

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



Rediseño del sistema de producción de helados mediante la simulación para aumentar la eficiencia

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Sebastian Ignacio Castillo Gonzales**

**ASESOR**

**Marcos Gregorio Baca Lopez**

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

**Chiclayo, 2020**

# Índice

Resumen .....	3
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Marco Teórico .....	6
Metodología.....	9
Resultados.....	10
Discusión .....	16
Conclusiones.....	17
Referencias .....	17

## Resumen

La simulación es una herramienta usada en la industria 4.0 que permite garantizar un producto de buena calidad, minimizar costos en la producción, aumentar eficiencia, seguridad y obtener márgenes de ganancia, esto se debe que gracias a los softwares que permiten una visión realista de lo que pasa y puede pasar con cambios o incertidumbres dentro del proceso de producción de cualquier producto y asegurar una buena toma de decisión para el gestión de la empresa , es por eso que la presente investigación tiene como objetivo mejorar la eficiencia con el rediseño del sistema de producción de helados mediante la simulación, el desarrollo de la investigación permite tener una visión clara del proceso y de ver cómo es que funciona en sí, con los resultados de la investigación se pudo encontrar los cuellos de botella para las presentaciones de helado cubetas retornables (CR) y de cubetas transparente Perú (CTP), por eso con la propuesta de añadir una máquina de llenado y la estandarización de los tiempos se tiene que la producción aumenta un 20,4% y 35,4% para cada presentación de helado.

**Palabras clave:** toma de decisión, cuello de botella, simulación, helado.

### **Abstract**

Simulation is a tool used in industry 4.0 that allows to guarantee a good quality product, minimize production costs, increase efficiency, safety and obtain profit margins, this is due to the software that allows a realistic vision of what what happens and can happen with changes or uncertainties within the production process of any product and ensure a good decision-making for the management of the company, that is why the present research aims to improve efficiency with the redesign of the production system of ice cream through simulation, the development of the research allows to have a clear vision of the process and to see how it works itself, with the results of the research it was possible to find the bottlenecks for the presentations of ice cream returnable buckets (CR) and Peru transparent buckets (CTP), so with the proposal to add a filling machine and the standardization of the ti In this case, production increases by 20.4% and 35.4% for each ice cream presentation.

**Keywords:** decision making, bottleneck, simulation, ice cream.

## Introducción

Hoy en día las empresas están tomando un rol fundamental en los indicadores de gestión, de los cuales ayudaran a la organización a una toma de decisiones para aumentar el rendimiento de esta misma. Dentro de estos indicadores se puede encontrar la productividad, ventaja competitiva entre operarios y empresas, eficiencia, etc. Con el buen manejo de estos indicadores llegar a ser una empresa reconocida nivel internacional.

Uno de los temas relacionados para aumentar la eficiencia es el estudio de tiempos de la empresa u organización que se quiere evaluar, la medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador en una tarea y en cuento al estudio de tiempos es la técnica para la medición del trabajo para registrar tiempos y ritmos en una tarea definida, en este caso se tomó el tiempo de los trabajadores de la fábrica de helados en el proceso de batido, con la aplicación de las técnicas de estudio de tiempos, se pretende evitar desperdicios, disminución de horas muertas de los operarios, etc. De la misma manera esta técnica permite encontrar el cuello de botella y establecer las estrategias para reducir sus tiempos. [1]

Existen métodos para lograr una eficiencia en el trabajo uno de ellos es el conocimiento y la habilidad de los empleados, estos deben estar bien capacitados y entrenados para no cometer errores, retrasos y si lo hace que sea en su minoría, otro es el uso de tecnología, es aquí donde entra la relación máquina – hombre y la aplicación de softwares como el uso de simulaciones para tener una idea o visión de lo que pueda pasar sin la necesidad de ejecutar el proceso, esto no solo aumenta la eficiencia, si no la productividad, otro factor importante es el uso de insumos de buena calidad debido que estos serán manipulados en procesos para su uso o consumo, es decir, que en todo proceso la materia prima no presenta problemas en su manipulación, finalmente para conseguir una buena eficiencia se recomienda con la estandarización en los procesos. [2]

Actualmente en Colombia la industria del helado está teniendo bastante protagonismo, es por eso que necesitan bastante maquinaria en todo el proceso para poder atender la demanda, de acuerdo con Euromonitor [3] el mercado de helados en Colombia sumó USD 459,4 millones en 2015 con un crecimiento promedio de 4,2% entre 2010 y 2015, cuya proyección sumaría USD 535,1 millones en 2020, registrando un crecimiento promedio anual de 3,1% entre 2016 y 2020. De la misma manera señala que el costo del helado en cono oscila entre 500 y 600 pesos para un precio de venta entre 1,500 y 2,000 pesos, lo que aporta más de 200% de rentabilidad como negocio.

