

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA EN EL PRONÓSTICO DE  
VENTAS PARA REDUCIR LOS COSTOS LOGÍSTICOS DE  
UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Giancarlo Rene Callaoapaza Chavez

Asesor:

Ing. Oscar Alberto Goicochea Ramírez

Trujillo - Perú

2021



## Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	48
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	76
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	87
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estado de los indicadores de la gestión logística .....	13
Tabla 2. Causas de desviación del desabasto .....	14
Tabla 3. Causas de desviación del costo de mantener inventario .....	15
Tabla 4. Priorización de causas de desviación en el sistema logístico .....	15
Tabla 5. Operacionalización de variables .....	18
Tabla 6. Procedimiento de desarrollo de la tesis .....	49
Tabla 7. Categoría de productos de la empresa .....	49
Tabla 8. Canales de venta de la empresa .....	50
Tabla 9. Regiones de venta de la empresa .....	51
Tabla 10. Volumen de venta según su variabilidad .....	52
Tabla 11. Evaluación del modelamiento del pronóstico estadístico .....	55
Tabla 12. Evaluación de la estructura jerárquica del pronóstico .....	56
Tabla 13. Evaluación de la segmentación de productos y clientes .....	57
Tabla 14. Evaluación de la colaboración de la demanda .....	58
Tabla 15. Evaluación de la capacitación y entrenamiento del equipo de trabajo .....	59
Tabla 16. Estado de indicadores del planeamiento de la demanda .....	60
Tabla 17. Causas raíz de la inadecuada gestión de la demanda .....	61
Tabla 18. Priorización de las causas raíz de la inadecuada gestión de la demanda .....	61
Tabla 19. Matriz de indicadores .....	62
Tabla 20. Propuesta de mejora de pronósticos de venta .....	63
Tabla 21. Mejora en el modelamiento del pronóstico estadístico .....	66
Tabla 22. Mejora en la estructura jerárquica del pronóstico .....	66
Tabla 23. Programa de capacitación técnica en modelamiento predictivo .....	70
Tabla 24. Mejora en la capacitación y entrenamiento .....	72
Tabla 25. Costo del software requerido por la propuesta .....	73
Tabla 26. Costo del hardware requerido por la propuesta .....	73
Tabla 27. Costo de la contratación del especialista de modelamiento predictivo .....	73
Tabla 28. Costo de la capacitación y certificación en modelamiento predictivo .....	74
Tabla 29. Costo laboral de un especialista de modelamiento predictivo .....	74
Tabla 30. Presupuesto para capacitaciones técnicas anuales .....	75

