



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

TÍTULO: DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS PERECIBLES CASO APLICADO; HELADERÍAS EN CUENCA-ECUADOR.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

Magister en Matemática Aplicada

Autor:

Carlos Daniel Faicán Vélez

Director:

Jonnatan Fernando Avilés González

Cuenca – Ecuador

2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero iniciar agradeciendo a mis padres Carlos Faicán y María Vélez, por haberme apoyado durante todo este proceso a lo largo de mi estudio en esta maestría, de igual manera por siempre estar pendiente de lo que necesitaba y ser un pilar fundamental en mi formación.

A mis abuelitos maternos, Pablo Vélez y Gladys Tello, quienes siempre han estado pendiente de mi avance y de mi bienestar, fueron pilar muy importante en el desarrollo de mi masterado.

A mis abuelitos paternos, Víctor Faicán y Teresa Cabrera, quienes desde el cielo me han bendecido durante todo mi trayecto de formación y crecimiento, como persona y profesional.

A mis hermanos, Valentina y Andrés, por siempre ayudarme con nuevas ideas e instrumentos que me apoyen en la realización de este trabajo.

A mi novia, Cristina Dávila, quien siempre me ha brindado su apoyo y ayuda a lo largo de este proceso de aprendizaje y escritura, por su paciencia y su ayuda en la redacción de este trabajo.

Finalmente, a mis directores de trabajo de titulación y maestría, Jonnatan Avilés e Iván Mendoza, por ser una guía y un apoyo a lo largo de esta maestría y siempre estar dispuestos a colaborar y responder las dudas pertinentes que han ido apareciendo a lo largo de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo de titulación a todos los miembros de mi familia, pareja, docentes, compañeros y amigos, los cuales han sido un gran apoyo a lo largo de mi formación profesional y personal, además de que siempre tuvieron la confianza de verme crecer y finalizar mi maestría con un excelente desempeño y dedicación.

INDICE

Agradecimientos	II
Dedicatoria	III
Índice.....	IV
Resumen	VI
Abstract.....	VII
Introducción	1
Revisión Bibliográfica.....	2
Modelos para perecibles	2
Modelos de predicción	4
Cartas de control estadístico.....	8
Redes Neuronales.....	11
Metodología	14
Resultados.....	18
Conclusiones/Discusiones.....	23
Referencias.....	25

TABLA DE CUADROS y GRÁFICAS

Tabla 1	3
Tabla 2	5
Tabla 3	9
Tabla 4	12
Tabla 5	14
Figura 1	15
Tabla 6	19
Tabla 7	19
Tabla 8	20
Figura 2	20
Figura 3	21
Figura 4	21
Figura 5	22
Figura 6	22
Figura 7	23

Desarrollo de una metodología para el análisis de la demanda de productos perecibles caso aplicado; heladerías en Cuenca-Ecuador

Carlos Daniel Faicán Vélez; cfaican@es.uzuay.edu.ec - Jonnatan Fernando Avilés
González; javiles@uazuay.edu.ec

RESUMEN

El siguiente trabajo se basa en plantear un modelo de predicción con el apoyo de redes neuronales, con la finalidad de obtener datos los cuales permitan conocer el nivel de demanda productos perecibles, en este caso, helado, y así poder obtener un análisis que permita a la empresa generar un mayor beneficio monetario y no obtener pérdidas por producto dañado, debido a su baja demanda en ciertas temporadas, ya que el hecho de tener productos suficientes para la venta de cada mes puede traer mejores beneficios a cuando estos sobran ya que se convierten en alimentos dañados y que forman parte de las pérdidas del negocio. Los datos analizados fueron proporcionados por una empresa local, la cual proporcionó 24 datos pertenecientes a dos años de ventas. Finalmente, se desarrolla un análisis final para corroborar la efectividad del modelo a partir del análisis de diferentes tipos de errores estadísticos.

Palabras clave.

Modelo de predicción, helado, productos perecibles, redes neuronales.

Dr. Sc Jonnatan Avilés
Director

Carlos Faican
Estudiante

ABSTRACT

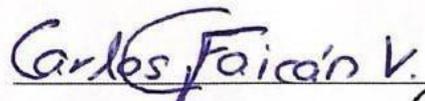
The following work is based on proposing a prediction model with the support of neural networks, in order to obtain data which allow to know the level of demand for certain perishable products, in this case, ice cream, and thus be able to obtain an analysis that allows the company to generate a greater monetary benefit and not obtain losses due to damaged or expired product, due to its low demand in certain periods of time, the analyzed data were provided by a local company, which has a quantity of 24 data belonging to two years of sales. Finally, it is proposed to develop a final analysis to corroborate the effectiveness of the model and to know its level of efficiency from the analysis of different types of statistical errors.

Keywords

Prediction model, ice cream, perishables, neural networks.



Dr. Sc Jonnatan Avilés
Director



Carlos Faicán
Estudiante

INTRODUCCIÓN

Son escasos los modelos o guías que permitan predecir el comportamiento de productos perecibles bajo un contexto ecuatoriano, lo que dificulta el estudio de estos y generan pérdidas en aquellos negocios que usan este tipo de productos como su materia prima principal, además de que estos modelos se deben adaptar a la realidad nacional que atraviesa el país, ya sea por el nivel de consumo o por las condiciones en que estos son almacenados, por lo que se busca solucionar este problema proponiendo una guía que pueda apoyar a crear este tipo de modelos.

Ejemplos específicos acerca de la problemática expuesta anteriormente es la leche, en el buscador de Google, al momento que se coloca en el motor de búsqueda los términos, modelos de predicción de leche en el Ecuador, en su mayoría se enfocan en la parte económica de la empresa, mas no en su vida útil como producto perecible, lo cual no revela una realidad nacional y no se acerca al propósito del proyecto, ya que lo que se busca es analizar la demanda de productos de este tipo, que al no contar con una base estable de estudio, se complica determinar un modelo que apoye el estudio de este tema.