Mencionado lo anterior, se realizó un estudio de tiempos aplicada en el área de batido de la producción de helados con los productos de mayor venta se tiene en el mercado, estos son: cubetas retornables (CR) y cubeta transparente Perú (CTP) [4], con el resultado de estudio de tiempos se pudo determinar que la eficiencia en la producción en cada una de estos productos fue de 63% y 64% respectivamente, frente a esta problemática surge la interrogante ¿Cómo se afectará la eficiencia con el rediseño del sistema de producción de helados mediante la simulación? Esta investigación tiene como objetivo general mejorar la eficiencia con el rediseño del sistema de producción de helados mediante la simulación, para la cual se plantea como objetivos específicos, diagnosticar el área de batido, implementar el rediseño del sistema de producción mediante la simulación y evaluar económicamente el rediseño.

## Marco Teórico

Peña y Felizzola [5] en su investigación titulada “Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos” realizada en Colombia en el año 2019, señala que actualmente las medianas y pequeñas empresas tienen dificultades en la toma de decisiones lo que genera impactos negativos en los procesos de producción, estas generalmente lo hacen con la experiencia de la persona a cargo sin prever los resultados futuros, el objetivo de esta investigación fue el análisis del proceso productivo de una empresa de alimentos con la finalidad de evaluar las propuestas de mejora de producción y eficiencia, para el desarrollo de la investigación se dividió en cinco fases: la caracterización del proceso y cuantificación de recursos disponibles, análisis de entrada en el que se hizo una toma de tiempos y análisis estadísticos, desarrollar y validar el modelo de simulación, en este se construyó el modelo de simulación con el programa Tecnomatix Plant Simulation, como cuarta fase se llevó a cabo la simulación con posibles escenarios hipotéticos y finalmente analizar los resultados de la simulación, como resultados de la simulación se logró medir los indicadores de desempeño: throughput, porcentaje de tiempo de espera y el porcentaje de utilización de cada operación, se escogió el escenario 3 donde cada uno de los indicadores pudo aumentar, con throughput aumento en 38,70%, 9,57% y 56,62% de tortillas de maíz, tortillas de promasa y tortillas de harina de trigo respectivamente, así mismo se generó una reducción con respecto al porcentaje tiempo de espera del 90,60% y en porcentaje de utilización se mantuvo cerca del 58%, como conclusión se tiene que el uso de la simulación para eventos discretos influyen en el éxito de la empresa, ya que con esta se puede tomar decisiones para aumentar la productividad y por ende la eficiencia.

Andrade, Del Rio y Alvear [6] en su investigación “Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado” realizada en Ecuador en el año 2018, señala que las empresas de América Latina que hacen estudio de tiempo y métodos son competitivas, sin embargo la mayoría de estas solo realizan sus operaciones empíricamente generando problemas de gestión productiva, aumento de costos y mala calidad del producto ofrecido, la investigación tiene como objetivo identificar inconvenientes de la producción aplicando un estudio de tiempos y movimientos en la línea de calzado, para el desarrollo de esta investigación se usó el método desarrollado por Won K Ham y San C Park, en el que consiste en cinco niveles posibles de análisis: estación de trabajo, trabajador, ciclo de operación, elemento de trabajo, y movimiento unitario, para este caso solo se evaluó el trabajo de ensamblaje que engloba las áreas de corte, costura, armado, prefabricado y terminado, para la ejecución del estudio de tiempo se realizó 6 pasos: preparación para ejecutar el estudio, ejecución del estudio, valoración del ritmo de trabajo, suplementos del estudio de tiempos, cálculo del tiempo y asignación de trabajo compartiendo tareas, como resultado de esta investigación se tuvo que gracias al estudio de tiempo se pudo estandarizar cierta parte del proceso logrando aumentar la producción y eficiencia en un 5,49% .

Garcia y Romero [7] en su investigación “Diseño de un modelo de simulación, utilizando un software de eventos discretos, en una línea de producción de tejido industrial” realizada en México en el año 2019, señala que el uso de la simulación en procesos industriales es de mucha ayuda para la optimización y estandarización de procesos, de la misma manera se puede tener una visión clara del funcionamiento del sistema sin desarrollarlo, sin embargo en la empresa textil presenta una capacidad instalada debajo del 80% lo que genera problemas económicos y financieros en esta, es por eso que el objetivo de esta investigación es realizar la simulación del proceso productivo y obtener

soluciones, sin tomar costos y riesgos de inversión, trabajando con la estructura real del proceso, para eso se usó el software Flexsim y el estudio de tiempos para el desarrollo de la simulación, los resultados de esta simulación permitió a la empresa tener 3 alternativas posibles para aumentar su producción en más de un 20% en comparación de como estaba antes, por lo que se puede concluir que el uso de un modelo de simulación en cualquier proceso productivo permite evaluar variables y proponer mejoras en el proceso antes de implementar en la realidad.

