búsqueda.....	25
3.6.8.	Ajuste de la data de entrada.....	25
3.6.9.	Buscando la red neuronal más precisa .....	26
3.6.10.	Predicción de la data de comprobación.....	27
3.6.11.	Primera condicional .....	27
3.6.12.	Segunda condicional .....	28
3.6.13.	Tercera condicional.....	28
3.6.14.	Cuarta condicional .....	28
3.6.15.	Reporte de eficiencia .....	29
3.6.16.	Ingreso de datos nuevos .....	30
3.6.17.	Transformación de los datos nuevos .....	30
3.6.18.	Resultados de la actividad.....	31
IV.	Conclusiones .....	33
V.	Recomendaciones .....	34
VI.	Bibliografía .....	35

# Capítulo I

## I. Introducción

El marketing es una de las facetas más importantes y fascinantes de los negocios en general, ya que en palabras simples es la forma en cómo se llega a captar al cliente. Una de las formas más populares del marketing es el telefónico, los agentes de marketing ejecutan llamadas a una lista de clientes para venderles algún producto o servicio, estas llamadas pueden clasificarse como un éxito o un fracaso dependiendo de si se realizó la venta.

La teoría de redes neuronales es una de las propuestas más eficientes del campo de la metaheurística, en específico, para resolver problemas del tipo clasificatorio. Como se mencionó antes, el resultado del marketing telefónico puede ser clasificado como fracaso o éxito, por lo tanto, puede ser visto como un problema del tipo clasificatorio; una entidad bancaria tendrá la necesidad de analizar cuáles son los factores que influyen en el éxito o el fracaso de una campaña de marketing telefónico. Estos factores pueden ser considerados como datos, analizables fácilmente por un sistema computacional.

Este estudio se centra en aplicar la teoría de las redes neuronales al problema del marketing bancario. Se utilizarán datos recolectados por una entidad bancaria real en sus campañas de telemarketing, para encontrar una red neuronal lo más precisa posible que sirva como apoyo para los agentes de marketing bancario, indicándoles si un cliente potencial terminará suscribiéndose o no a un depósito a plazo fijo.

### 1.1. Objetivos del informe

- Predecir si un cliente se suscribirá o no a un depósito a plazo fijo en una entidad bancaria.
- Ser de utilidad para los profesionales del marketing bancario en la toma de decisiones al momento de hacer la selección del público objetivo.
- Implementar un algoritmo eficaz para encontrar redes neuronales precisas, utilizando los parámetros adecuados para reducir el costo computacional.

## 1.2. Estructura del informe

- En el capítulo 1, se encuentran los objetivos del informe y su estructura.
- En el capítulo 2, se brinda la información del lugar donde se desarrolló la actividad.
- En el capítulo 3, se desarrolla el informe como tal: la descripción de la actividad, la problemática que se abordará con este trabajo y su finalidad. Las cuales están detalladas mediante la base teórica y su respectiva aplicación.
- En el capítulo 4, se muestran las conclusiones del trabajo realizado.
- En el capítulo 5, se describen las recomendaciones a seguir partiendo de este informe.
- En el capítulo 6, se encuentra la bibliografía utilizada.

## Capítulo II

### II. Información del lugar donde se desarrolló la actividad

#### 2.1. Institución donde se desarrolló la actividad

Este trabajo de investigación ha sido realizado mientras presto mis servicios como analista de software en la Subgerencia de Ingeniería de Software del Registro Nacional de Identificación y Estado Civil (RENIEC), entidad ubicada en Av. Bolivia 109, Cercado de Lima, en la cual he trabajado desde abril del 2019 hasta la actualidad.

#### 2.2. Periodo de duración de la actividad

Este informe ha sido desarrollado en un periodo de 70 días aproximadamente, paralelamente a mis jornadas laborales realizadas para la entidad en cuestión.

#### 2.3. Finalidad y objetivos de la entidad

La Subgerencia de Ingeniería de Software del RENIEC tiene como objetivo desarrollar y realizar mantenimiento de las aplicaciones y sistemas informáticas que se utilizan en todas las unidades orgánicas que pertenecen a la institución como también los servicios que se ofrecen al público. Estos abarcan todos los rubros de los cuales se encarga el RENIEC, por ejemplo: los Registros Civiles, Identificación, Certificación, Registro electoral, etc.

#### 2.4. Razón Social

- Razón social: REGIST. NAC. DE IDENTIF. Y ESTADO CIVIL
- R.U.C.: 20295613620

#### 2.5. Dirección postal

- Dirección: Jr. Bolivia Nro. 109
- Distrito / Ciudad: Lima
- Departamento: Lima, Perú

#### 2.6. Correo electrónico del profesional a cargo

- kalinosorio18@gmail.com
- 11140364@unmsm.edu.pe

## Capítulo III

### III. Descripción de la Actividad

#### 3.1. Organización de la actividad

##### 3.1.1. Finalidad y objetivos de la actividad

- Predecir si un cliente se suscribirá o no a un depósito a plazo fijo en una entidad bancaria.
- Ser de utilidad para los profesionales del marketing bancario en la toma de decisiones al momento de hacer la selección del público objetivo.
- Implementar un algoritmo eficaz para encontrar redes neuronales precisas, utilizando los parámetros adecuados para reducir el costo computacional.

##### 3.1.2. Problemática

Las campañas de marketing son parte del presupuesto de toda empresa en general, si estas no son eficaces se convertirán en un gasto. Como es natural, los gastos de una empresa siempre deben reducirse al mínimo posible, esta problemática se pretende abordar mediante la predicción de la eficiencia de una campaña de marketing de una entidad bancaria para nuestro caso.

##### 3.1.3. Metodología y procedimientos

A continuación, se desarrollan los puntos correspondientes al sustento teórico empleado para el tratamiento de la problemática y los respectivos resultados que se obtuvieron.

### **3.2. Marketing**

Según la definición del American Marketing Association de Estados Unidos, "El marketing es la actividad, un conjunto de instituciones y procesos para crear, comunicar, entregar, e intercambiar ofertas que tienen valor para los consumidores, clientes, socios y la sociedad en general" [AMA, 2017]

### **3.3. Campañas de Marketing**

Las campañas de marketing y son una estrategia típica que utilizan los negocios para mejorar. Las empresas se apoyan en el marketing cuando se dirigen a clientes potenciales contactando con ellos con el fin de alcanzar un objetivo específico. La centralización de las interacciones con los clientes facilita la gestión operativa de las campañas.

Esto permite comunicarse con los clientes a través de varios canales, el teléfono es uno de los más utilizados. El marketing a través de un centro de contacto se denomina telemarketing debido a que es realizado remotamente. Los contactos se pueden dividir en entrantes y saliente, dependiendo de qué lado activó el contacto (empresa o cliente), con cada caso planteando diferentes desafíos (por ejemplo, las llamadas por parte de la empresa se consideran a menudo más intrusivas).

La tecnología permite repensar el marketing centrándose en maximizar el valor de la vida útil del cliente a través de la evaluación de información disponible y métricas del cliente, lo que permite construir relaciones más estrechas en consonancia con la demanda empresarial. Además, debemos destacar que la tarea de seleccionar el mejor conjunto de clientes, es decir, que sean más probable que suscriba un producto, es una de las partes más importantes del marketing.

Este trabajo propone apoyarse en el uso de la tecnología de la información en la toma de decisiones, mediante uno de los modelos de clasificación, para respaldar la elección del público de clientes potenciales. [Moro, 2014]

### **3.4. Marketing Bancario**

En el ámbito bancario, el sistema de mercado se ha adaptado a los nuevos retos producto de la era digital que vivimos en la actualidad. Así es como nace el marketing bancario, el cual es hoy imprescindible para la compra y venta de servicios financieros, como también tener una imagen corporativa robusta en la cual los clientes puedan confiar.

El marketing bancario sostiene relaciones de larga duración, incluso permanentes, entre una entidad financiera y sus clientes. Además, su objetivo es el de ofertar productos

asequibles y fundamentales para los clientes y lograr la mejor comunicación posible entre las dos partes: cliente y entidad.