La solución para este problema es analizar una base de datos histórica de productos de este tipo y conocer su demanda, con el objetivo de poder establecer bajo qué circunstancias estos productos pueden ser comercializados, y mas importante, no generen pérdidas monetarias o de inventario dañado. Para lograr esto, se plantea diseñar una guía que permita crear un modelo de predicción que ayude a conocer cuales son los factores principales que influyen en la demanda de estos productos y así brindar una solución y un punto de inicio para el análisis de productos similares.

La investigación se estructura con una revisión bibliográfica breve de autores y trabajos en los cuales se han aplicado las técnicas que se usarán como parte de la

metodología, para conocer su punto de vista, y más importante, la efectividad que estos han tenido. Además, de saber bajo que parámetros se deben elegir ciertas técnicas sobre otras y que consideraciones se deben realizar para que el modelo arroje los resultados esperados.

Revisión Bibliográfica

Modelos para perecibles

Los productos perecibles al ser el objeto de estudio principal para el trabajo de investigación, debe contener modelos o propuestas que se hayan realizado al respecto para conocer su aplicación y los posibles resultados que pueden aparecer a acuerdo al modelo aplicado.

Para ello se ha recurrido a una revisión bibliográfica la cual apoye a la investigación del objeto de estudio con la finalidad de conocer los posibles métodos que se pueden adaptar a los análisis respectivos, además de conocer opiniones sobre aquellos autores que han logrado crear o estar cerca de diseñar modelos de predicción acertados.

Tabla 1

Modelos para perecibles propuestos

Título	Descripción	Aplicación	Método aplicado	Análisis de resultados
ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS PERECIBLES EN UN SUPERMERCADO (Valdivia, 2019)	De acuerdo Valdivia (2019), se busca crear un modelo de predicción que se ajuste a la demanda de productos perecibles, en especial la palta Hass Extra a Granel y el tomate a Granel.	La aplicación del modelo de acuerdo a Valdivia (2019), se da con el apoyo de 630 datos, de los cuales 600 son usados para entrenar el modelo, 7 como lead time y 23 como testeo.	De acuerdo a los modelos probados en el trabajo de investigación, el modelo que mejor se adapta de acuerdo a Valdivia (2019) es el modelo de Random Forest por su porcentaje de error que es menor al 25%.	De acuerdo a Valdivia (2019), los modelos arrojan diferentes cantidades en su respectivo error porcentual absoluto medio, lo cual descarta varios modelos hasta obtener al Random Forest como el modelo que mejor se adapta la predicción de la demanda de estos productos.
MODELOS SUGERIDOS COMO HERRAMIENTAS PARA LA MICROBIOLOGÍA PREDICTIVA EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS (Gutiérrez, 2011)	De acuerdo a Gutiérrez (2011), se busca aplicar la microbiología como un método que permita determinar la vida promedio de una despensa de alimentos perecibles.	La aplicación del modelo de acuerdo a Gutiérrez (2011), es aplicar la microbiología como un método de predicción a partir del comportamiento de bacterias entre otros factores	De acuerdo a Gutiérrez (2011), se aplica la microbiología predictiva, la cual analiza tres factores primordiales que son: la temperatura, pH y actividad del agua. Además de construir modelos matemáticos que busca predecir con gráficos lo que se quiere buscar.	De acuerdo a Gutiérrez (2011), existen diferentes sitios web los cuales proporcionan las herramientas necesarias para crear un modelo de predicción que se aproxime a la realidad que se desea simular.

Modelos de predicción

Se definen como “un conjunto de herramientas y técnicas estadísticas que sirven para pronosticar y predecir el comportamiento ante un evento.” (Nowak, 2022, p. 1), es decir, son modelos matemáticos que arrojan posibles resultados proyectados al futuro.

Además, se ha hecho una revisión a algunos trabajos los cuales aplican estos modelos como métodos de toma de decisiones e incluso para conocer el comportamiento de ciertas variables a partir de la información proporcionada por un registro histórico. Esta investigación se realiza con la finalidad de recopilar información que pueda ser de apoyo para el desarrollo del trabajo y a su vez conocer el punto de vista de varios autores, acerca de su uso e incluso probabilidad de acierto en los resultados previstos.

Tabla 2

Modelos de predicción

Título	Descripción	Aplicación	Método aplicado	Análisis de resultados
Modelo de predicción de la deserción estudiantil de primer año en la Universidad Bernardo O'Higgins. (Matheu et al., 2018)	Según Matheu et al. (2018), se analiza la deserción estudiantil en la Universidad Bernardo O'Higgins, a partir de un modelo de predicción que determine cuales son las principales variables que influyen en esta decisión.	Los datos que se obtuvieron de acuerdo a Matheu et al. (2018), pertenecen a 2471 estudiantes pertenecientes a las cohortes 2014 y 2015 que estuvieron en el primer año de formación en la universidad, a partir del mismo, se utiliza la técnica de regresión logística.	El método de regresión logística logra determinar de acuerdo con Matheu et al. (2018), que son diecisiete los factores que influyen en la decisión de los estudiantes para abandonar sus estudios, los cuales obtiene un valor de significancia, $p < 0.05$.	De acuerdo con análisis desarrollado por Matheu et al. (2018), los factores que más influyen en la deserción escolar están relacionadas con el género, jornada de estudio, colegio de procedencia, con quien vive, nivel PSU y ocupación del padre.
Utilidad de los modelos de predicción de fracaso y su aplicabilidad en las cooperativas (Gómez y Ferreiro, 2019)	El trabajo consiste en describir cuales son los modelos de predicción usados por diferentes autores a lo largo de los años para predecir su posible fracaso, además de conocer qué	La aplicación se divide en dos partes, autores los cuales han aplicado modelos de una sola variable y la segunda en donde nuevos autores aplican métodos multivariados de acuerdo con los datos obtenidos en las entidades bancarias.	El método aplicado por los autores recopilados según Gómez y Ferreiro (2019), depende del número de variables que se analicen, si es una puede arrojar resultados prometedores, sin embargo, el carácter multivariado de las finanzas no permite que este	De acuerdo con Gómez y Ferreiro (2019), los modelos predictivos de fracaso económico deben ser de multivariados, debido a la complejidad del tema y al dinamismo que este sector tiene en sus diferentes entidades.