Ramirez, *et al* [8] en su investigación “Análisis de la producción de productos alimenticios tipo snacks mediante simulación de eventos discretos en una empresa de Medellín” realizada en Colombia en el año 2018, señala que la demanda de snacks en los últimos años ha ido incrementando, aproximadamente un 54% de la población lo consume en cualquier hora de día, esto ha dado motivo que la industria se ve afectada en la calidad, estándares de producción, problemas de demora con la entrega, acumulación de materia prima, generando poca efectividad en los procesos y generando más costos de lo común a la empresa, el objetivo de esta investigación es usar la simulación en el proceso de producción para poder encontrar las áreas con más problemas y poder disminuirlas, como método para desarrollar este objetivo se usó la simulación de eventos discretos con diversos escenarios donde se encontró las áreas con mayor colas, de la misma manera se analizaron los tiempos en los procesos para posteriormente estandarizarlos con la finalidad de conseguir más márgenes de utilidad a la empresa, como resultado de la simulación se tiene que se puede tener 3 posibles soluciones que afronten al problema principal, estas tuvieron 30 corridas por 8 horas, estas simulaciones indican que es necesario el aumento de operario en el área de empaquetado o adquirir una maquina empaquetadora y la rotación de los puestos de trabajo, con esto se puede ver que la producción pudo aumentar un 39,03% de maní dulce y un 20,42% de maní salado, generando mayor utilidad a la empresa.

Roark, Acosta, *et al* [9], en su investigación Aplicación de la teoría de restricciones a un proceso productivo alimenticio por medio de simulación de eventos discretos desarrollada en Argentina en el año 2019, señala que debido al incremento de la demanda de snacks de papas fritas esta no logra cubrir su capacidad actual, por eso el objetivo es analizar la capacidad del sistema productivo logrando identificar sus principales restricciones o también llamados cuellos de botella para aumentar la producción, para el desarrollo de esta se aplica la simulación por eventos discretos para identificar las restricciones, denominadas cuellos de botella, de un proceso según la metodología teoría de restricciones (TOC), para desarrollar la simulación se realiza tres etapas: concepción donde se establece formalmente el alcance del problema, la definición del objetivo de dicho modelo y la identificación de las restricciones que el medio impone al sistema en estudio, implementación donde se debe construir un modelo computacional que representa el modelo conceptual y el modelo de datos y finalmente el análisis de los resultados, para la simulación se usó el software Flexsim, los resultados de esta simulación se logra identificar el cuello de botella en el cual la freidora trabaja en un 99,79% .

Barra, Teberga, *et al* [10] , en su investigación “Discrete simulation-based optimization methods for industrial engineering problems: A systematic literature review” desarrollada en Brasil en el año 2018, señala que la toma de decisiones hoy en día en cualquier empresa es principal para que este optimizada, así mismo para la inversión y la asignación de recursos en sistemas nuevos o ya existentes, el objetivo de esta investigación es tener una visión amplia sobre la aplicaciones de la optimización discreta basada en simulación (DSBO) además de identificar las metodologías de diferentes estudios para

posteriormente analizarlas y hacer una breve discusión con los resultados, para el desarrollo de esto se estudió y analizó un listado de diferentes artículos 217 para ver las comparaciones entre las diferentes técnicas y estudios hechos, como resultado de esta investigación se tiene que el uso de softwares y hardware ayudan mucho en lo que es la simulación sin la necesidad de invertir en el proceso, por otro lado con los resultados se pueda tomar decisiones con las cuales se puede optimizar el proceso y dar un buen rendimiento y productividad a la empresa.

Koulouris, *et al* [11], en su investigación “**Applications of process and digital twin models for production simulation and scheduling in the manufacturing of food ingredients and products**” desarrollada en Grecia en el año 2020, señala que las industrias están avanzando con el uso de la tecnología permitiendo garantizar la seguridad, calidad de los productos, además de minimizar los costos frente a los bajos márgenes de ganancia, acortar los plazos de entrega y finalmente garantizar la entrega oportuna de un número cada vez mayor de productos a pesar de los tiempos muertos de producción y las incertidumbres, esto es lo que llamaría industria 4.0, el objetivo de esta investigación es proponer un enfoque de gemelo digital en el procesamiento de alimentos con el uso de la simulación y la programación de la producción, para el desarrollo de esta investigación se simuló varios procesos de diferentes rubros alimenticios con los cuales se analizaron diversos panoramas, como resultado de esto se tiene que los procesos alimentarios son estructuras rígidas con pocas flexibilidades en su ejecución, así mismo se propone la estandarización de los tiempos y el uso de la tecnología en los procesos de producción para ser eficientes, flexibles y rentables.

Galánm, Guitiérrez, *et al* [12], en su investigación “**Real-time reconciled simulation as decision support tool for process operation**” realizada en España en el año 2020, señala que hoy en día existen herramientas de apoyo a la toma de decisiones en la industria de procesos han ido ganando relevancia, especialmente para el funcionamiento en condiciones inciertas, el estudio describe la simulación reconciliada en tiempo real (RTRS) y analiza su utilidad como herramienta de toma de decisiones para los operadores de procesos, especialmente bajo cambios inesperados en el proceso, el objetivo de esta investigación es el análisis del resultado de simulaciones inciertas en los procesos industriales para la toma de decisiones para tener un rendimiento óptimo, como resultado de estas simulaciones se tiene que con los modelos es posible una toma de decisión más precisa y viable en cuanto al sistema de producción, sin embargo estos modelos deben mantenerse actualizados para que sean confiables.

