

Pronóstico de la demanda en empresas retail

Técnica basada en Business Intelligence y Machine Learning

Raúl Benítez - Alberto Garcete

Tutores: PhD. Diego P. Pinto Roa - Ing. Aditardo Vázquez

Universidad Nacional de Asunción - Facultad Politécnica

Junio 2018





Agenda

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

1 *Problema*

2 *Motivación*

3 *Conceptos*

4 *Modelado*

5 *Experimentos*

6 *Resultados*

7 *Conclusiones*



Pronósticos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Pronosticar ciertos eventos constituye una actividad por la cual el hombre:

- Siente una fascinación.
- Siente necesidad de realizarlo.
- Tiene como una actividad cotidiana.



Áreas de aplicación de Pronósticos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- **Meteorología:** pronóstico del clima.
- **Deportes:** pronóstico de resultado de eventos deportivos.
- **Turismo:** pronóstico de cantidad de turistas.
- **Bolsa de Valores:** pronóstico de rendimiento de acciones, tasas de cambio.
- **Presupuestos gubernamentales:** pronóstico de ingresos.
- **Transportes:** pronóstico de cantidad de usuarios del transporte público.
- **Retail:** pronóstico de ventas o demanda.
- **Energía:** pronóstico de consumo de energía eléctrica, gas natural.



Principios de los Pronósticos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Los pronósticos tienen los siguientes principios [3]:

- Los pronósticos siempre estan equivocados.
- Son mas precisos para grupos o familias de artículos.
- Son mas precisos para periodos cortos.
- Siempre deben incluir un error en la estimación.



Pronóstico de la Demanda en empresas retail

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

La elaboración de pronósticos de demanda precisos es uno de los retos más importantes en empresas del tipo retail.



Motivación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

La elaboración de pronósticos de demanda precisos es uno de los retos más importantes en empresas del tipo retail, determinar que sucederá en el futuro con el fin de tomar decisiones adecuadas es un problema que se presenta con frecuencia.



Objetivos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Desarrollar una nueva técnica de pronóstico de la demanda para la toma de decisión en la reposición de stock integrando herramientas y conceptos de Business Intelligence y Machine Learning



Objetivos específicos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Reportar las principales soluciones que abordan el problema.
- Aplicar el proceso de Business Intelligence para obtener los KPI.
- Realizar el proceso de etiquetado y obtener las instancias de entrenamiento.
- Realizar el proceso de entrenamiento con los distintos clasificadores.
- Evaluar el rendimiento de los distintos clasificadores entrenados.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

ADMINISTRACIÓN DE COMPRAS



Administración de Compras

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

En la *Administración de Compras*, hay un componente vital dentro del proceso de adquisición que es la estimación de la cantidad o volumen de productos a adquirir para reponer el stock. Es ahí donde entra en juego el pronóstico de la demanda.



Etapas

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- 1 Detectar la necesidad.
- 2 Traducir la necesidad en una especificación comercial.
- 3 Buscar potenciales proveedores.
- 4 Seleccionar el proveedor adecuado.
- 5 **Detallar la orden de compra y pactar el suministro.**
- 6 Recibir los productos.
- 7 Pagar a los proveedores.



Stock

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R. Benítez
A. Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

El **stock** o existencia de una empresa es el conjunto de materiales y artículos que se almacenan, tanto aquellos que son necesarios para el proceso productivo como los destinados a la venta.[4]



Pronóstico de la demanda

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R. Benítez
A. Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

El pronóstico de la demanda es una técnica utilizada para estimar la cantidad de bienes o servicios que los consumidores demandarán en el futuro basadas en el conocimiento del pasado.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

TÉCNICAS DE PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA



Métodos de pronósticos cualitativos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Las principales técnicas cualitativas de pronóstico de demanda son [7]:

- Opinión del Gerente
- Junta de opinión ejecutiva
- Consulta a la fuerza de ventas
- Encuesta en el mercado de consumo
- Método Delphi
- Analogía de productos similares



Métodos de pronósticos cuantitativos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

En general, los métodos cuantitativos se clasifican en técnicas de:

- Pronósticos de series de tiempo.
- Pronósticos causales.