Tabla 31. Mejora en la exactitud del pronóstico semanal por demand sensing .....	78
Tabla 32. Mejora propuesta de la matriz de indicadores .....	79
Tabla 33. Impacto de la propuesta en el desabasto y en las utilidades del año 2019 .....	80
Tabla 34. Impacto de la propuesta en el costo de mantener inventario en el año 2019 .....	82
Tabla 35. Impacto de la propuesta en el costo de transporte del año 2019 .....	82
Tabla 36. Impacto de la propuesta en los costos logísticos y en las utilidades del 2019 ...	83
Tabla 37. Flujo de caja económico de la propuesta de mejora .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación de bebidas no alcohólicas por regiones del mundo .....	10
Figura 2. Principales países latinoamericanos en bebidas no alcohólicas .....	11
Figura 3. Participación de mercado de bebidas no alcohólicas en el Perú .....	12
Figura 4. Árbol de desviaciones en el sistema logístico .....	14
Figura 5. Optimización logística .....	25
Figura 6. Diagrama de árbol jerárquico de tres niveles .....	29
Figura 7. Esquematación de una red neuronal de tres capas .....	41
Figura 8. Ejemplo de modelamiento por validación cruzada .....	47
Figura 9. Mapa de centros de distribución y plantas productoras .....	51
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de planeamiento de la demanda .....	53
Figura 11. Eventos que impactan en el histórico de venta .....	55
Figura 12. Propuesta de estructura jerárquica para la generación de pronósticos .....	64
Figura 13. Pipeline del pronóstico estadístico propuesto .....	65
Figura 14. Modelo de datos de la propuesta .....	67
Figura 15. Flujo de información propuesto entre los sistemas de planeamiento .....	67
Figura 16. Línea base de venta nacional .....	68
Figura 17. Pronósticos estadísticos para una gaseosa de 296 ml en un CD de Lima .....	69
Figura 18. Pronósticos estadísticos para el agua sin gas de 625 ml en un CD de Lima .....	69
Figura 19. Diagrama de Gantt del programa de capacitación .....	71
Figura 20. Evaluación del enfoque metodológico del planeamiento de la demanda .....	76
Figura 21. Mejora en la exactitud del nuevo pronóstico estadístico semanal .....	77
Figura 22. Mejora en la exactitud del nuevo pronóstico semanal por <i>demand sensing</i> .....	77
Figura 23. Mejora en la señal de rastreo del nuevo pronóstico estadístico semanal .....	78
Figura 24. Prospectiva del enfoque metodológico del planeamiento de la demanda .....	79
Figura 25. Mejora en el nivel de servicio por los nuevos pronósticos estadísticos .....	81
Figura 26. Mejora en los niveles de inventario por los nuevos pronósticos estadísticos .....	81
Figura 27. Realidad futura del sistema logístico .....	84
Figura 28. Sensibilidad del VPN de la propuesta .....	86

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Costo logístico .....	25
Ecuación 2. Costo de venta perdida .....	25
Ecuación 3. Costo de mantener inventario .....	25
Ecuación 4. Costo de almacenamiento .....	25
Ecuación 5. Costo de transporte .....	25
Ecuación 6. Relación inventario y pronóstico de ventas .....	26
Ecuación 7. Nivel de servicio o <i>fill rate</i> .....	26
Ecuación 8. Relación nivel de servicio y pronóstico de ventas .....	27
Ecuación 9. Enfoque <i>bottom-up</i> .....	29
Ecuación 10. Enfoque <i>top-down</i> basado en proporciones de pronósticos .....	30
Ecuación 11. <i>Bias</i> .....	32
Ecuación 12. WMAPE .....	32
Ecuación 13. Exactitud del pronóstico .....	33
Ecuación 14. Señal de rastreo .....	33
Ecuación 15. Valor agregado del pronóstico .....	33
Ecuación 16. Modelo AR .....	34
Ecuación 17. Modelo ARMA .....	34
Ecuación 18. Estimación de la magnitud de venta según Croston .....	37
Ecuación 19. Estimación del tiempo de interllegada según Croston .....	37
Ecuación 20. Pronóstico mediante el método Croston .....	38
Ecuación 21. Naive forecast sin estacionalidad .....	38
Ecuación 22. Naive forecast con estacionalidad .....	39
Ecuación 23. Expresión general de la regresión lineal múltiple .....	42
Ecuación 24. Suavización exponencial simple .....	44
Ecuación 25. Suavización exponencial con tendencia .....	44
Ecuación 26. Actualización de la suavización exponencial con tendencia .....	45
Ecuación 27. Suavización exponencial con tendencia y estacionalidad .....	45
Ecuación 28. Actualización de la suavización exponencial triple .....	45

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar si la propuesta de mejora en el pronóstico de ventas permitirá reducir los costos logísticos de una embotelladora de bebidas no alcohólicas. Para ello se desarrolló un diagnóstico del enfoque metodológico, encontrando debilidades en el modelamiento y estructura del pronóstico, y en la formación técnica del grupo humano, derivando en una exactitud del pronóstico operativo y señal de rastreo fuera de objetivo. Posteriormente, se desarrolló una propuesta técnica de modelamiento en el lenguaje de programación R que, para su sostenimiento, necesita de la incorporación de un especialista de modelamiento predictivo, y de un programa de capacitación y certificación técnica. Finalmente, esta propuesta, con una inversión de 462.7 miles de soles, tiene como impacto la mejora de la exactitud del pronóstico operativo del actual 71.9% a entre 81.1% y 87.4%, con una señal de rastreo controlada, mejorando el nivel de servicio del actual 95.3% a entre 96.3% y 96.8%, reduciendo los inventarios entre 11.6% a 13.7%, y generando ahorros en el costo logístico de entre 20 y 20.8 millones de soles para el año 2019; siendo además una propuesta viable, al presentar a 4 años un VPN de 76.69 millones de soles, un PR de 0.2 meses y una relación B/C de 55.4.