Uludağa, Olabia, *et al* [13] en su artículo titulado “**Mitigating the Effects of Bottlenecks in Wagon Manufacturing**” realizada en Chicago – USA en el año 2019 señala la existencia de un cuello de botella en el proceso de fabricación de conductos para cables, debido a que es uno de los principales pasos para la fabricación de vagones, específicamente entre los talleres de soldadura y corte debido a las diferentes velocidades de producción y planificación inadecuada de la capacidad para las máquinas y operarios. como objetivo tiene proporcionar soluciones para disminuir el tiempo de ciclo de una manera eficiente y sostenible mediante el intercambio de recursos entre departamentos, para el desarrollo de esto se usa la producción ciber física, además de contar con la ayuda del software Promodel con datos reales de la empresa. Una vez simulado el proceso se tiene que analizar los resultados y tomar decisiones en los cambios para eliminar el cuello de botella.

Subramaniyan, Skoogh, *et al* [14], en su investigación “**A data-driven approach to diagnosing throughput bottlenecks from a maintenance perspective**” realizada en

Alemania y Suecia en el año 2020, señala que muchos de los cuellos de botella presentes en las industrias de cualquier índole son por la falta de mantenimiento de las maquinas en el sistema de producción, es por eso que la investigación tiene como objetivo demostrar un enfoque basado en datos para diagnosticar cuellos de botella en el rendimiento, utilizando el conocimiento combinado de los dominios de mantenimiento y ciencia de datos, para el desarrollo de la investigación se usó métodos de identificación de cuellos de botella basado en los períodos activos propuesto por Roser, Nakano y Tanaka y técnicas de aprendizaje automático no supervisadas y uso de herramientas de análisis visual para representar los resultados de la agrupación, en otras palabras es importante la colaboración entre los ingenieros de mantenimiento y los autores para visualizar los resultados de la agrupación puede servir como soporte de decisiones para la toma de decisiones de mantenimiento, como resultado de la investigación se tiene que la toma de decisiones de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los cuellos de botella en el rendimiento es un proceso complejo. Para facilitararlo, los profesionales del mantenimiento deben saber dos cosas: los cuellos de botella del rendimiento en el sistema de producción y los conocimientos de diagnóstico relacionados con el mantenimiento de los cuellos de botella, finalmente se tiene que para buena toma de decisión para eliminar el cuello de botella es necesario realizar todos los pasos.

Definición de términos:

- Simulación de procesos: Es el estudio de un sistema o proceso mediante la manipulación matemáticamente, modelo físico o a través de un software que permita dar resultados en tiempo reales sin la necesidad de llevarlos a la realidad. [15]
- Eficiencia: Es la capacidad de alcanzar los objetivos y metas con la menor inversión de tiempo, esfuerzos y recursos, al ser eficientes se aumenta la producción y por ende incrementa la productividad. [16]
- Toma de decisiones: Normalmente tomada por el gerente de la empresa, esta se basa en decidir o elegir una opción entre otras para sacar el mayor provecho a la empresa, siempre se espera que esta sea la más beneficiosa, para esto el gerente tiene que ser una persona capaz y segura de sí misma. [17]
- Cuello de botella: Es la operación que tiene la capacidad efectiva más baja entre todas, por lo que limita la salida de productos del sistema, generando retraso y pérdida de utilidades. [18]
- Estudio de tiempos: Herramienta para comprender la naturaleza y costo del trabajo, se usa para reducir costos innecesarios, mejorar las condiciones de trabajo y del entorno, de la misma manera se puede usar para motivar a la persona en el desempeño de su trabajo. [17]

Metodología

En cuanto la metodología para la presente investigación se tiene la toma de tiempos, para este caso se toma los tiempos del área de batido para la producción de helados y realizar la simulación mediante el software Promodel Student para ver que estación o variable a estudiar es donde se presenta mayor problema.

Para la implementación del rediseño del proceso de producción de batidos de helado se tiene el análisis de los resultados de la simulación anterior para la modificación del proceso y poder aumentar la eficiencia en la producción.

Para la evaluación económicamente del diseño se busca una máquina llenadora de helados para evaluar con la producción si es rentable adquirir una la máquina.

Resultados

- **Diagnóstico y rediseño del área de batido cubetas retornables (CR)**

Se diagnosticó el área de batido de las presentaciones de cubetas retornables (CR), cubeta transparente Perú (CTP) en la fábrica de helado.