Pronósticos de series de tiempo

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- El método de pronóstico del último valor.

$$\text{Pronóstico} = \text{último valor} \quad (1)$$

- El método de pronóstico por promedios.

$$\text{Pronóstico} = \text{promedio de todos los valores hasta la fecha} \quad (2)$$

- El método de pronóstico de promedio móvil.

$$\text{Pronóstico} = \text{promedio de los últimos } n \text{ valores} \quad (3)$$

donde:

n = número de periodos más recientes



Pronósticos de series de tiempo

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- El método de pronóstico por suavizamiento exponencial.

$$\text{Pronóstico} = \alpha * (\text{último valor}) + (1-\alpha) * (\text{último pronóstico}) \quad (4)$$

donde:

α es una constante entre 0 y 1 llamada "constante de suavizamiento".

- El método de suavizamiento exponencial con tendencia.

$$\text{Pronóstico} = \alpha * (\text{último valor}) + (1-\alpha) * (\text{último pronóstico}) + \text{tendencia estimada} \quad (5)$$

donde:

$$\text{tendencia estimada} = \beta * (\text{última tendencia}) * (1-\beta) * (\text{estimación anterior}) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{última tendencia} = & \alpha * (\text{último valor} - \text{penúltimo valor}) + \\ & (1-\alpha) * (\text{último pronóstico} - \text{penúltimo pronóstico}) \end{aligned} \quad (7)$$

con β (beta) es una constante de suavizamiento de tendencia entre 0 y 1. La elección del valor y rango de β tienen igual significado que α .

- Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA).



Pronósticos causales

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

■ Regresión Lineal

$$y = a + bx \quad (8)$$

donde:

y = variable dependiente,

x = variable independiente,

a = intersección de la línea con el eje y,

b = pendiente de la línea



Revisión Literaria

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Cuadro



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

BUSINESS INTELLIGENCE



Business Intelligence

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R. Benítez
A. Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

“Business Intelligence es un término paraguas que abarca los procesos, las herramientas y las tecnologías para convertir datos en información, información en conocimiento y planes para conducir de forma eficaz las actividades de los negocios”[5]

Componentes

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

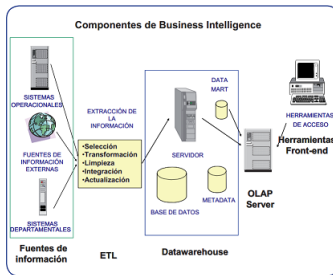
Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones



Componentes de Business Intelligence[2]

- Fuentes de información.
- Extracción, transformación y Carga.
- Datawarehouse.
- OLAP.
- Herramientas de BI.



Indicadores Claves de Rendimiento

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Los KPI o Indicadores Clave de Rendimiento se tratan de indicadores que son decisivos para analizar de forma rápida la situación del negocio y facilitar la toma de decisiones. [1]



Características de los KPI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Todos los KPI son indicadores, pero no todos los indicadores son KPI.
- Cada organización debe definir sus propios KPI según la actividad realizada.
- Los KPI pueden no ser exclusivamente del tipo financiero.
- Los KPI son un elemento importante en la estrategia de negocios por su capacidad de comunicar resultados a las personas que forman parte del proyecto.



Aplicaciones de BI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Áreas de aplicación de BI	Casos de uso
Empresas Retail	Proporcionar un análisis de las transacciones de los clientes. Determinar los productos más vendidos, promociones, hábitos de compras. Pronóstico. Uso de datos históricos para pronosticar la demanda.
Inventario	Planificación de Inventarios.
Gestión de Pedidos	Pedido y reposición.
Bancos, Financieras y Valores	Análisis de rentabilidad del cliente. Gestión de créditos. Atención en sucursales: Mejorar el servicio y la atención al cliente.