Los bancos son empresas, y como tales tienen asignados un presupuesto para la publicidad de todos los productos que ofrecen, para ello necesitan a un experto en la materia. El éxito del marketing bancario se basa en definir adecuadamente cuáles son los logros que la entidad bancaria quiere alcanzar para luego determinar cuáles son las formas que se pondrán en práctica para alcanzar dichos logros. [CEUPE, 2017]

El ámbito bancario es muy competitivo, y está en constante cambio, por eso los clientes están cada vez mejor informados del tema, así que estos se han vuelto menos propensos a aceptar cualquier servicio que se les ofrezca. Así, el objetivo del marketing bancario es que los clientes elijan ‘nuestra’ entidad financiera y no otra.

En el libro Marketing Sectorial de Rivera y De Garcillán, se define al marketing bancario como un mecanismo social y económico que engloba la prestación de servicios cuyo origen es la banca, y través de ellos se crean e intercambian productos y otras entidades de valor para poder satisfacer las necesidades y deseos del cliente.

Por lo tanto, el marketing bancario tiene como base principal satisfacer las necesidades del consumidor, tener responsabilidad social y las utilidades integradas. [Rivera y De Garcillán, 2014]

Las especificaciones del marketing bancario, comparados con otros tipos, son las siguientes:

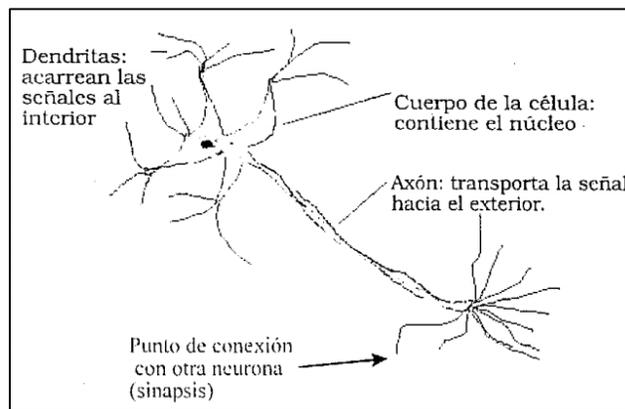
- Las entidades se deben enfocar en sus clientes, ya sea cuando ofrece sus servicios como también cuando demanda el dinero del cliente. Para ello, toda entidad bancaria debería hacer uso de las tecnologías más modernas a su disposición y aprovechar de forma prudente los medios de distribución para así estar en constante captación de nuevos clientes.
- Las entidades bancarias poseen un enorme grado de regulación, lo cual podría detener o desacelerar su crecimiento.
- La relación entre la entidad y los clientes se manifiesta prácticamente a diario, y hasta pueden prolongarse por toda la vida del consumidor. Así, la entidad bancaria tiene el deber de involucrarse en las necesidades del cliente para adelantarse a las demandas del mismo.
- La confidencialidad y discreción que se requiere en la actividad financiera, es muy elevada en relación a la protección de la información del consumidor.

### 3.5. Base Teórica

#### 3.5.1. Neurona Biológica

En el libro *Inteligencia Artificial con Aplicaciones a la Ingeniería* de Pedro Ponce Cruz, se define a los sistemas neuronales como los encargados del control centralizado de funciones biológicas de la mayoría de animales, desde las más básicas como el metabolismo, el control cardiovascular y la respiración, y en el caso de animales superiores están relacionadas con el comportamiento, es decir, el control del estado del organismo con respecto a su entorno.

La estructura típica de la neurona está formada por: Cuerpo, axón, y dendritas como se aprecia en la siguiente figura:



*Modelo simplificado de neurona artificial. [Hilera y Martinez, 1995]*

Los elementos básicos de un sistema neuronal biológico son las neuronas, que se agrupan en conjuntos compuestos por millones de ellas organizadas en capas, constituyendo un sistema con funcionalidad propia. Un conjunto de estos subsistemas da lugar a un sistema global (el sistema nervioso, por ejemplo). [Ponce, 2010]

En la computación neuronal, nos enfocamos en las funciones sensoriales y motoras de los sistemas neuronales, así como también de un proceso interno llamado *pensamiento*.

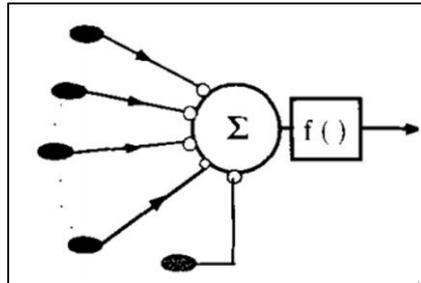
Estos procesos son producto de la **transmisión sináptica**, la cual consiste en la transmisión de un impulso nervioso recibida a través de las dendritas y enviada mediante el axón hacia otras neuronas.

Diremos que una neurona está activa cuando la cantidad de impulsos neuronales que transportan las dendritas sobrepasa cierto umbral, por el contrario se llamarán inactivas. La idea principal es conceptualizar estos procesos neuronales de una forma idealizada.

### 3.5.2. Modelo General de la neurona artificial

Se denomina neurona a un dispositivo simple de cálculo que, a partir de un vector de entrada procedente del exterior o de otras neuronas, proporciona una única respuesta o salida.

Este proceso es análogo al comportamiento de la neurona biológica la cual recibe impulsos y produce un impulso de salida

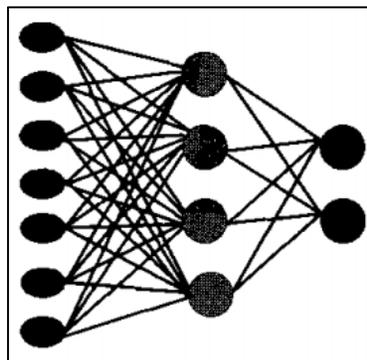


*Modelo simplificado de neurona artificial. [Martín y Sanz, 2001]*

### 3.5.3. Sistema o red neuronal artificial

En la construcción de un sistema neuronal artificial podemos definir una estructura análoga.

El fundamento principal de partida vendría a ser la neurona artificial, esta se organizará mediante capas; una cantidad de capas formarán la red neuronal; además, una red neuronal, sumadas a la interfaz de entrada, interfaz de salida, y la adecuada definición de las interacciones entre neuronas, formarán un sistema global de proceso.



*Modelo simplificado de red neuronal. [Martín y Sanz, 2001]*

### 3.5.4. Definición formal de Neurona Artificial

Dado que en los sistemas neuronales podemos identificar tres tipos de neuronas:

- Entradas: Reciben señales desde el entorno exterior
- Salidas: Envían señales fuera del sistema
- Ocultas: Son aquellas cuyas entradas y salidas se encuentran dentro del sistema

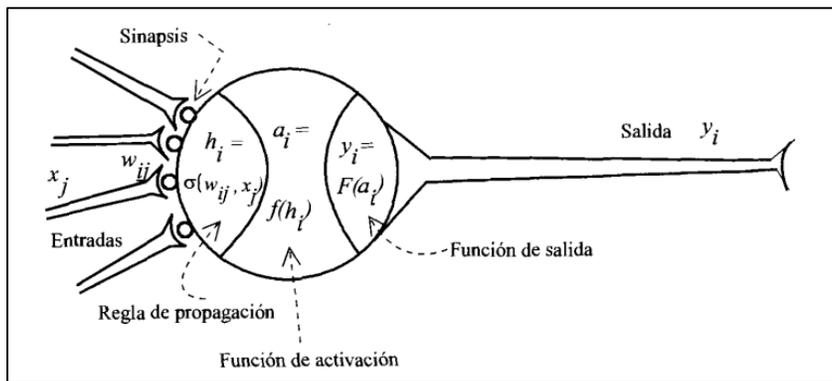
José Ramón Hilera y Victor José Martínez, en su libro *Redes Neuronales Artificiales*, definen a la neurona artificial como el conjunto de los elementos listados a continuación:

- Conjunto de **entradas**,  $x_j(t)$ .
- **Pesos sinápticos** de la neurona  $i$ ,  $w_{ij}$  que representan la intensidad de interacción entre cada neurona presináptica  $j$  y la neurona postsináptica  $i$ .
- **Regla de propagación**  $\sigma(w_{ij}, x_j(t))$ , que proporciona el valor potencial postsináptico  $h_i(t) = \sigma(w_{ij}, x_j(t))$  de la neurona  $i$  en función de sus pesos y entradas.
- **Función de activación**  $G_i(a_i(t-1), h_i(t))$  que proporciona el estado de activación actual  $a_i(t) = G_i(a_i(t-1), h_i(t))$  de la neurona  $i$ , en función de su estado anterior  $a_i(t-1)$  y de su potencial postsináptico actual.
- **Función de salida**  $F_i(a_i(t))$ , que proporciona la **salida** actual  $y_i(t) = F_i(a_i(t))$  de la neurona  $i$  en función de su estado de activación.