Tabla 1 Toma de tiempos para la presentación CR en vainilla

Nº de actividad	Actividad	Tiempo estándar (s)
1	Llenado	26,8
2	Tapado y colocado de termoencogible	7,92
3	Apilado de CR	16
4	Termosellado	4,95
5	Codificado	4,99
6	Traslado de ida y regreso	10,72

Fuente: [4]

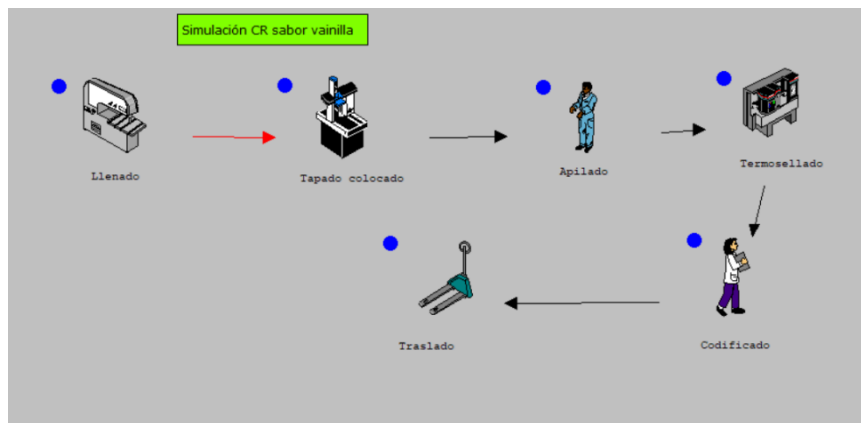


Figura 1 Layout actual de CR de vainilla

Como se puede apreciar en la tabla 1, con la toma de tiempos la estación que toma más tiempo es el área de llenado con 26,8 segundos, con estos tiempos se tiene que la eficiencia para la presentación de este tipo de helado es del 63%, para la simulación de este proceso se puso 8 horas de trabajo donde hay una entrada de 500 unidades por mes de crema de leche por lo que este es el resultado.

CR DE VAINILLA 1.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Llenado	8.00	1.00	188.00	2.06	0.81	1.00	1.00	80.56
Tapado colocado	8.00	1.00	186.00	1.07	0.42	1.00	0.00	41.60
Apilado	8.00	1.00	185.00	1.08	0.42	1.00	0.00	41.57
Termosellado	8.00	1.00	184.00	0.08	0.03	1.00	0.00	3.18
Codificado	8.00	1.00	183.00	0.08	0.03	1.00	0.00	3.16
Traslado	8.00	1.00	183.00	0.18	0.07	1.00	0.00	6.82

CR DE VAINILLA 1.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Llenado	8.00	17.41	0.00	19.44	0.00	63.15	0.00
Tapado colocado	8.00	5.11	0.00	58.40	0.01	36.48	0.00
Apilado	8.00	10.29	0.00	58.43	0.00	31.28	0.00
Termosellado	8.00	3.18	0.00	96.82	0.00	0.00	0.00
Codificado	8.00	3.16	0.00	96.84	0.00	0.00	0.00
Traslado	8.00	6.82	0.00	93.18	0.00	0.00	0.00

Figura 2 Resultados de la simulación real de CR

Se puede apreciar que la estación mayor utilizada representa el área de llenado con un 80,56%, esto no es raro debido que representa el cuello de botella con un tiempo de 26,8 segundos frente a las otras áreas.

Con respecto al análisis del porcentaje de operación, tiempo ocioso y de espera, se tiene que en las 8 horas de trabajo, el proceso de llenado es donde se tiene un mayor tiempo de operación con un 17,41% , por otro lado el tiempo ocioso representa de este proceso es del 19,44%, esto quiere decir que no hay mucho tiempo ocioso debido que siempre llegan entidades, sin embargo en el porcentaje de las entidades que están bloqueadas en el llenado representa un 63,15% esto se debe al alto tiempo ocupado en esta área por lo que significa retraso del proceso.

Se tiene que en las 8 horas de trabajo se tiene un total de 183 productos terminado, para este caso se tomó en cuenta que el área clave para mejorar es el proceso de llenado donde ocupada mayor tiempo de trabajo, lo que genera que no ingrese más producto para su elaboración, por lo que se plantea mejorar el área de llenado.

### Resultado de simulación Cubetas retornables (CR):

Para la simulación de la presentación del caso se tiene añade dos opciones, agregar una máquina de llenado para disminuir el tiempo de operación de esta y de la misma manera poder estandarizar los tiempos en base a la nueva máquina.

Tabla 2 Toma de tiempos con la propuesta de CR

N° de actividad	Actividad	Tiempo estándar (s)
1	Llenado 1	6
2	Llenado 2	6
2	Tapado y colocado de termoencogible	7
3	Apilado de CR	7
4	Termosellado	6,5
5	Codificado y colocado en canastilla	6,5
6	Trasladado de ida y regreso	9