Aplicaciones de BI

Pronóstico de la demanda en empresas retail

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Áreas de aplicación de BI	Casos de uso
Transporte	Aerolíneas. Analizar conductas, tarifas abonadas, respuestas a promociones, canje de millas, categorías de los pasajeros frecuentes de la empresa.
Educación	Universidades y Colegios. Análisis del proceso de admisión de alumnos.
Salud	Analizar los resultados, identificar tendencias, detectar patrones y predecir los resultados para mejorar el desempeño clínico y operacional. Monitorear iniciativas de calidad y programas de atención. Seguimiento y monitoreo de ingresos, márgenes y rendimiento operacional.
Telecomunicaciones	Perfil y segmentación de clientes. Previsión de la demanda del cliente.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

MACHINE LEARNING



Machine Learning o Aprendizaje automático

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Arthur Samuel define [9]:

Machine Learning es un campo de estudio que da a las computadoras la capacidad de aprender a resolver problemas sin ser explícitamente programados.

Otra definición propuesta por Tom Mitchell:

Problema de aprendizaje bien planteado: se dice que un programa de computadora aprende de la experiencia E con respecto a alguna tarea T y alguna medida de rendimiento P , si su desempeño en T , medido por P , mejora con la experiencia E .

Modelo general de un agente

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

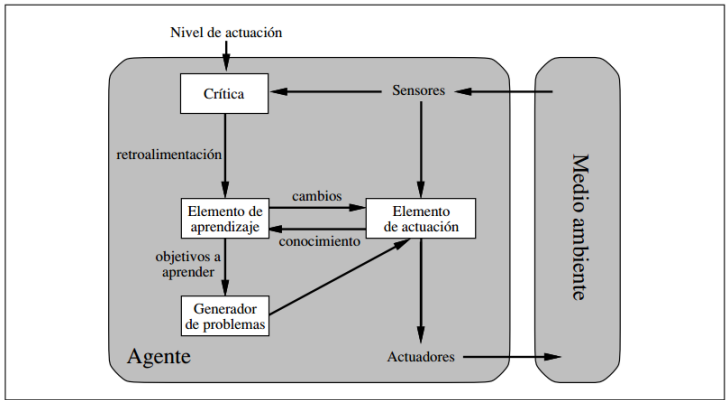
Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones



Modelo general para agentes que aprenden [8].



Aplicaciones

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Reconocimiento facial de Facebook.
- Kinect para Xbox 360.
- Voice recognition.
- La tecnología del habla y el campo relacionado del reconocimiento de caracteres manuscritos.
- Motores de búsqueda.
- Recommender system en plataformas como Amazon, Netflix, Facebook.
- Reconocimiento automático de ciertas áreas en el mundo realizado por satélites.



Formas de aprendizaje automático

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Los algoritmos de aprendizaje automático se pueden agrupar según la forma en que se realiza el aprendizaje:

- Aprendizaje supervisado.
- Aprendizaje no supervisado.
- Aprendizaje por refuerzo.



Algoritmos de aprendizaje automático



Agrupación de algoritmos de aprendizaje automático.



Problemas de Clasificación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Tipos de clasificación

- Clasificación binaria.
- Clasificación multiclase.
 - Instancias.
 - Atributos.
 - Etiquetas
 - Conjunto de entrenamiento
 - Conjunto de prueba.



Técnicas de evaluación para aprendizaje supervisado

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Técnicas

- Entrenamiento y prueba sobre los mismos datos.
- Porcentaje de división.
- Validación cruzada.



Métricas de desempeño para problemas de clasificación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Métricas

- Porcentaje de acierto.
- Matriz de confusión.
 - Exactitud de la clasificación.
 - Error de clasificación.
 - Sensibilidad.
 - Especificidad.
 - Tasa de falsos positivos.
 - Precisión.
 - Medida F.
 - Estadística Kappa.



Componentes de error de predicción.

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Ruido.
- Sesgo.
- Varianza.