Así, la *salida* de la neurona  $i$  se puede expresar de la forma:

$$y_i(t) = F_i(f_i[a_i(t-1), \sigma(w_{ij}, x_j(t))])$$

Este modelo de neurona formal está inspirado en la forma en la que opera la neurona biológica, siendo esta una analogía a la integración de un conjunto de entradas brindar una determinada respuesta, la cual es propagada mediante el axón. [Hilera y Martínez, 1995]



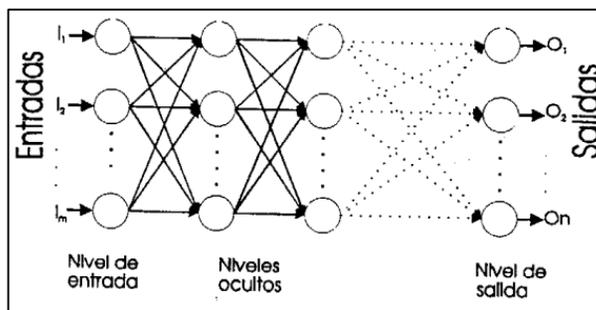
Modelo detallado de la neurona artificial. [Rumelhart, 1986]

Se conocerá como **capa** a un conjunto de neuronas cuyas entradas provienen de la misma fuente y cuyas salidas se dirigen al mismo destino.

### 3.5.5. Topología

A nivel de red se tienen los siguientes elementos, estos constituyen una topología

- Número de capas (entrada, oculta(s), salida)
- Número de neuronas por capa
- Patrones de conexión (propagación hacia adelante, propagación hacia atrás, sistemas recurrentes)



Topología de red multicapa. [Martín y Sanz, 2001]

### 3.5.6. Aprendizaje y Recuerdo

Al construir un sistema de neuronas, partimos desde un cierto modelo de neurona artificial, con una arquitectura de red establecida, definiendo los pesos sinápticos iniciales como aleatorios o nulos. Para que nuestra red sea operativa, debemos entrenarla con datos cuyos resultados ya son conocidos, a esto lo denominamos fase de *aprendizaje*.

El aprendizaje o entrenamiento más usual es el del modelado de las sinapsis, el cual consiste en actualizar los pesos sinápticos mediante una regla de aprendizaje definida, construida normalmente a partir de la optimización de la función de error, con la cual mediremos la precisión de la predicción de la red. [Córdova y Mora, 2007]

Según Bonifacio Martín del Brio y Alfredo Sanz Molina, en su libro Redes Neuronales y Sistemas Difusos, si llamamos  $w_{ij}(t)$  al peso sináptico que conecta la neurona pre-sináptica  $j$  con la neurona post-sináptica  $i$  en la iteración número  $t$ , el algoritmo de aprendizaje, basado en las señales que provenientes del entorno en el instante  $t$ , podemos obtener el valor  $\Delta w_{ij}(t)$ , el cuál es la variación que se debe añadir a dicho peso sináptico, quedando actualizado de la siguiente forma

$$\Delta w_{ij}(t + 1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij}(t)$$

El aprendizaje es iterativo, la actualización de los pesos se produce operando la ecuación anterior una y otra vez, hasta que la red logra alcanzar el rendimiento esperado. Diremos entonces que nuestra red ha sido *entrenada* y por lo tanto ha *aprendido* a procesar las nuevas entradas que se le brinde.

Generalmente, cuando el entrenamiento del sistema se ha culminado diremos que el aprendizaje "se desconecta", así la estructura y los pesos sinápticos quedan fijados, con ello, la red neuronal ya está lista para procesar nuevos datos. Esta forma de operar se conoce como modo de ejecución o *recuerdo*. [Martín y Sanz, 2001]

### 3.5.7. El Perceptrón multicapa

El caso particular de las redes neuronales con el que trabajaremos será una de las arquitecturas más utilizadas: el Perceptrón Multicapa, el cual tiene las siguientes características:

- Una primera capa de entradas, que recibe información del exterior

- Una serie de capas ocultas (intermedias), encargadas de realizar el trabajo de la red
- Una capa de salidas, que proporciona el resultado del trabajo de la red al exterior

En el libro *Redes Neuronales Artificiales* de José Hilera y Victor Martinez, se especifican los siguientes elementos de las neuronas del perceptrón multicapa con  $n$  neuronas en la capa de entrada,  $m$  neuronas en las capas ocultas y  $p$  neuronas en la capa de salida. [Hilera y Martinez, 1995]

### 3.5.7.1. Entradas ( $x$ ) y salidas ( $u, y$ )

Denominaremos con  $x$  a los valores que reciben las neuronas de la capa de entrada. Los valores que envían las capas ocultas entre sí mismas o a la capa de salida se denominarán por  $u$  y el valor final enviado por la capa de salida será  $y$ .

### 3.5.7.2. Pesos sinápticos ( $w$ )

Los pesos sinápticos se encargan de ponderar los datos transmitidos entre neuronas, lo cual permitirá que nuestra red adquiera conocimiento. Los pesos sinápticos de la conexión entre la neurona  $i$  y la neurona  $j$  se representarán como:  $w_{ij}$

### 3.5.7.3. Regla de Propagación ( $h$ )

Integra la información recibida de  $k$  neuronas vecinas y determina el potencial resultante de la interacción entre estas y la neurona  $i$ .

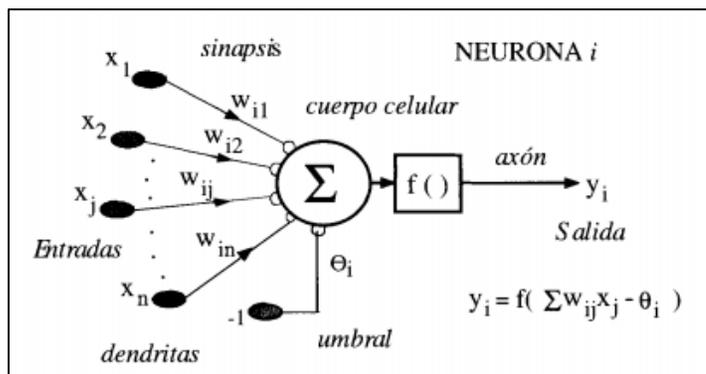
El potencial se representa por:

$$h_i = \sum_{j=1}^k w_{ij} \cdot x_j$$

### 3.5.7.4. Umbral ( $\theta$ )

Llamaremos umbral a un valor establecido para cada neurona, el cual, si es sobrepasado por el potencial producido por la interacción de las neuronas, diremos que la neurona está activada y producirá un valor de salida (de la red o hacia otra neurona).

Llamaremos  $\theta_{ij}$  al **umbral** de la neurona  $i$  en la capa  $j$ .