Elaboración: Propia

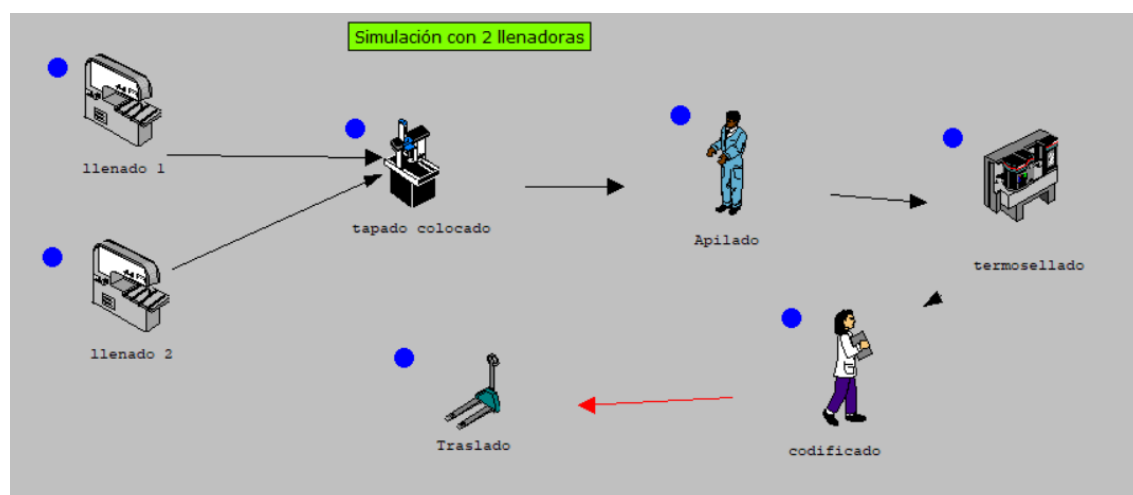


Figura 3 Layout de la propuesta de CR

Se puede apreciar en la figura 3 la nueva máquina llenadora para el área de batido de helados, así mismo se estandarizo los tiempos de trabajo para cada locación.

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
llenado 1	8.00	1.00	148.00	2.71	0.84	1.00	1.00	83.63
llenado 2	8.00	1.00	147.00	2.78	0.85	1.00	1.00	85.24
tapado colocado	8.00	1.00	292.00	0.64	0.39	1.00	0.00	39.13
Apilado	8.00	1.00	291.00	0.15	0.09	1.00	0.00	8.79
termosellado	8.00	1.00	290.00	0.58	0.35	1.00	0.00	35.29
codificado	8.00	1.00	289.00	0.94	0.57	1.00	0.00	56.68
Traslado	8.00	1.00	288.00	0.15	0.09	1.00	0.00	9.00

Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting
llenado 1	8.00	3.06	0.00	16.37	0.01
llenado 2	8.00	3.06	0.00	14.76	0.01
tapado colocado	8.00	7.12	0.00	60.87	0.00
Apilado	8.00	7.09	0.00	91.21	0.00
termosellado	8.00	6.53	0.00	64.70	0.00
codificado	8.00	6.50	0.00	43.32	0.01
Traslado	8.00	9.00	0.00	91.00	0.00

Figura 4 Resultados de la simulación de CR

Con los resultados de la simulación con la nueva máquina llenadora y con la estandarización de los tiempos para el área de batido de helados, se tiene una visión real de lo que se podría ofrecer con la máquina de llenado adicional y con la estandarización de los tiempos, a comparación del anterior se tiene que solo hay una salida de 183 táper de helado que representa un 36,6% de lo que entra, en cambio con la simulación de la propuesta se tiene habrá 288 táper de helado aumento la producción a un 57% de la misma manera, lo que significa que la eficiencia con el rediseño también aumenta.

➤ Real

$$500 \text{ entradas} = 100\%$$

$$183 \text{ salidas} = X\%$$

$$X = \frac{183 * 100}{500} = 36.6\%$$

➤ Propuesta

$$500 \text{ entradas} = 100\%$$

$$288 \text{ salidas} = X\%$$

$$X = \frac{288 * 100}{500} = 57\%$$

• **Diagnóstico y rediseño del área de batido cubetas transparente Perú (CTP)**

Tabla 3 Toma de tiempos para la presentación CTP sabor vainilla

N° de actividad	Actividad	Tiempo estándar (s)
1	Llenado	21,02
2	Tapado	4,31
3	Apilado de CTP	5,66
4	Colocado en canastilla	4,86
5	Traslado de inda y regreso	10,72

Fuente: [4]

Para la presentación de CTP en vainilla se tiene que nuevamente la estación con mayor tiempo es el llenado con un tiempo de 21,02 segundos.

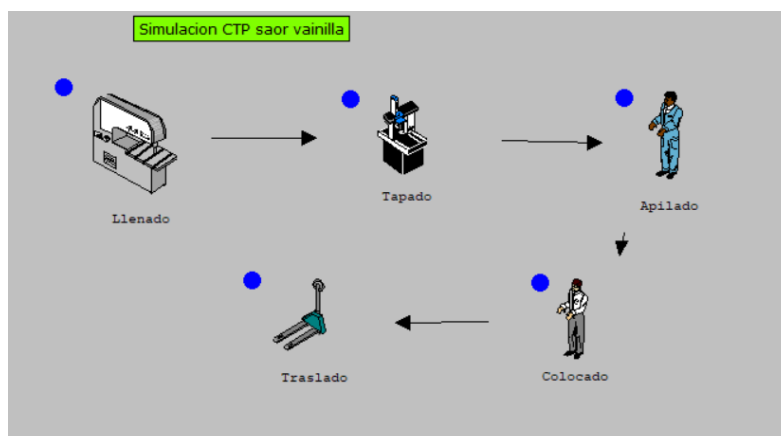


Figura 6 Layout actual para CTP

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Llenado	8.00	1.00	305.00	1.08	0.69	1.00	1.00	68.56
Tapado	8.00	1.00	303.00	0.08	0.05	1.00	0.00	5.01
Apilado	8.00	1.00	303.00	0.54	0.34	1.00	1.00	33.78
Colocado	8.00	1.00	301.00	0.08	0.05	1.00	0.00	5.08
Traslado	8.00	1.00	301.00	0.18	0.11	1.00	1.00	11.21

Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked
Llenado	8.00	22.24	0.00	31.44	0.00	46.32
Tapado	8.00	4.55	0.00	94.99	0.00	0.46
Apilado	8.00	5.93	0.00	66.22	0.00	27.85
Colocado	8.00	5.08	0.00	94.92	0.00	0.00
Traslado	8.00	11.21	0.00	88.79	0.00	0.00

Figura 5 Resultados de la simulación actual

Como se puede apreciar se tiene que el mayor grado de porcentaje de utilización corresponde a llenado, esto quiere decir que el área de llenado dentro de las 8 horas de trabajo es la que más se utiliza, de la misma manera el tiempo de operación es del 22,24% de esto no hay duda debido que en la toma de tiempos es donde mayor se demora en ejecutar la acción, por lo que el tiempo ocioso de este no es muy alto debido que siempre va estar en ejecución por lo que el tiempo ocioso de las otras áreas es alto, esto también repercute en las entidades que permanecen bloqueadas o que no pueden entrar a sistema debido al alto tiempo que demora el área de llenado, esto corresponde a 46,32% es decir un poco menos de la mitad. Como salidas se obtiene un total de 301 táper de helado.

### Resultado de simulación Cubetas transparentes Perú:

El rediseño se basa en dos propuestas, aumentar una maquina llenadora en la estación y estandarizar los tiempos de trabajo para cada área, esto permitirá que el tiempo de operación pueda disminuir.

Tabla 4 Toma de tiempos con propuesta de CTP

N° de actividad	Actividad	Tiempo estándar (s)
1	Llenado 1	5.5
2	Llenado 2	5.5
3	Tapado	4,2
4	Apilado de CTP	5,6
5	Colocado en canastilla	4,86
6	Traslado de inda y regreso	7.5

Elaboración: Propia

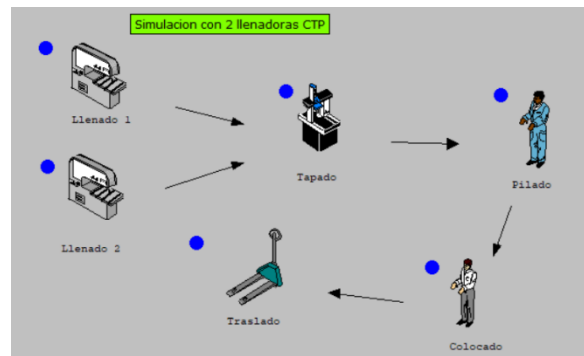


Figura 7 Layout de la simulación

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Llenado 1	8.00	1.00	242.00	1.47	0.74	1.00	1.00	73.99
Llenado 2	8.00	1.00	242.00	1.47	0.74	1.00	1.00	74.19
Tapado	8.00	1.00	481.00	0.16	0.16	1.00	0.00	16.46
Pilado	8.00	1.00	480.00	0.13	0.13	1.00	0.00	12.89
Colocado	8.00	1.00	479.00	0.08	0.08	1.00	0.00	8.08
Traslado	8.00	1.00	478.00	0.13	0.12	1.00	0.00	12.45

Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked
Llenado 1	8.00	4.64	0.00	26.01	0.00	69.35
Llenado 2	8.00	4.62	0.00	25.81	0.00	69.57
Tapado	8.00	7.01	0.00	83.54	0.00	9.45
Pilado	8.00	9.30	0.00	87.11	0.00	3.59
Colocado	8.00	8.08	0.00	91.92	0.00	0.00
Traslado	8.00	12.45	0.00	87.55	0.00	0.00

Figura 8 Resultados de la simulación de CTP

Como se puede apreciar el área de llenado es donde más porcentaje de utilización tiene con un 73,99% y con 74,19% esto debido que la primera estación y es donde igualmente se acumulan las entradas con una participación del 69,35% y 69,57%, esto va de la mano con el tiempo ocioso ya que al estar siempre ocupada las maquinas llenadoras no va a permitir el ingreso de más entidades a esta, es por eso que se tiene un tiempo ocioso del 26,01% y del 25,81%, sin embargo con la decisión de la implementación de la maquina y la estandarización de los tiempos en las operaciones se aprecia que existe 478 táper de helados que salen de la estación.

## ➤ Real

$$500 \text{ entradas} = 100 \%$$

$$301 \text{ salidas} = X\%$$

$$X = \frac{301 * 100}{500} = 60,2 \%$$

## ➤ Propuesta

$$500 \text{ entradas} = 100 \%$$

$$478 \text{ salidas} = X\%$$

$$X = \frac{478 * 100}{500} = 95,6 \%$$

Con la nueva máquina llenadora y la estandarización de los tiempos se tiene que para la presentación de helados de cubetas transparente Perú la producción de esta llegara a un 95,6 % por ende la eficiencia en todo el proceso aumenta.