Complejidad del modelo y Curvas de aprendizaje

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

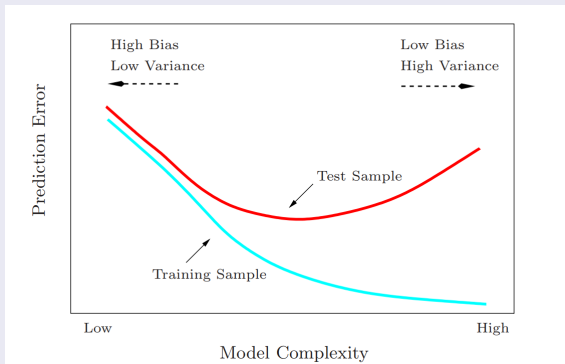
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Complejidad



Complejidad del modelo [6]

Complejidad del modelo y Curvas de aprendizaje

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R. Benítez
A. Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

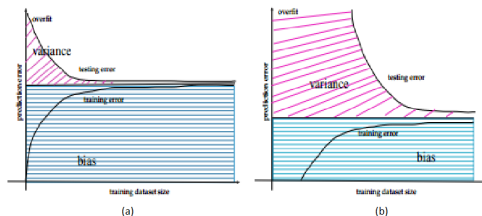
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Curvas de aprendizaje



Curvas de aprendizaje

Propuesta de solución

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

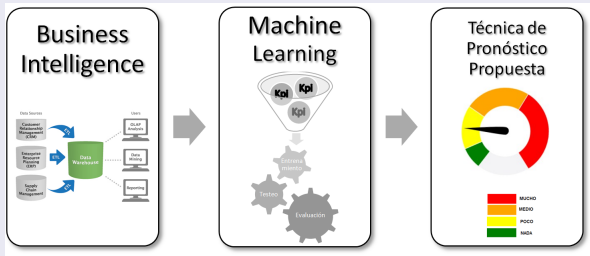
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Esquema general de solución



Esquema general de solución.



Modelado BI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Fuentes de Información

- Base de datos relacional Oracle 10g.
- Operaciones transaccionales de una empresa retail dedicada a la venta de productos alimenticios y artículos de limpieza.
- Datos de la operaciones comprendidas entre noviembre de 2013 y octubre de 2016.
- Principales tablas consideradas.
 - Tabla de Productos
 - Tabla de Proveedores
 - Tablas de Ventas Cabecera
 - Tablas de Ventas Detalle
 - Tabla de Movimientos Stock



Proceso ETL

- **Tabla de Productos:** se detectaron registros de artículos con las siguientes inconsistencias:
 - Datos del proveedor con valores nulos.
 - Artículos con valores de costo nulo.
 - Artículos con valores donde el costo eran mayor al precio de venta unitario.
 - Artículos cuyo precio de venta unitario era nulo.
- **Tabla de Ventas Cabecera:** se encontraron registros donde los datos del cliente eran nulos.
- **Tabla de Ventas Detalle:** se detectaron registros con las siguientes falencias:
 - Registros de detalles donde los valores de costo eran iguales a cero.
 - Registros de detalle donde el costo unitario eran mayores al precio de venta unitario.



Modelado BI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Datawarehouse

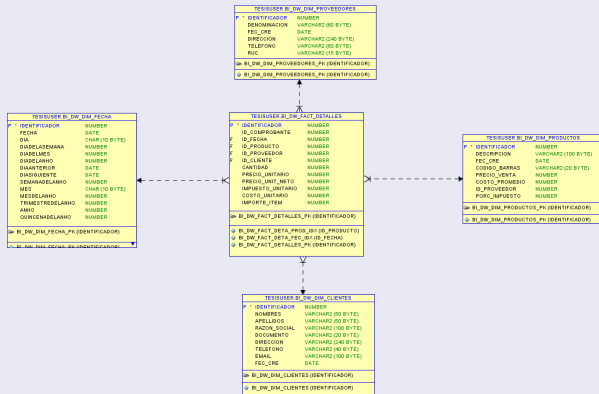
- Tablas de Hechos.
 - Tabla de hechos cabecera.
 - Tabla de hechos detalle.
 - Tabla de hechos Stock.
- Dimensiones.
 - Dimensión Fecha.
 - Dimensión Productos.
 - Dimensión Proveedores.
 - Dimensión Clientes.
 - Dimensión Cajas.