Modelo de neurona estándar [Martín y Sanz, 2001]

### 3.5.7.5. Potencial de activación ( $a$ )

La diferencia del **potencial** y el **umbral**. Al potencial de activación en la neurona  $i$  de la capa oculta  $j$  se le denominará como:

$$a_i = h_i - \theta,$$

A su vez, en la neurona  $i$  de la capa de salida el potencial de activación será:

$$Y_i = h_i - \theta$$

### 3.5.7.6. Función de Activación ( $f(a)$ )

Aplicaremos determinada función a las los potenciales de activación de cada neurona para calcular su **salida  $u$** .

Las más utilizadas son la sigmoideal logarítmica o hiperbólica, ya que no es necesario derivarlas para encontrar sus derivadas en cierto punto, esto hace que su precisión sea computacionalmente mejor.

Salida de la neurona  $i$  de la capa oculta  $j$ :  $u_{ij} = f(a_{ij})$

### 3.5.7.7. Función de salida ( $F(Y)$ )

Esta función proporcionará el resultado final producto de la propagación de los datos, se aplica a los potenciales de activación de las neuronas de la capa de salida. También es común el uso de la sigmoideal logarítmica o hiperbólica.

La **salida** de la neurona  $i$  de la capa de salida se define como:  $y_i = F(Y_i)$

### 3.5.7.8. Error

Mide la eficacia de la red mediante la diferencia del resultado obtenido y el esperado. Se denominará  $e$  al error de la red en cada iteración por dato de entrada

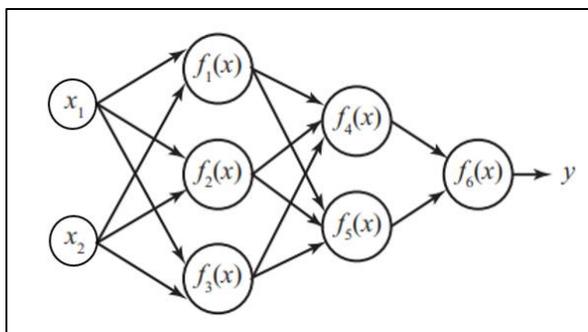
$$e_i = \frac{1}{2} \|h - y\|^2$$

Y denotaremos por  $E$  al error total (error cuadrático medio) de la red habiendo procesado todos los datos

$$E = \left[ \frac{1}{m} \sum \left( \frac{1}{2} \|h - y\|^2 \right) \right] + \frac{\lambda}{2} \sum \sum \sum (w_{ij})^2$$

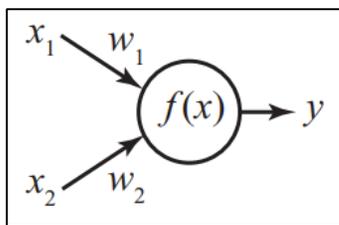
### 3.5.7.9. Ejemplo gráfico

Ejemplo gráfico del perceptrón multicapa con 2 neuronas en la capa de entrada  $x_{1,2}$ , una primera capa oculta ( $f_{1,2,3}(x)$ ), una segunda capa oculta de 2 neuronas ( $f_{4,5}(x)$ ) y una capa de salida con 1 neurona ( $f_6(x)$ ).



Red neuronal de dos capas. [Ponce, 2010]

En cada neurona de la primera capa oculta tendremos:



Neurona artificial. [Ponce, 2010]

### 3.5.8. Algoritmo de Retropropagación

El algoritmo de retropropagación propone ajustar los umbrales y los pesos sinápticos propagando el error obtenido hacia las capas anteriores en cada iteración, hasta que encontremos un error lo suficientemente bajo.

Para esto se añaden dos conceptos adicionales al perceptrón multicapa:

#### 3.5.8.1. Factor de aprendizaje ( $\alpha$ )

Valor constante que permite regular la velocidad del aprendizaje

$$0 < \alpha \leq 1$$

#### 3.5.8.2. Delta ( $\delta$ )

Llamaremos delta de salida ( $\delta_s$ ) al siguiente resultado:

$$\delta_s = \frac{\partial F(Y)}{\partial Y} \cdot e$$

Y llamaremos delta de la capa oculta a:

$$\delta_{ocu} = \frac{\partial f(a)}{\partial a} \cdot (\delta_s * w_{ocu})$$

#### 3.5.8.3. Algoritmo

El procedimiento a seguir para entrenar la red neuronal es el siguiente:

- 1) Definir o establecer aleatoriamente los pesos sinápticos  $w_{ij}$  y los umbrales  $\theta_{ij}$  iniciales ( $t=0$ )
- 2) Para cada entrada de  $x_i$  de la data de aprendizaje
  - 2.1) Ejecutar la red para obtener su respuesta (salida) ante el vector de entrada  $i$ -ésimo
  - 2.2) Calcular los errores  $e_i$  asociados la  $i$ -ésima salida de los datos de entrenamiento
  - 2.3) Verificar si el error de la salida es menor o igual a la tolerancia.

- 3) Calcular el incremento total actual de los pesos y los umbrales
- 4) Actualizar pesos y umbrales.
- 5) Calcular el error total  $E$ , hacer  $t = t + 1$ , y repetir desde el paso 2 si el error no nos parece satisfactorio.

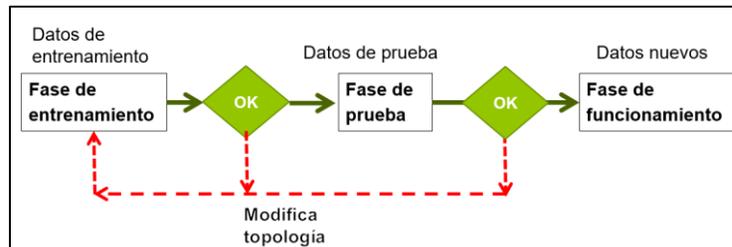
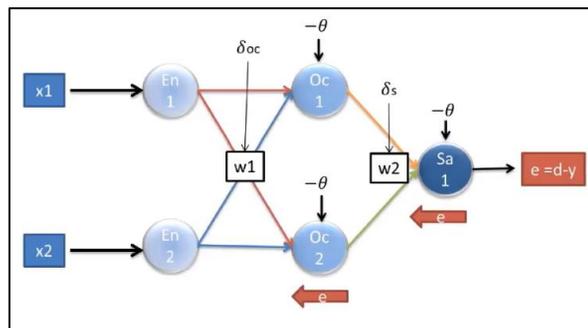


Diagrama de flujo de la red neuronal con retropropagación.

### 3.5.9. Ejemplo del algoritmo de Retropropagación

Considerando una red neuronal de dos entradas, una capa oculta de dos neuronas y una neurona en la capa de salida, tenemos la **topología**:



Topología de la red neuronal del ejemplo.

Los valores iniciales que se establecerían aleatoriamente o directamente son:

$$x = (x_1, x_2)$$

$$w = \{w_1, w_2\} = \{(w_{111}, w_{121}), (w_{21}, w_{22})\}$$

Tomando la primera neurona de la capa oculta, calculamos su **potencial de activación**:

$$a_{Oc_1} = h_{Oc_1} - \theta$$

Donde:

$$h_{oc_1} = \sum_{i=1}^2 w_{1i} \cdot x_i$$

Tenemos:

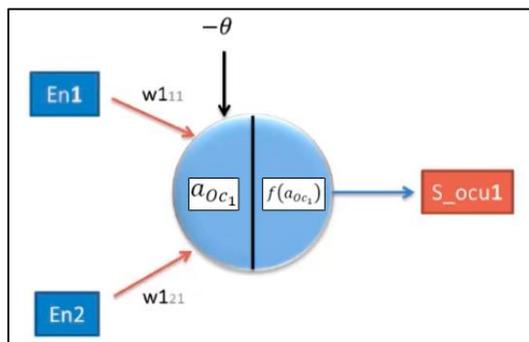
$$a_{oc_1} = \sum_{i=1}^2 w_{1i} \cdot x_i - \theta = w_{11} \cdot x_1 + w_{12} \cdot x_2 - \theta$$

Y podemos tomar la tangente hiperbólica como **función de activación**:

$$f(a_{oc_1}) = \tanh(a_{oc_1})$$

Este resultado nos proporciona la **salida** de la capa oculta 1, que se denominará como ***S\_ocu1***.