		condiciones pueden llevar a esto.		modelo pueda funcionar, por lo que se opta por un modelo que analice varias variables a la vez.	
Construcción e implementación de un modelo para predecir el rendimiento académico de estudiantes universitarios mediante el algoritmo Naïve Bayes (Rico et al. 2019)	e de el de el de el	El trabajo busca crear un modelo de predicción el cual aporte o permita reconocer el rendimiento de los estudiantes a partir de factores y variables, las cuales tienen influencia en el objetivo del estudio.	La aplicación según Rico et al. (2019) se basa en la recopilación de datos históricos de estudiantes los cuales han tenido diferentes rendimientos académicos, además de colocar aquellas variables que tienen influencia en estos resultados, para así determinar cual es el factor que mayor correlación tiene con el nivel de	El método aplicado es el de Naïve Bayes, el cual consiste en estudiar la estadística de que puedan ocurrir ciertos eventos a priori y posteriori, además de que nos permite conocer cuales son las variables que tienen mayor influencia en el desempeño de los estudiantes.	Según Rico et al. (2019), los resultados obtenidos por el análisis arroja dos posibles resultados, en el caso de los resultados a priori, se obtiene que la variable que tiene mayor influencia es si promedio actual, mientras que los resultados a posteriori arrojan como mayor influyente a si el estudiante, estudia por su cuenta.



Cartas de control estadístico

Se definen “una herramienta estadística, utilizada dentro del control estadístico de los procesos, ya que es un instrumento útil para monitorear la estabilidad de los procesos, que puede detectar anomalías en determinado momento del proceso” (Merli, 2012, como se citó en Herrera et al., 2019, párr. 1).

Para complementar la investigación, se ha realizado una revisión bibliográfica que apoyará al diseño de la metodología que se desea aplicar en el trabajo, para ello se ha investigado acerca de las cartas de control estadístico, específicamente, aplicaciones puntuales de este método de análisis de datos, con la finalidad de obtener una base que permita orientar su aplicación en el trabajo y a su vez conocer la opinión de autores que han aplicado esta técnica y como fue el procesos que se siguió para obtener los mejores resultados de la misma.

Tabla 3

Cartas de control estadístico

Título	Descripción	Aplicación	Método aplicado	Análisis de resultados
Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón (Romero et al., 2018)	El trabajo se basa en usar las cartas de control estadístico para determinar si la producción de jabones, específicamente su corte, esta controlado, es decir, se mantiene dentro de los límites que determinan que el proceso es regular.	La aplicación de acuerdo a Romero et al. (2018), se basa en la recopilación de datos y la obtención de la media, desviación estándar y los límites de control para las cartas, una vez realizado este proceso inicia el análisis de los datos para corroborar si el proceso se mantiene normal o tiene ciertas alteraciones.	A partir de los datos recolectado y aquellos calculados, se obtiene de acuerdo a Romero et al. (2018), que la producción del jabón tiene ciertas irregularidades, a partir de esto se realizan diferentes cambios a las condiciones en las que estos son cortados, como la temperatura, la humedad, viscosidad, entre otros, con la finalidad de obtener datos que demuestren un proceso estable y dentro de los límites.	A partir de los resultados obtenidos por Romero et al. (2018), se considera que las cartas de control facilitaron la búsqueda de aquellos factores que influenciaron en la variabilidad de los resultados colocados en las cartas y que al ser modificados, pueden arrojar mejores resultados.
<u>Aplicación del control estadístico multivariado para medir la capacidad</u>	<u>Se aplican las cartas de control para determinar si el proceso de fabricación de resortes de acero se</u>	<u>La aplicación, según Herrera et al. (2018), consistió en obtener datos acerca de los resortes</u>	<u>A partir de los datos obtenidos, se aplican ecuaciones los cuales determinan el límite superior</u>	<u>De acuerdo a los resultados obtenidos por Herrera et al. (2018), en la primera fase del estudio el proceso tiene un</u>

<p>del proceso de fabricación de resortes de compresión en acero inoxidable (Herrera et al., 2018)</p>	<p>mantiene regular, para ello, el estudio se divide en 2 fases temporales diferentes.</p>	<p>elaborados en dos periodos distintos, además, se considera que las principales variables a estudiar son: el radio superior e inferior del resorte en milímetros y su peso en gramos.</p>	<p>el cual determinará si el proceso se mantiene estable, según Herrera et al. (2018), las cartas de control aplicadas para el estudio son las cartas t_2 de Hotelling, que aplican ese límite como un determinante.</p>	<p>solo dato el cual se sale del límite superior, por lo que se lo elimina del estudio, y se logra la regularización del proceso, sin embargo, el resultado cambia en la fase dos, debido a que los materiales que fueron usados para crear nuevos resortes fueron diferentes, lo cual generó un proceso irregular en el cual se deberán considerar nuevas variables.</p>
<p>Cartas de control para optimizar el proceso de pintura de láminas de aluminio (Restrepo, 2018)</p>	<p>El proyecto se basa en la aplicación de las cartas de control para determinar si la cantidad de pintura colocada en piezas de aluminio se mantienen bajo un proceso controlado o se debe crear una guía que permita que el proceso se regule.</p>	<p>De acuerdo a Restrepo (2018), la manera en la que se procede con la aplicación de las cartas de control, se basa en el análisis de los datos obtenidos y la cantidad de pintura que se coloca en las láminas para obtener un historial y revisar si el procedimiento es regular o no.</p>	<p>Restrepo (2018), aplica el método de las cartas de control a partir de los datos obtenidos en su estudio, y los resultados que arrojan se encuentran fuera del límite planteado, la carta de control aplicada es la de t_2 de Hotelling, la cual establece un punto máximo el cual determina si un proceso es regular o no.</p>	<p>De acuerdo con la realizado por Restrepo (2018), se obtiene como resultado que el proceso está completamente fuera de control, debido a la gran influencia humana que este proceso guarda, por lo que opta crear un manual o sugerencias que permita regular el proceso para así lograr una normalidad en los datos.</p>