Modelado BI

Pronóstico de la demanda en empresas retail

Modelado

Esquema hechos detalles





Definición de KPI

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

■ Ticket Medio

$$TM = \frac{\text{Cantidad Vendida Periodo}}{\text{Total Tickets Periodo}} \quad (9)$$

■ Cifra de Ventas

$$CV = \text{Precio} * \text{Cantidad Vendida Periodo} \quad (10)$$

■ Margen Comercial

$$MC = \frac{(\text{Precio} - \text{Costo}) * \text{Cantidad Vendida Periodo}}{\text{Precio} * \text{Cantidad Vendida Periodo}} * 100 \quad (11)$$

■ Rotación de Stock

$$RS = \frac{\text{Total Ventas Periodo}}{\left(\frac{\text{Stock Inicial Periodo} - \text{Stock Final Periodo}}{2} \right)} \quad (12)$$

■ Coeficiente de Rentabilidad

$$CR = ((\text{Precio} - \text{Costo}) * \text{Cantidad Vendida Periodo}) * RS \quad (13)$$

■ Cobertura de Stock

$$CS = \frac{\text{Stock Actual Periodo}}{\text{Promedio Cantidad Venta Ultimos N Periodos}} \quad (14)$$



Obtención de los valores de KPI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Se obtiene los valores de KPI por cada producto y periodo, mediante codificación de sentencias SQL que operan sobre los datos almacenados en el datawarehouse.

Periodos

- Semanal
- Quincenal
- Mensual



Asignación de etiquetas

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

A cada tupla de KPI se le debe asignar una sola etiqueta de entre las siguientes “Nada”, “Poco”, “Medio” o “Mucho”. El etiquetado es uno de los puntos focales para el aprendizaje automático.



Experimentos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones



Resultados

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones



Conclusiones

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

De acuerdo a los resultados experimentales se obtuvieron altas tasas de aciertos, haciendo pruebas exhaustivas con varios algoritmos de clasificación y evaluando con un método ampliamente aceptado. La técnica propuesta pretende que se convierta en una herramienta de apoyo en la toma de decisiones del gerente de compras en el proceso de reposición de stock.



Trabajos Futuros

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Con el propósito de futuras mejoras del presente trabajo, a continuación se citan una serie de propuestas:

- Incorporar mas KPI referentes a otros procesos de negocios que inciden en la venta de un producto.
- Asignación por parte del experto en compras de valores continuos a la clase de las instancias.
- Etiquetado basado en clustering (aprendizaje no supervisado) con la aprobación del experto en compras.
- Optimizar los algoritmos de aprendizaje de la herramienta WEKA mediante el ajuste de los parámetros (*Tuning Hyperparameters*).
- Incluir costos asociados a un producto (costos de almacenamiento, seguro, mantenimiento).
- Desarrollar un software SaaS (Software as a Service) que provea un servicio de pronóstico de la demanda.



Marcos Alvarez.
Cuadro de Mando Retail.
Profit, 2013.



Josep Lluís Cano.
Busines Intelligence: Competir con información.
ESADE, Banesto, Banesto Pyme, 2007.



S.N. Chapman.
Planificación y control de la producción.
Pearson educación. Pearson Educación, 2006.



A. DE DIEGO MORILLO.
Gestión de pedidos y stock.
Paraninfo, 2015.



Wayne W. Eckerson and Cindi Howson.



Enterprise business intelligence: Strategies and technologies for deploying bi on an enterprise scale tdwi report series. 2005.



Jerome Friedman, Trevor Hastie, and Robert Tibshirani.
The elements of statistical learning, volume 1.
Springer series in statistics New York, 2001.



Frederick S. Hillier and Mark S. Hillier.
Métodos cuantitativos para administración.
Tercera edition, 2008.



Stuart Russell and Peter Norvig.
Inteligencia Artificial. Un Enfoque Moderno. Segunda Edición.
PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2004.



Arthur Samuel.



Some studies in machine learning using the game of checker.

IBM Journal 3, 211-229, 1959.