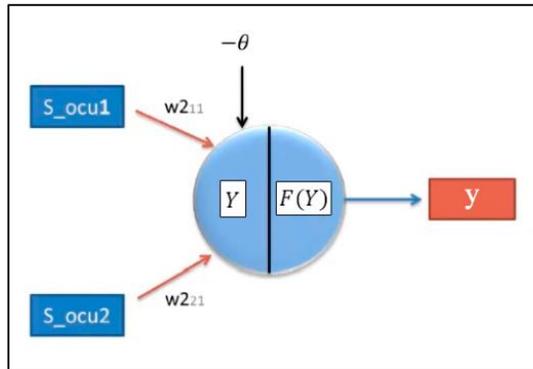
$$S_{ocu1} = f(a_{oc_1})$$



*Capa oculta del ejemplo.*

Análogamente podemos encontrar el valor de la **salida** de la segunda neurona de la capa oculta: ***S\_ocu2***. Luego, la neurona de la capa de salida recibirá las **salidas de las neuronas de la capa oculta** (***S\_ocu1*** y ***S\_ocu2***), con estos valores encontraremos el **potencial de activación** (***Y***) de la neurona de salida, y su respectiva **salida** (***y***), tomando también a la tangente hiperbólica como **función de salida** (***F***), tenemos que la salida de la red neuronal es:

$$y = F(Y) = \tanh(Y)$$



Capa de salida del ejemplo.

El error en esta *primera* iteración, y considerando una sola neurona en la capa de salida, se reduce a:

$$e = y - d$$

Donde  $d$  es la salida esperada, basado en la data de entrenamiento.

Si el error es lo suficientemente menor, el proceso se terminaría. En caso contrario seguimos. Calculamos los deltas de las capas oculta y de salida.

$$\delta_s = \frac{\partial F(Y)}{\partial Y} \cdot e = \frac{\partial \tanh Y}{\partial Y} \cdot (y - d)$$

$$\delta_{ocu} = \frac{\partial \tanh a}{\partial a} \cdot (\delta_s * w_2)$$

Con las deltas pasamos a realizar los ajustes de los pesos sinápticos y los umbrales. Los nuevos pesos sinápticos serán

$$w_2 = w_2 + (\alpha * \delta_s * S_{ocu})$$

$$w_1 = w_1 + (\alpha * \delta_{ocu} * x)$$

Por otro lado, los nuevos umbrales serán

$$\theta_s = \theta_s + (\alpha * \delta_s)$$

$$\theta_{ocu} = \theta_{ocu} + (\alpha * \delta_{ocu})$$

Así se termina el ajuste y se procede a realizar nuevamente el proceso con los nuevos pesos y umbrales, esto arrojará un nuevo valor de salida, volveremos a medir

el error de la red y si este no es satisfactorio entonces se volverá a realizar el ajuste y así sucesivamente.

Con cada iteración ( $n$ ) podemos calcular el error cuadrático medio, que en el caso de tener solo una neurona en la capa de salida será:

$$E_n = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n E(k)$$

Comprobaremos si se cumple que

$$|E_n - E_{n-1}| \leq \epsilon$$

Donde  $\epsilon$  es la tolerancia. La retropropagación terminará una vez se cumpla la inecuación anterior.

### 3.6. Aplicación a datos reales

#### 3.6.1. Redes Neuronales para la toma de decisiones en el marketing bancario

Las buenas tomas de decisiones no son viscerales ni se basan en resentimientos, ni menos en juicios puros. Es posible que los encargados del marketing bancario tomen una decisión incorrecta si no cuentan con información adecuada, gran parte de esta información serán los potenciales clientes a los cuales tendrán que enfocar sus estrategias de marketing.

Uno de los servicios que ofrecen las entidades bancarias es el depósito a plazo fijo. El cual es una forma de inversión que consiste en ahorrar dinero y ganar intereses, depositando dinero en una entidad bancaria por un plazo determinado a través de un contrato que define el plazo y la tasa de interés, la cual será fija durante todo el tiempo establecido.

Esto lo convierte en una forma de guardar nuestro dinero en un lugar seguro, mientras ganamos dinero mediante los intereses generados. Una vez terminado el plazo, la entidad bancaria devolverá el dinero sumado a los intereses ganados. *[Comparabien, 2021]*

### 3.6.1.1. Data para entrenar la red neuronal

Trabajaremos con data publicada en Centro de Aprendizaje de Máquina y Sistemas Inteligentes (*Center for Machine Learning and Intelligent Systems*) de la *Universidad de California* por una entidad bancaria portuguesa anónima.

Este conjunto de datos cuenta con más de 41.000 entradas y 16 parámetros, los cuales consisten en datos personales y anónimos de clientes, datos bancarios generales y los resultados del marketing aplicado al depósito a plazo fijo por dicha entidad bancaria. [UCI, 2012]

### 3.6.1.2. Parámetros considerados en la data de entrenamiento y testeo

A continuación, se detallan los parámetros que se encuentran en la data recolectada de clientes que se suscribieron, o no, a un depósito a plazo fijo en la entidad bancaria portuguesa.

#	Parámetro	Significado	Tipo	Opciones
1	Age	Edad del cliente	Numérico	Cualquier número positivo
2	Job	Tipo de trabajo que realiza el cliente	Texto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• admin.</li> <li>• blue-collar</li> <li>• entrepreneur</li> <li>• housemaid</li> <li>• management</li> <li>• retired</li> <li>• self-employed</li> <li>• services</li> <li>• student</li> <li>• technician</li> <li>• unemployed</li> <li>• unknown</li> </ul>
3	Marital	Estado Civil del cliente	Texto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• divorced</li> <li>• married</li> <li>• single</li> <li>• unknown</li> </ul>
4	Education	Nivel de educación	Texto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• basic.4y</li> <li>• basic.6y</li> <li>• basic.9y</li> <li>• high.school</li> <li>• illiterate</li> <li>• professional.course</li> <li>• university.degree</li> <li>• unknown</li> </ul>

5	Housing	¿El cliente tiene una hipoteca?	Categorico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Sí tiene hipoteca</li> <li>• 0: No tiene hipoteca</li> </ul>
6	Loan	¿El cliente tiene un préstamo activo?	Categorico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Sí tiene préstamo</li> <li>• 0: No tiene préstamo</li> </ul>
7	Month	Mes en que se realiza la campaña de marketing	Numérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Enero</li> <li>• 2: Febrero</li> <li>• 3: Marzo</li> <li>• 4: Abril</li> <li>• 5: Mayo</li> <li>• 6: Junio</li> <li>• 7: Julio</li> <li>• 8: Agosto</li> <li>• 9: Setiembre</li> <li>• 10: Octubre</li> <li>• 11: Noviembre</li> <li>• 12: Diciembre</li> </ul>
8	Day_of_week	Día en que se realiza la campaña de marketing	Numérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Lunes</li> <li>• 2: Martes</li> <li>• 3: Miércoles</li> <li>• 4: Jueves</li> <li>• 5: Viernes</li> <li>• 6: Sábado</li> <li>• 7: Domingo</li> </ul>
9	Campaign	Número de contactos realizados durante la actual campaña de marketing	Numérico	Cualquier número positivo
10	Pdays	Número de días transcurridos desde la campaña de marketing anterior	Numérico	Cualquier número positivo
11	Previous	Número de contactos realizados antes de la campaña de marketing actual	Numérico	Cualquier número positivo
12	Emp.var.rate	Variación de la tasa de empleo (cuatrimestral)	Numérico	Constante definida en cada país por las entidades económicas competentes.
13	Cons.price.idx	Índice de variación media del gasto del consumidor [U.S. BLS, 2021]	Numérico	Constante definida en cada país por las entidades económicas competentes.
14	Cons.conf.idx	Índice de confianza del consumidor, refleja el consumo y el ahorro en hogares. [OECD, 2021]	Numérico	Constante definida en cada país por las entidades económicas competentes.