Redes neuronales

Se definen como: “un método de la inteligencia artificial que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano” (Amazon Web Services [AWS], 2023, párr. 1), es decir, permite a las computadoras procesar la información con mayor detalle.

A partir de la definición, se buscan las diferentes aplicaciones que se pueden realizar con este tipo de programa de simulación, por lo que, se ha realizado una revisión bibliográfica, de autores los cuales han aplicado esta técnica con la finalidad de predecir el comportamiento de una serie de datos, a su vez, recolectar las conclusiones obtenidas por estos, para así conocer bajo que parámetros, herramientas, variables, entre otras condiciones que regulen o permitan crear una simulación de buena proximidad con la realidad.

Tabla 4

Redes neuronales

Título	Descripción	Aplicación	Método de aplicación	Análisis de resultados
PRONÓSTICO DE VENTAS DE EMPRESAS DEL SECTOR ALIMENTOS: APLICACIÓN DE REDES NEURONALES (Morales et al., 2019)	El trabajo cuenta con el objetivo de pronosticar la venta de alimentos con el apoyo de redes neuronales que permitan procesar los datos de manera que puedan arrojar posibles resultados a lo largo de un periodo de tiempo.	La aplicación de acuerdo a Morales et al. (2019), consiste en recolectar datos en base al consumo de alimentos y compararlos con variables que se relacionan al tema principal, como: la población, ingresos económicos, entre otros factores, con diferentes técnicas de predicción, ya sean modelos de regresión lineal o RNA.	Las redes neuronales planteadas por Morales et al. (2019), están construidas a partir de nodos de entrada que se relacionan con el tema principal de estudio, que involucra conocer la relación que existe entre variables con el objeto de estudio, a su vez, se compara su efectividad con un modelo lineal el cual trabaja de manera similar comparando únicamente dos variables a la vez.	De acuerdo a los resultados obtenidos por Morales et al. (2019), cada empresa que formó parte del estudio, arroja resultados diferentes, debido a la variedad de sus datos, por ejemplo en ciertas empresas el modelo RNA, se adapta mejor que los árboles de decisión y sucede en viceversa, por lo que se debe aplicar el modelo que mejor se adapte al conjunto de datos usados.
Aplicación de redes neuronales en la predicción de mortalidad de neumonía (García, 2018)	El proyecto se basa en el estudio de la mortalidad de la neumonía adquirida por personas que hayan ingresado al hospital en un periodo temporal, a partir del mismo, se obtienen datos los cuales	La aplicación según García (2018), se basa en la recolección de datos de los pacientes que hayan ingresado al hospital por neumonía y estudiar aquellas variables que influyen en la mortalidad	El método que se aplica para examinar los datos, propuesto por García (2018), consiste en crear una RNA, en la cual se coloquen las capas necesarias que permitan examinar la información de acuerdo con	Finalmente, con los resutados obtenidos, García (2018), concluye que le modelo tiene un nivel de confianza de 93%, es decir, puede predecir el nivel de mortalidad de la enfermedad en la gran

permiten construir modelos de predicción con el uso de RNA.

que puede llegar a tener la enfermedad, además de conocer si este modelo se puede adaptar a situaciones reales.

los parámetros o variables que se han determinado para el estudio.

mayoría de pacientes que ingresen al hospital, esto gracias a la aplicación de las RNA como método de predicción.

METODOLOGÍA.

Se diseñó un modelo de predicción con redes neuronales en el programa de Google Colab, el cual ocupa el software de Python para la elaboración del modelo. Los datos que se van a analizar fueron proporcionados por una heladería local, la cual brindó valores referentes a su margen de ventas, es decir, la cantidad de helado vendido y el dinero recolectado por los mismos. Esta información está ordenada de manera cronológico desde el mes de enero de 2019 hasta diciembre de 2020, obteniendo un total de 24 datos que fueron analizados en el modelo propuesto. Además, con el apoyo de las redes neuronales el modelo discrimina la información y la ordena de manera que pueda ser analizada por la red y a su vez arrojar los resultados predichos por el programa. Finalmente, se han planteado desarrollar dos modelos, para analizar las variables principales de los datos proporcionados en el dataset, el mismo será colocado en los anexos.