**Palabras clave:** Pronóstico de ventas, Costos logísticos, R programming language.

**NOTA DE ACCESO:**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.**

## REFERENCIAS

- Athanasopoulos, G., Ahmed, R., y Hyndman R.J. (2007). *Hierarchical forecasts for Australian domestic tourism*. Melbourne, Australia: Universidad de Monash. Recuperado de <https://www.monash.edu/business/ebs/research/publications/ebs/wp12-07.pdf>.
- Banco Central de Reserva del Perú (2020). *Reporte de inflación junio 2020*. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2020/junio/reportede-inflacion-junio-2020.pdf>.
- Breiman, L. (2001). Statistical modeling: the two cultures. *Statistical Science*, 16(3), 199-231. Recuperado de <https://projecteuclid.org/euclid.ss/1009213726>
- Campos, J. (2017). *Implementación de un sistema logístico para reducir costos de inventarios en la Botica La Luz S.A.C.* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Chase, C. (2013). *Demand-driven forecasting: a structured approach to forecasting*. Nueva Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.
- Chávez, K., De La Cruz, L., & Rodas, S. (2018). *Propuesta de mejora del rendimiento sobre la inversión en inventarios para una empresa de bebidas no alcohólicas* (tesis de maestría). Universidad del Pacífico, Lima, Perú.

Decreto Supremo N° 091-2018-EF. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 9 de mayo de 2018.

Delfs, M. (2018). *Forecasting in the supply chain with machine learning techniques*. (tesis de maestría). Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Bamberg, Alemania.

Euromonitor International (2020). *Market statistics about soft drinks and retail* [Data set]. Passport. Recuperado de <https://www.euromonitor.com>.

Frazelle, E. (2002). *Supply chain strategy: the logistics of supply chain management*. Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Gilliland, M. (2010). *The business forecasting deal: exposing myths, eliminating bad practices, providing practical solutions*. Nueva Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.

Goldratt, E. (1990). *Theory of constraints*. Great Barrington, Estados Unidos: The North River Press.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F., México: McGraw-Hill.

Hyndman, R.J., y Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. Melbourne, Australia: OText.

Hyndman, R.J., y Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistiscal Software*, 27(3), 1-22.

Ley N° 30021. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 17 de mayo de 2013.

Ma, Y. (2020). *Human-machine teaming for intelligent demand-planning*. (tesis de maestría). Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Estados Unidos de América.

Mentzer, J., y Moon, M. (2005). *Sales forecasting management: a demand management approach*. California, Estados Unidos: Sage Publications.

Paredes, J. (2017). *Gestión de inventarios y su influencia en los costos logísticos en la empresa Maderas del Norte S.R.L.* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

Pérez, W., Montalvo, M., & Carruitero, W. (2016). *Rediseño del modelo de planificación y gestión de inventarios de productos terminados en una empresa de colchones* (tesis de maestría). Universidad del Pacífico, Lima, Perú.

Sankaran, G., Sasso, F., Kepczynski, R., y Chiaraviglio, A. (2019). *Improving forecasts with Integrated Business Planning: from short-term to long-term demand planning enabled by SAP IBP*. Cham, Suiza: Springer Nature Switzerland AG.

Shmueli, G., y Lichtendahl, K. (2016). *Practical time series forecasting with R: a hands-on guide*. Green Cove Springs, Estados Unidos: Axelrod Schnall Publishers.