15	Euribor3m	Tipo de interés al que se prestan el dinero entre sí diferentes bancos europeos, y tiene un vencimiento a 3 meses. [Economipedia, 2012]	Numérico	Constante publicada diariamente por la Instituto Europeo de Mercados Monetarios
16	y	¿El cliente se suscribió al depósito a plazo fijo?	Catagórico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1: Sí se suscribió</li> <li>• 0: No se suscribió</li> </ul>

### 3.6.1.3. Parámetros en la data para predecir

Para predecir si los clientes se suscribirán a un depósito a plazo fijo, el conjunto de datos de los clientes debe contar con los 15 primeros parámetros de la tabla anterior. Adicionalmente se debe proporcionar un identificador para cada cliente; este parámetro textual será: *nombre*.

Con ello, el algoritmo encontrará y ejecutará la red neuronal más preciso posible, y desplegará los resultados en pantalla para *nombre* ingresado.

### 3.6.2. Importación de bibliotecas

El código inicia importando las bibliotecas y funciones necesarias que se utilizarán en el algoritmo implementado en el lenguaje de programación Python, mediante el entorno de desarrollo Spyder.

Las bibliotecas que utilizaremos son:

- Pandas: Biblioteca externa para lectura, manipulación y análisis de archivos de datos.
- Time: Módulo interno de Python que permitirá realizar un control del tiempo.
- Scikit Learn: Biblioteca externa que brinda las herramientas para la predicción y el análisis de datos. [Scikit-learn, 2011]

```
import pandas as pd
import time
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
from sklearn.model_selection import train_test_split
```

```

from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.neural_network import MLPClassifier
from sklearn.metrics import classification_report

```

### 3.6.3. Preparación de la data

En esta sección se realiza la lectura y ajuste de los datos previo a la creación y ejecución de la red neuronal. La data de la entidad bancaria portuguesa se debe encontrar en la carpeta del código fuente con el nombre 'data' y en formato csv (delimitado por comas).

```
data=pd.read_csv('data.csv')
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	age	job	marital	education	housing	loan	month	y_of_w	campaign	pdays	previous	emp.var.rate	cons.price.idx	cons.conf.idx	euribor3m	y
2	65	retired	married	high.school	yes	no	oct	thu	5	3	1	-1.1	94.601	-49.5	1.025	0
3	35	management	married	iversity.degr	no	no	nov	mon	1	7	3	-3.4	92.649	-30.1	0.714	0
4	29	technician	single	iversity.degr	no	no	jun	thu	1	3	1	-2.9	92.963	-40.8	1.26	0
5	34	blue-collar	single	high.school	yes	no	may	wed	1	10	1	-1.8	92.893	-46.2	1.281	0
6	37	entrepreneur	single	basic.9y	yes	no	may	tue	1	2	1	-1.8	92.893	-46.2	1.266	0
7	21	student	single	high.school	yes	no	jun	tue	1	14	2	-1.7	94.055	-39.8	0.713	0
8	27	student	single	high.school	no	no	aug	mon	1	3	2	-2.9	92.201	-31.4	0.884	0
9	44	admin.	married	iversity.degr	no	no	aug	wed	2	4	1	-2.9	92.201	-31.4	0.879	0
10	25	unemployed	married	iversity.degr	no	no	may	mon	8	10	1	-1.8	92.893	-46.2	1.244	0
11	48	blue-collar	married	basic.4y	no	yes	may	thu	2	1	1	-1.8	92.893	-46.2	1.327	0
12	34	technician	married	fessional.co	yes	no	mar	mon	1	6	1	-1.8	93.369	-34.8	0.646	0
13	32	admin.	single	iversity.degr	no	no	jul	fri	1	9	3	-1.7	94.215	-40.3	0.861	0
14	73	retired	married	basic.4y	yes	no	apr	mon	1	6	1	-1.8	93.075	-47.1	1.405	0
15	45	blue-collar	married	basic.6y	no	no	apr	mon	1	1	1	-1.8	93.075	-47.1	1.405	0
16	32	admin.	married	high.school	yes	no	jun	wed	1	10	1	-2.9	92.963	-40.8	1.26	0
17	32	admin.	single	iversity.degr	no	no	oct	fri	2	6	1	-3.4	92.431	-26.9	0.739	0
18	82	retired	married	iversity.degr	no	no	sep	mon	3	3	4	-1.1	94.199	-37.5	0.879	0

Archivo original en formato Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	age,job,marital,education,housing,loan,month,day_of_week,campaign,pdays,previous,emp.var.rate,cons.price.idx,cons.conf.idx,euribor3m,y										
2	56,housemaid,3ried,basic.4y,no,no,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										
3	57,services,3ried,high.school,no,no,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										
4	37,services,3ried,high.school,si,no,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										
5	40,admin.,3ried,basic.6y,no,no,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										
6	56,services,3ried,high.school,no,si,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										
7	45,services,3ried,basic.9y,no,no,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										
8	59,admin.,3ried,professional.course,no,no,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										
9	41,blue-collar,3ried,unknown,no,no,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										
10	24,technician,single,professional.course,si,no,5,1,1,999,0,1,1,93.994,-36.4,4.857,no										

Archivo convertido a formato .csv

### 3.6.4. Conversión de datos

En la data de entrada, tenemos varios parámetros textuales, estos no pueden ser tratados directamente en una red neuronal, por lo cual, deben ser convertidos a datos numéricos. Esto se logra con la función fit.transform de la instancia LabelEncoder.

```

encoder=LabelEncoder()
data['job2']=encoder.fit_transform(data.job.values)

```

```

data['marital2']=encoder.fit_transform(data.marital.values)
data['education2']=encoder.fit_transform(data.education.values)
data['housing2']=encoder.fit_transform(data.housing.values)
data['loan2']=encoder.fit_transform(data.loan.values)
data['month2']=encoder.fit_transform(data.month.values)
data['day_of_week2']=encoder.fit_transform(data.day_of_week.values)

```

Luego almacenamos la data ya ajustada en las variables X (entradas) y Y (salidas)

```

X=data[['age', 'job2', 'marital2', 'education2', 'housing2', 'loan2',
'month2', 'day_of_week2', 'campaign', 'pdays', 'previous', 'emp.var.rate',
'cons.price.idx', 'cons.conf.idx', 'euribor3m']]
y=data['y']

```

### 3.6.5. Datos de entrada del usuario

Se le solicitará, por medio de la consola, al usuario que ingrese los siguientes datos:

- Cantidad de veces que se desea ejecutar la búsqueda de la mejor red neuronal posible. A mayor cantidad, la búsqueda tardará más.
- Límite de tiempo (en segundos) que desea realizar dicha búsqueda.

La búsqueda terminará cuando se alcancen una de las dos condiciones ingresadas por el usuario.

```

print('\nIngrese el número de búsquedas maximas a realizar: ')
nk=int(input())
print('\nIngrese el límite de tiempo máximo de ejecución de la
búsqueda (en segundos)\n')
t=int(input())

```

```

Ingrese el número de búsquedas maximas a realizar:
5
Ingrese el límite de tiempo máximo de ejecución de la búsqueda (en segundos)
120

```

*Ingreso de los límites por consola*

### 3.6.6. Inicialización de Variables

Se definen los valores de las variables que se utilizarán en las iteraciones.

- `r0`, `r1`: almacenan las precisiones de las clases 0 y 1 respectivamente en cada iteración de búsqueda de la red más preciso.
- `mr0`, `mr1`: almacenan las mejores precisiones que se van encontrando mientras avanzan las iteraciones
- `n`: iterador para el bucle `while`, crecerá hasta llegar al límite de búsquedas indicada por el usuario
- `tic`: almacena el tiempo actual antes de iniciar la búsqueda, utilizando la función `time.perf_counter()` de la biblioteca `Time` de Python.