Tabla 5

Extractos del dataset de ventas realizadas por una heladería local

HELADO COPAS /CONOS	CANTIDAD EN TODOS LOS LOCALES	VENTAS TOTALES	AÑO
MES 1	3969	13750,7588	2019
MES 2	675	1191,7918	2019
MES 3	170252	302128,157	2019
MES 4	6006	21213,999	2019
MES 5	284605	443757,839	2019
MES 6	2277	8325,7095	2019
MES 7	1170	5470,91391	2019
MES 8	20463	22772,8786	2019
MES 9	175816	227351,524	2019
MES 10	15409	35643,5145	2019

Flujograma

La metodología se detalla en el siguiente flujograma:

Figura 1

Flujograma de la metodología



Pasos de la metodología aplicada

La metodología que se aplicó en el diseño del modelo se describe en diferentes pasos los cuales se describen a continuación:

- **Activar librerías:** Se usó el programa Google Colab el cual aplicar el software Python para su desempeño, por lo que se procedió a activar las librerías que se usarían para este modelo las cuales son:
 - pandas
 - sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
 - sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score, mean_absolute_error
 - tensorflow.compat.v1
 - from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
 - numpy
 - matplotlib.pyplot
 - math
- **Armamos las redes neuronales:** Se colocan los valores constantes que entrenarán el modelo de acuerdo al número de capas que se ha determinado para el estudio y las neuronas que participarán en el modelo, a su vez, el periodo de análisis de los datos, para ello se han establecidos los siguientes parámetros:
 - **LAG:** 12, debido a que analizamos datos pertenecientes a un periodo aproximado de un año, se ha establecido estudiar los mismos en 12 meses equivalentes a un año.

- **Neuronas por cada capa oculta:** Se ocuparán 5 neuronas por cada capa oculta de nuestro modelo, con la finalidad de ajustar el programa a nuestros datos y a su vez evitar el sobreajuste de los datos.³
- **Número de épocas:** Se han establecido realizad 1000 épocas de prueba por la limitada cantidad de datos proporcionado por el dataset, con la finalidad de obtener un modelo que se pueda acoplar a los valores reales que arrojará el modelo.
- **Importamos el dataset:** Con el apoyo de la librería panda se importa a Google Colab los datos que formarán parte del análisis para poder crear el modelo de predicción.
- **Analizamos y graficamos el dataset:** Obtenemos los valores estadísticos más importantes como la media, desviación estándar y las medidas de posición, a su vez graficamos los datos para poder observar el comportamiento de los mismos.
- **Datos de entrenamiento y prueba:** Delimitamos los datos que entrenarán al modelo de predicción y aquellos que realizarán la prueba, para ello se ha determinado usar 22 de los 24 datos para entrenar el modelo y 2 para probar su efectividad.
- **Normalizamos los datos:** Debido a la variación de los datos y su desviación estándar muy alta, se normalizan los datos en un rango de 0 a 1 para obtener un rango de valores que sean mejores para manejar y modelar, de igual manera, reemplazamos los datos normalizados en la columna objetivo inicial.
- **Creamos el modelo:** A partir de los datos normalizados, creamos el modelo el cual analizará cada uno de ellos y obtendrá los valores predichos a partir de la prueba del mismo.

- **Encontramos los errores y coeficiente de correlación:** A partir de los datos obtenidos en nuestro modelo de predicción debemos obtener los errores que nos garanticen si el modelo se ajusta a los valores reales, o deben tener alguna mejora.
- **Gráfica de resultados:** Finalizamos con una gráfica que nos permita analizar los resultados obtenidos por el modelo.
- **Análisis de errores:** Se procederá a analizar los errores: raíz media cuadrática, porcentual y el coeficiente de correlación, para así interpretar que tan bueno es el modelo con respecto a sus datos predichos y aquellos que forman parte de los datos reales.

Resultados esperados

Se espera obtener un modelo de predicción preciso y con pocos errores con la finalidad de poderlo usar en futuros datos de ventas para la heladería y así poder conocer el promedio de producción de helados para evitar pérdidas monetarias y a su vez el desperdicio de bienes innecesarios debido a su naturaleza perecible.

RESULTADOS.

Se pretende plantear una metodología la cual permita crear un modelo de predicción con la aplicación de redes neuronales para obtener datos de fechas futura acerca de la venta de helados, en base a un conjunto de datos brindados por una heladería anónima. Además, este modelo puede apoyar a este tipo de empresas que trabajan con materia prima predecible a incrementar su beneficio monetario al no tener que gastar su dinero en producto que a futuro puede ser desperdiciado o genere pérdidas monetarias.

Resultados obtenidos

Para la ejecución de este proyecto se ha decidido aplicar dos metodologías diferentes bajo el mismo propósito el cual es brindar la predicción de diferentes datos a partir de aquellos brindados para el estudio original.

Las metodologías arrojaron los siguientes resultados:

Modelo de redes neuronales

Al finalizar la simulación desarrollada en el programa R, se realizaron dos casos, analizando los 6 primeros datos pertenecientes al año 2020.

- Caso 1: Se aplicó un modelo clásico de 10 iteraciones para obtener el modelo de predicción que se acomode a los valores reales, del estudio realizado.
- Caso 2: Se aplica una técnica de enfriamiento e iteración, en la cual el modelo busca eliminar aquellas fallas que se puedan ir presentando a lo largo de la propuesta del modelo.

Tabla 6

Resultados obtenidos en los casos de los modelos de predicción en ventas totales

Errores medidos/Valores obtenidos	MAD	MSE	MAPE'
Caso 1	9.33	18.67	4.51
Caso 2	10.51	21.033	5.69

Tabla 7

Resultados obtenidos en los casos de los modelos de predicción en cantidad vendida

Errores medidos/Valores obtenidos	MAD	MSE	MAPE'
Caso 1	9.57	19.15	5.67
Caso 2	10.17	20.35	6.27

Modelo de descomposición

Para este modelo se ha usado el programa excel con la finalidad de obtener los valores predichos en base al análisis de 12 datos pertenecientes a un mismo periodo y los 6 restantes que servirán como el objeto de predicción.

Tabla 8

Resultados obtenidos por el método de descomposición

Errores medidos/Valores obtenidos	MAD	MSE	MAPE'
Cantidad	8.89	17.78	4.92
Ventas	9.34	18.68	4.59

Gráfica de los modelos

Figura 2

Caso 1: Gráfico comparativo de datos reales y predichos en ventas totales.