```
r0=0.0
r1=0.0
mr0=0
mr1=0
n=0
no=0
yes=0
tic = time.perf_counter()
```

### 3.6.7. Bucle de búsqueda

Se inicia el bucle `while` con el iterador `n` inicializado en cero. Previamente el usuario ingresó por consola el valor de la variable `nk`, el bucle se romperá una vez la variable `n` alcance el valor de `nk`.

```
while n < nk:
```

### 3.6.8. Ajuste de la data de entrada

Se invocan funciones de la biblioteca `Scikit Learn`

- `train_test_split`: realiza la partición de la data de entrada en data de entrenamiento y data de comprobación, aleatoriamente.
- `scaler.fit`: Calcula la media y el estándar que se utilizará para el escalado.
- `scaler.transform`: Estandariza la data mediante la centralización y el escalado

```
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y)
scaler.fit(X_train)
X_train = scaler.transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
```

### 3.6.9. Buscando la red neuronal más precisa

La instancia de `MLPClassifier` nos brindará un nuevo modelo de red neuronal cada vez que se ejecute. Aunque por defecto cuenta con sus parámetros ya establecidos, también se le puede indicar qué parámetros utilizar.

- `Activation`: Función de activación para las neuronas. En este caso utilizaremos la ‘logistic’ (sigmoideal)
- `Solver`: Función que se encargará de la optimización de los pesos, utilizamos ‘adam’ por ser adecuada para cantidad grande de datos
- `Alpha`: Es la penalidad L2. Se obtuvieron buenos resultados estableciendo este valor en 0.0001.
- `beta_1, beta_2`: Tasa de decaimiento exponencial para estimaciones del vector de momentos.
- `max_iter`: Cantidad máxima de iteraciones que se realizarán.
- `Épsilon`: Valor para la estabilidad numérica cuando se utiliza ‘adam’
- `Shuffle`: Para que la data sea redistribuida aleatoriamente en cada iteración.
- `random_state`: Determina la generación de números aleatorios para la inicialización de ponderaciones y umbrales.

- Tol: Tolerancia del error.
- Verbose: Imprimir mensajes de progreso en la consola.

La red neuronal se guardará en la variable `mlp`.

```
mlp=MLPClassifier(activation='logistic', solver='adam',
alpha=0.0001, beta_1=0.5,beta_2=0.6, max_iter=1500,
epsilon=0.00001, shuffle=True, random_state=None, tol=0.00001,
verbose=False)
mlp.fit(X_train,y_train)
```

### 3.6.10. Predicción de la data de comprobación

Se pasa la data de entrada de comprobación (`X_test`) en la función `predict`. Y con la función `classification_report`, se realiza la comparación de la data de salida de comprobación con la salida de la red neuronal que se ha encontrado en esta iteración, generando un reporte de precisión el cual se almacena en la variable `p`.

Se extraen y guardan las precisiones de las clases del reporte, en las variables `r0` y `r1`. La variable `toc` almacena el tiempo actual, se utilizará más adelante.

```
prediccion=mlp.predict(X_test)
p=classification_report(y_test,prediccion)
a=p.split();
r0=float(a[5])
r1=float(a[10])
toc = time.perf_counter()
```

A continuación, se añaden condicionales que harán que la búsqueda continúe o se detenga.

### 3.6.11. Primera condicional

La búsqueda terminará, si la red neuronal ha tenido una precisión muy alta, mayor de 80% ambas clases. Es algo que no sucede mucho, pero de darse sería un modelo bastante preciso y no tendría sentido seguir buscando otro ya que sería un malgaste de recursos.

```

if r0+r1>1.8:
    break

```

### 3.6.12. Segunda condicional

Si la red neuronal encontrada en la iteración actual, es más preciso que la de la anterior iteración, procedemos a almacenar las nuevas mejores precisiones y el nuevo modelo más preciso.

```

if r0>=mr0 and r1>=mr1:
    mr0=r0
    mr1=r1
    mejor=p
    xm=X_test
    mejormlp=mlp

```

### 3.6.13. Tercera condicional

Solo tomaremos en cuenta modelos de precisión aceptable, mayores a 65% de precisión para ambas clases. Los modelos de menos precisión ni siquiera se considerarán como iteración.

```

if r0>0.65 and r1>0.65:
    n=n+1

```

### 3.6.14. Cuarta condicional

El usuario indicó anteriormente que la búsqueda debería detenerse después de cierto tiempo. Este tiempo será calculado con la diferencia de las variable toc y tic. Si esta diferencia excede el tiempo indicado, la búsqueda terminará en seguida y se imprimirá un mensaje en consola de que esto ha sucedido.

```

if toc-tic>t:
    print('Se ha alcanzado el tiempo máximo de búsqueda
indicado por el usuario!!!')
    break

```

### 3.6.15. Reporte de eficiencia

Para terminar con la fase de entrenamiento y comprobación, se procede a imprimir en pantalla la precisión de la mejor red neuronal encontrada.

```

print('\n El mejor modelo encontrado tiene un precision
de:\n\n'+mejor+'\n')

```

```

El mejor modelo encontrado tiene un precision de:
          precision    recall  f1-score   support

   no         0.92         0.97         0.94         9156
   si         0.56         0.28         0.37         1141

 accuracy         0.90         10297
 macro avg         0.74         0.62         0.66         10297
weighted avg         0.88         0.90         0.88         10297

```

*Precisión del modelo impreso en consola*

Estos resultados respecto al modelo representan respectivamente lo siguiente:

Parámetro	Significado
si, no	Las categorías de datos ingresadas en la data
precision	La precisión del modelo encontrado para cada clase
recall	Mide el éxito de la data de comprobación cuando las clases están muy desequilibradas
f1-score	Es el promedio ponderado de la precisión y el <i>recall</i>
support	Es la cantidad de clases acertadas al momento de la comprobación
accuracy	Cantidad total de aciertos en la comprobación
macro avg	Media ponderada para cada clase sin contar el desequilibrio
weighted	Media ponderada para cada clase teniendo en cuenta el desequilibrio

### 3.6.16. Ingreso de datos nuevos

Análogamente a los datos de entrada para crear la red neuronal, se deben colocar en la carpeta del código fuente un archivo de formato csv llamado *predecir.csv* el cual tendrá por contenido la data de los clientes de los cuales queremos predecir si se suscribirán al plazo fijo. No tendremos el parámetro *y*, pero agregaremos un identificador para cada cliente.

```
comprobar=pd.read_csv('predecir.csv')
```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	age	job	marital	education	housing	loan	month	day_of_week	campaign	pdays	previous	emp.var.rate	cons.price.idx	cons.conf.idx	euribor3m	nombre
2	35	blue-collar	divorced	professional.course	no	no	jun	thu	4	999	0	1.4	94.465	-41.8	4.866	usuario1
3	42	services	married	high.school	no	no	jul	thu	4	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.958	usuario39
4	41	blue-collar	married	basic.4y	no	no	jul	fri	3	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario40
5	37	technician	married	professional.course	no	yes	jul	fri	3	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario41
6	31	blue-collar	single	basic.9y	yes	yes	jul	fri	2	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario42
7	57	blue-collar	married	high.school	no	no	jul	fri	1	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario43
8	57	blue-collar	married	high.school	yes	no	jul	fri	1	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario44
9	27	admin.	married	university.degree	yes	no	jul	fri	1	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario45
10	31	admin.	single	basic.9y	no	no	jul	fri	1	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario46
11	35	admin.	single	university.degree	no	no	jul	fri	1	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario47
12	29	admin.	single	high.school	no	no	jul	fri	1	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario48
13	29	management	single	basic.9y	no	yes	jul	fri	1	999	0	1.4	93.918	-42.7	4.957	usuario49
14																

Archivo elaborado en formato Excel.

1	age,job,marital,education,housing,loan,month,day_of_week,campaign,pdays,previous,emp.var.rate,cons.price.idx,cons.conf.idx,euribor3m,nombre
2	35,blue-collar,divorced,professional.course,no,no,jun,thu,4,999,0,1.4,94.465,-41.8,4.866,usuario1
3	42,services,married,high.school,no,no,jul,thu,4,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.958,usuario39
4	41,blue-collar,married,basic.4y,no,no,jul,fri,3,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario40
5	37,technician,married,professional.course,no,yes,jul,fri,3,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario41
6	31,blue-collar,single,basic.9y,yes,yes,jul,2,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario42
7	57,blue-collar,married,high.school,no,no,jul,fri,1,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario43
8	57,blue-collar,married,high.school,yes,no,jul,fri,1,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario44
9	27,admin.,married,university.degree,yes,no,jul,fri,1,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario45
10	31,admin.,single,basic.9y,no,no,jul,fri,1,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario46
11	35,admin.,single,university.degree,no,no,jul,fri,1,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario47
12	29,admin.,single,high.school,no,no,jul,fri,1,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario48
13	29,management,single,basic.9y,no,yes,jul,fri,1,999,0,1.4,93.918,-42.7,4.957,usuario49

Archivo convertido a .csv

### 3.6.17. Transformación de los datos nuevos

Esta parte del código se encarga realizar la transformación de los datos textuales y almacenarlos en la variable *X\_pred*.

```
encoder2=LabelEncoder()
comprobar['job2']=encoder2.fit_transform(comprobar.job.values)
```

```

comprobar['marital2']=encoder2.fit_transform(comprobar.marital.values)
comprobar['education2']=encoder2.fit_transform(comprobar.education.values)
comprobar['housing2']=encoder2.fit_transform(comprobar.housing.values)
comprobar['loan2']=encoder2.fit_transform(comprobar.loan.values)
comprobar['month2']=encoder2.fit_transform(comprobar.month.values)
comprobar['day_of_week2']=encoder2.fit_transform(comprobar.day_of_week.values)

X_pred=comprobar[['age','job2','marital2','education2','housing2','loan2','month2','day_of_week2','campaign','pdays','previous','emp.var.rate','cons.price.idx','cons.conf.idx','euribor3m']]

```

### 3.6.18. Resultados de la actividad

Esta última parte del algoritmo se encarga de pasar los nuevos datos por la red neuronal más precisa que se encontró, para a continuación mostrar en la consola los resultados de la predicción.

```

scaler2 = StandardScaler()
scaler2.fit(X_pred)

X_pred = scaler2.transform(X_pred)
prediccion2=mejormlp.predict(X_pred)
print('=====\n\nLa prediccion de los datos es:\n')

print('| \tNombre\t| \t¿Se suscribirá?\t|\n')

for j in range(len(prediccion2)):
    print('| \t'+comprobar['nombre'][j]+' \t| \t'+prediccion2[j]+' \t|\n')
print('=====\n')

```

```
=====
La prediccion de los datos es:
| Nombre | ¿Se suscribirá? |
| usuario1 | no |
| usuario39 | no |
| usuario40 | si |
| usuario41 | no |
| usuario42 | si |
| usuario43 | si |
| usuario44 | si |
| usuario45 | si |
| usuario46 | si |
| usuario47 | si |
| usuario48 | si |
| usuario49 | si |
=====
El éxito de la campaña será de:
75.0%
=====
```

*Los resultados de la predicción y el éxito de la campaña impresos en consola*

## Capítulo IV

### IV. Conclusiones

La red neuronal logró predecir si los clientes potenciales se suscribirán a un depósito de plazo fijo en una entidad bancario.

Con una cantidad de más de 41.000 datos de entrada, en los cuales se consideraron 15 parámetros como los más importantes, se obtuvo una precisión media de 90%, lo cual es un valor bastante alto y podrá ser tomado en cuenta en el ámbito bancario para la toma de decisiones en la selección del público objetivo para sus estrategias de telemarketing.

Cabe señalar que la data utilizada para el entrenamiento de la red neuronal es bastante desequilibrada, pues en su mayoría son de clase negativa, para mejorar la calidad de esta data es necesario trabajar de la mano de un experto en el tema del marketing bancario, el cual seguramente indicará una mejor selección, no solo de los datos sino de los parámetros.

## Capítulo V

### V. Recomendaciones

La red neuronal predice si un cliente potencial, tiene una alta posibilidad de suscribirse a un depósito a plazo fijo a través de una campaña de telemarketing, con lo cual, los encargados del marketing bancario pueden utilizar esta información ya sea para enfocar sus estrategias marketing sobre los potenciales clientes que se suscribirán, como también modificar estas estrategias sobre los clientes que no se suscribirían.

Si bien esta implementación ha utilizado data de una entidad bancaria anónima portuguesa, se puede también implementar en Perú con data recolectada de entidades bancarias peruanas.

En mayo de este año, el Congreso de la República aprobó el retiro del 100% de los fondos de las AFP. Ante ello, Alfredo Ramírez, CEO de *Comparabien* (portal enfocado en la banca), comentó al diario Gestión que *“los bancos, cajas y financieras estarán ofreciendo uno o dos puntos porcentuales más en sus tasas de interés de depósitos a plazo fijo, respecto a lo que se ofrece regularmente”*. [Gestión, 2021]

Para lo cual es importante desarrollar una buena estrategia de marketing para captar a los clientes potenciales, un apoyo para estas podría ser un modelo que realice la predicción de los resultados de las campañas de marketing bancario.

Como un paso adicional, trabajando de la mano con un especialista en análisis de datos se puede tener data más equilibrada, además con un experto en el ámbito bancario peruano tendrán que modificar las constantes bancarias europeas que se utilizaron en este trabajo, también se pueden añadir nuevos parámetros relevantes en la data.

## Capítulo VI

### VI. Bibliografía

- [AMA, 2017] American Marketing Association (2017). Definitions of Marketing.
- [CEUPE, 2017] Centro Europeo de Postgrado (2017). Marketing bancario: ¿por qué es uno de los más complejos? <https://www.ceupe.com/blog/marketing-bancario-por-que-es-uno-de-los-mas-complejos.html>
- [Córdova y Mora, 2007] Mauricio Córdova Q., Pablo Mora M. Estudio de Redes Neuronales y Aplicaciones Prácticas (2007). Universidad del Azuay
- [Comparabien, 2021] Sitio Web Comparabien.com.pe (2021). Depósitos a Plazo. <https://comparabien.com.pe/depositos-plazo>
- [Economipedia, 2012] Plataforma de educación: Economipedia, Víctor Velayos Morales (2012) <https://economipedia.com/definiciones/euribor.html>
- [Gestión, 2021] Selene Rosales, Periódico Gestión (2021). Depósitos a plazo fijo: se alistan alzas en tasas de interés para captar retiros de AFP.
- [Hilera y Martinez, 1995] José Ramón Hilera Gonzáles, Víctor José Martínez Hernario (1995). Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, modelos y aplicaciones.
- [Martín y Sanz, 2001] Bonifacio Martín del Brio, Alfredo Sanz Molina (2001). Redes Neuronales y Sistemas Difusos, 2º Edición Ampliada y Revisada. Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Universidad de Zaragoza.
- [Moro, 2014] Sergio Moro (2014). A Data-Driven Approach to Predict the Success of Bank Telemarketing.
- [OECD, 2021] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2021) <https://data.oecd.org/leadind/consumer-confidence-index-cci.htm>
- [Ponce, 2010] Dr. Pedro Ponce Cruz (2010). Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería.
- [Rivera y De Garcillán, 2014] Jaime Rivera Camino, Mencía de Garcillán López-Rúa (2014). Marketing sectorial. Principios y aplicaciones.
- [Rumelhart, 1986] Rumelhart, D. E., McClelland, J.L. Parallel Distributed Processing. Vol 1: Foundations. (1986)
- [Scikit-learn, 2011] Scikit-learn: Machine Learning in Python. Pedregosa (2011)
- [UCI, 2012] Universidad de California, Irvine. Bank Marketing Data Set. Recuperado de <https://archive.ics.uci.edu>
- [U.S. BLS, 2021] U.S. Bureau of Labor Statistics (2021). <https://www.bls.gov/>