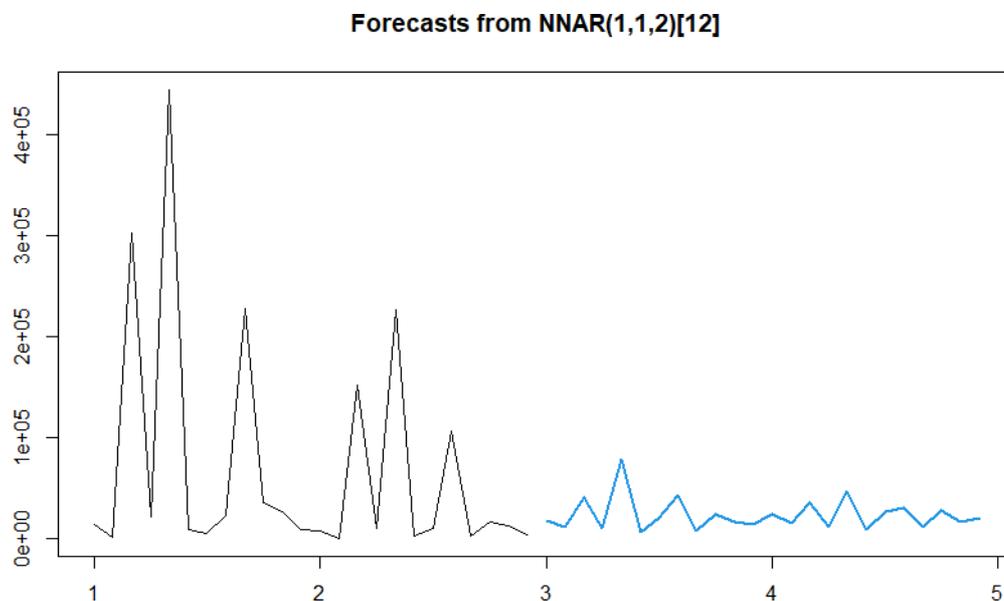


Figura 3

Caso 2: Gráfico comparativo de datos reales y predichos en ventas totales.

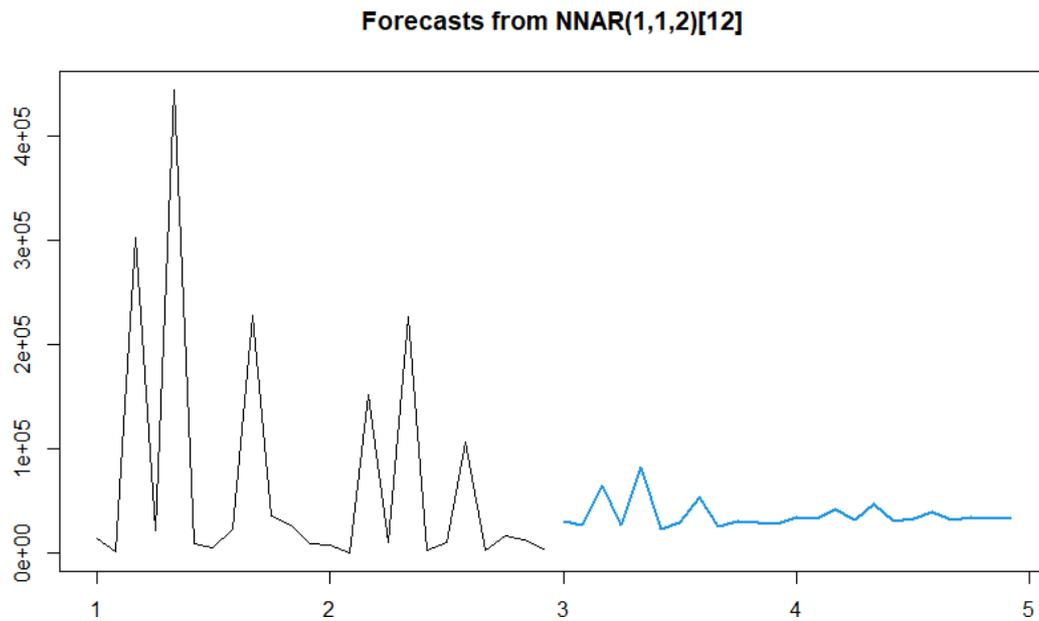


Figura 4

Caso 1: Gráfico comparativo de datos reales y predichos en cantidad vendida.

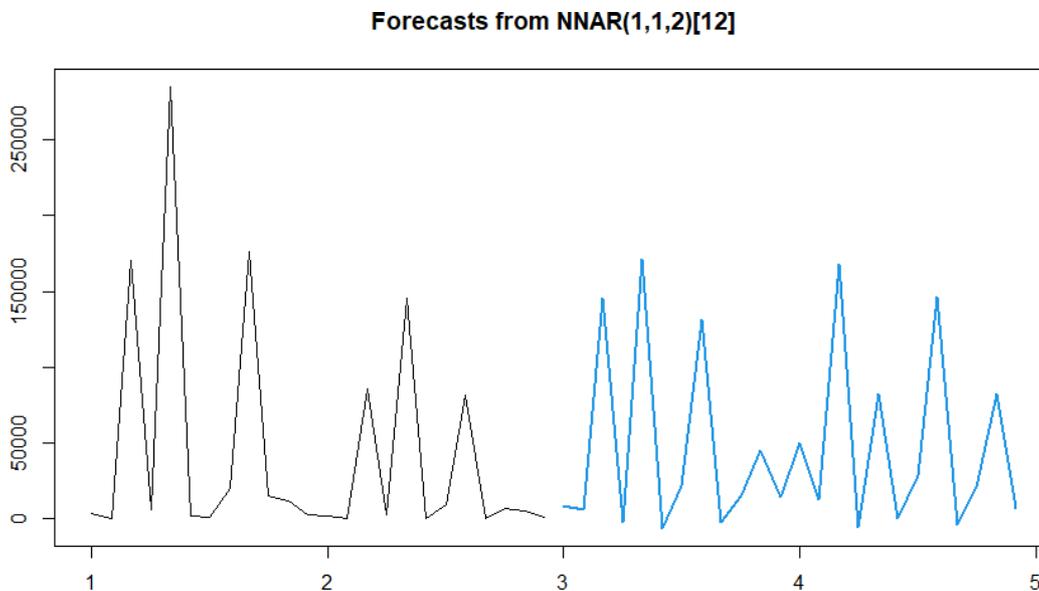


Figura 5

Caso 2: Gráfico comparativo de datos reales y predichos en cantidad vendida.

Forecasts from NNAR(1,1,2)[12]

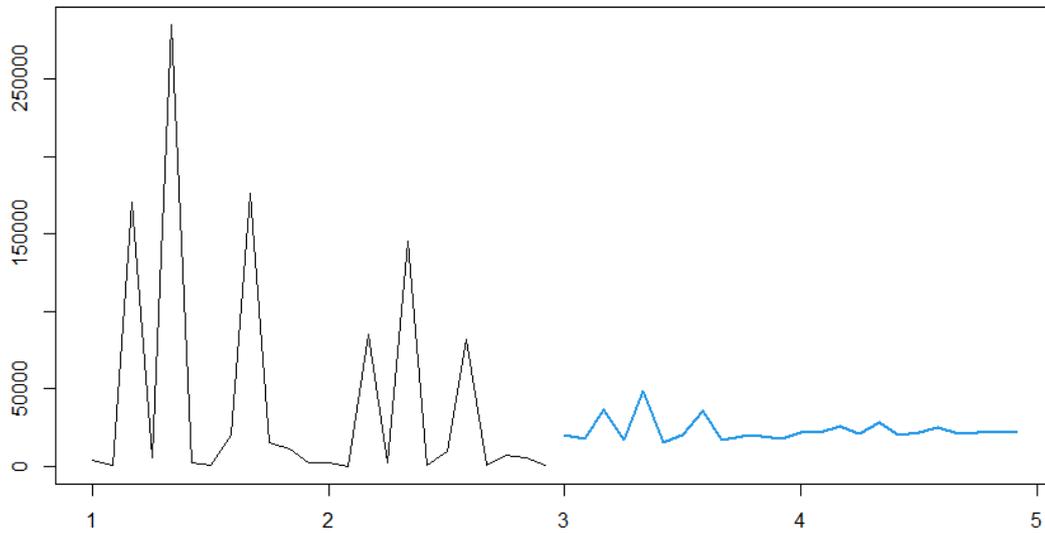


Figura 6

Modelo de descomposición: Gráfico comparativo de datos reales y predichos en cantidad vendida.

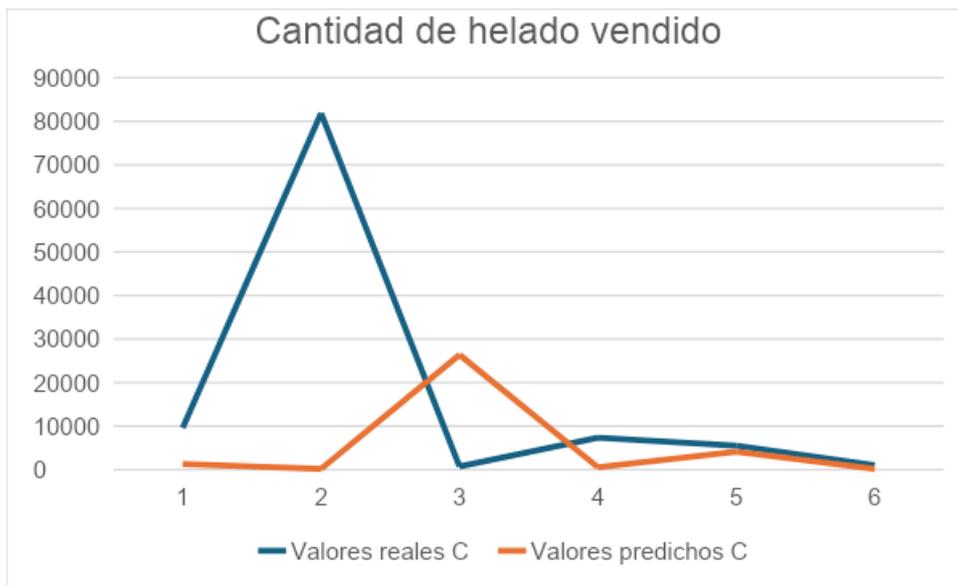
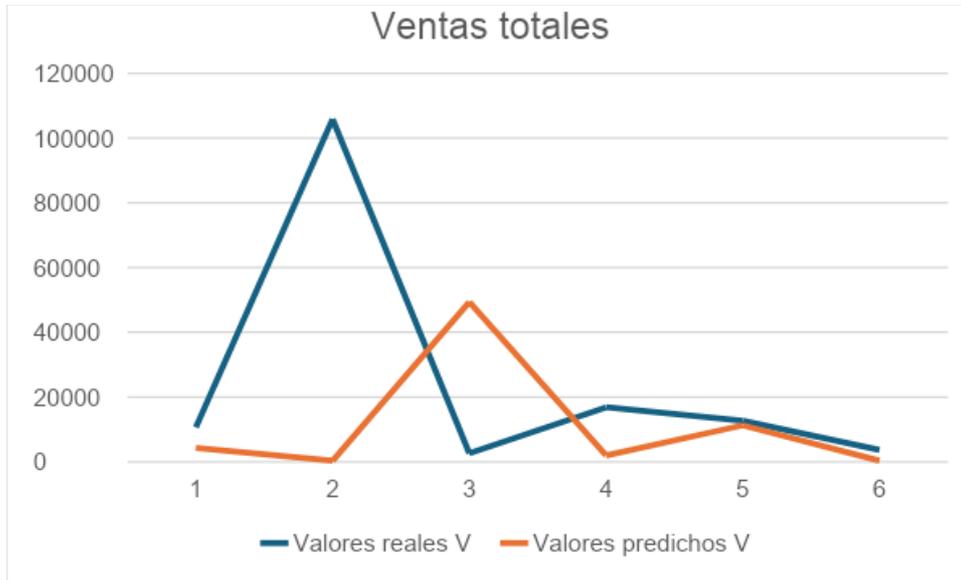


Figura 7

Modelo de descomposición: Gráfico comparativo de datos reales y predichos en ventas totales.



Todos los gráficos anteriormente colocados, son el resultado de los modelos de predicción propuestos en la sección anterior, cada uno describe un comportamiento diferente, sin embargo, podemos observar que el modelo de descomposición es el que mejor se adapta a los valores reales, ya que su gráfica de predicción se asemeja a la que se construye a partir de los datos reales del estudio.

CONCLUSIÓN/DISCUSIÓN

Podemos concluir a partir de los resultados obtenidos que los modelos obtenidos que estos se adaptan de una manera muy buena a la predicción de ventas de helados en los locales de Cuenca, sin embargo, se debe tomar en consideración que los datos originales tenían una gran dispersión entre sí, por lo que se procedió a aplicar el

logaritmo natural de estos y así obtener un *dataset* con valores más parejos y que no tenían una gran dispersión entre sí.

Los errores y gráficos arrojan resultados prometedores a los datos reales, ya que su tendencia tiene cierta semejanza a la que tienen los valores que fueron entregados por la heladería, sin embargo, este análisis podría mejorar con la inclusión de más datos en el set, que permitan generar un análisis con mayor detalle y que así se puedan aplicar un número de mayor de capas neuronales, evitando el *overfitting* de los mismos.

REFERENCIAS

- Amazon Web Services. (2023) *¿Qué es una red neuronal?* <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/#:~:text=Una%20red%20neuronal%20es%20un,lo%20hace%20el%20cerebro%20humano.>
- García, P. (2018). Aplicación de redes neuronales en la predicción de mortalidad por neumonía. *Revista médica electrónica*, 40(5), 1361-1379. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1684-18242018000501361&script=sci_arttext&lng=en
- Gómez, S. y Ferreiro, G. (2019). Utilidad de los modelos de predicción de fracaso y su aplicabilidad en las cooperativas. *Cofin Habana*, 13(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2073-60612019000300013&script=sci_arttext
- Gutiérrez, M. (2011). *Modelos sugeridos como herramientas para la microbiología predictiva en la industria de los alimentos* [Tesis de maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala] http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3090.pdf
- Herrera, R., Hernández, K., Figueroa, E. y De la Osa, J. (2018). Aplicación del control estadístico multivariado para medir la capacidad del proceso de fabricación de resortes de compresión en acero inoxidable. *Prospectiva*, 16(2), 49-58. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1495>
- Herrera, R., Rojas, P. y Jiménez, K. (2019) Cartas de control con variables convolucionadas. *Revista de Investigaciones*, 13(1), 82-87. https://www.researchgate.net/publication/331793978_Cartas_de_control_con_variables

_convolucionadas/fulltext/5c8c4f0045851564fae0e0ef/Cartas-de-control-con-variables-convolucionadas.pdf

Matheu, A., Ruff, C., Ruiz, M., Benites, L. y Reyes, G. (2018). Modelo de predicción de la deserción estudiantil de primer año en la Universidad Bernardo O'Higgins. *Educação e Pesquisa*, 44(1). http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1517-97022018000100460&script=sci_arttext

Morales, A., Ramírez, E. y Rodríguez, G. (2019). Pronóstico de ventas de las empresas del sector alimentos: una aplicación de redes neuronales. *Semestre Económico*, 22(52). 161-177. <https://doi.org/10.22395/seec.v22n52a7>

Nowak, S. (07 de diciembre de 2022). *Modelos predictivos ¿Qué son y para qué se usan?*

Nuclio. <https://nuclio.school/modelos-predictivos-que-son-y-usos/#:~:text=que%20necesitas%20saber.-,%C2%BFQu%C3%A9%20son%20los%20modelos%20predictivos%3F,el%20comportamiento%20ante%20un%20evento.&text=Y%20tienen%20el%20objetivo%20de%20prededir%20y%20pronosticar%20resultados%20probables%20a%20futuro.>

Restrepo, L. (2018). Cartas de control para optimizar el proceso de pintura de láminas de aluminio. *Revista Espacios*, 39(22). <https://revistaespacios.com/a18v39n22/a18v39n22p34.pdf>

Rico, A., Gaytán, N. y Sánchez, D. (2019). Construcción e implementación de un modelo para predecir el rendimiento académico de estudiantes universitarios mediante el algoritmo Naïve Bayes. *Diálogos sobre educación*, 1(19), 1-18. <https://doi.org/10.32870/dse.vi19.509>

Romero, L., Valdés, L., Pastor de Moya, J. y Herrera, R. (2018). Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 455-468. <https://doi.org/10.14482/inde.36.2.10514>

Valdivia, L. (2019). *Estimación de la demanda de productos perecibles en un supermercado* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile].

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/173464/Estimaci%C3%B3n-de-la-demanda-de-productos-perecibles-en-un-supermercado.pdf?sequence=1>