## • Evaluación Económica

Como se puede apreciar en ambas presentaciones de helado, el problema es la máquina llenadora, por lo que se requiere la implementación de esta. Para esto se buscó diferentes alternativas de las cuales cumplan con los requisitos de la heladería.



Helado Popsy Vainilla Litro  
x600g  
POPSY  
\$24.990

Figura 9 Costo de una cubeta de helado promedio

En la figura 9 se tiene la venta de una cubeta de helado que cuesta aproximadamente \$25,000 pesos colombianos, Según [3] se tiene una ganancia de 3,5 veces más al costo de producción lo que significa que cada cubeta cuesta \$7,500 y se gana aproximadamente \$17,500

Tabla 5 Maquina llenadora de helados

Maquina Automática de llenado	
Marca	Snowball Machine
Origen	China
Precio	\$25 000,00
Energía	2,2Kw
Dimensión (largo*ancho*alto)	2000 mm 977 mm 1571 mm
Peso	600 kg
Voltaje	380 V 220 V
Modelo	Automática

Fuente: Alibaba



Se muestra en la tabla 5 las características de la maquina llenadora de helado, el cual tiene un precio de \$25 000,00.

Tabla 6 Comparación de ventas de cubeta retornable

Producción/día	Cubeta retornable	Venta (CR)	Ganancia
Antes	183	\$ 4 575 000,00	\$ 3 202 500,00
Después	288	\$ 7 200 000,00	\$ 5 040 000,00
Producción/año	3456	\$ 86 400 000,00	\$ 60 480 000,00

Elaboración: Propia

Con la implementación de la máquina llenadora se tiene una producción de 3456 unidades por año de cubetas retornables lo que genera una cantidad de \$ 60 480 000,00

Tabla 7 Comparación de ventas de cubeta transparente Perú

Producción/día	Cubeta transparente Perú	Ventas (CTP)	Ganancia
Antes	301	\$ 7 525 000,00	\$ 5 267 500,00
Después	478	\$ 11 950 000,00	\$ 8 365 000,00
Producción/año	5736	\$ 143 400 000,00	\$ 100 380 000,00

Elaboración: Propia

Con la implementación de la máquina llenadora se tiene una producción de 5736 unidades por año de cubetas transparente Perú, lo que genera una cantidad de \$ 100 380 000,00

Tabla 8 Recuperación de la inversión

Recuperación		
Ganancia total	Costo de maquina	Diferencia
\$ 160 860 000,00	\$ 94 450 000,00	\$ 66 410 000,00

Elaboración: Propia

Se puede apreciar que con la venta de las cubetas retornable (CR) y cubetas transparente Perú es posible la recuperación de la inversión en menos de un año, favoreciendo a la empresa de helados y para que pueda atender la demanda creciente como señala. [3]

## Discusión

Roark, Acosta, *et al* [9] para el diagnostico de un proceso y encontrar el área menos productiva y con cuello se botella es necesario la simulacion del proceso real mediante un software que permita identificar con datos cuantitativos, es por eso que en su investigacion con la simulación real pudo encontrar su cuello de botella que es la freidora con un porcentaje del 99,79% lo cual no es posible que el proceso sea continuo, al igual que [9], se hace la simulación actual del proceso de batido de helado donde los resultados indican que el cuello de botella es la estación de llenado en ambas presentaciones de helado con un porcentaje de 80,56% y 68,56% para CR y CTP respectivamente lo que genera que el proceso no sea continuo y queden entidades en espera por lo que no hay tantas salidas en el proceso.

Ramirez, *et al* [8] para la propuesta de su mejora mediante la simulacion de su proceso señala que es necesario la implementacion de la tecnologia y aumento de operario en la linea y rotacion de puestos para una mejor producción, con esto se logro que la produccion aumente un 39,03% y 20,42% para el mani dulce y salada, es por eso que la presente simulación con la implementación de la maquina llenadora de helado la producción para la presentación de CR logró aumentar un 20,4% y pata CTP un 35,4% como se observa

los resultados son muy parejos por lo que la decisión de adquirir mejor tecnología dentro de un proceso puede generar buenos resultados, es decir aumentar la producción y tener mas rentabilidad.

### Conclusiones

Se diagnosticó el área de batido de helados (real) mediante la simulación con el software Promodel Student para determinar qué área representa el cuello de botella tanto para las dos presentaciones CR y CTP, con el resultado se determinó que el área con mayor problema es el de llenado con el que cuenta un alto grado de utilización.

Se implemento la propuesta del rediseño con la adquisición de una maquina llenadora para cada presentación de helado (CR y CTP) además con la estandarización de los tiempos permitió un incremento de la eficiencia en la producción dando resultados positivos como una mayor salida de productos del 20,4% y del 35,4% para para la venta.

Se evaluó económicamente la propuesta con la implementación de la máquina llenadora de helado, con la inversión de \$ 94 450 000,00 es posible la recuperación del dinero en 1 año debido a las ventas, lo cual significa que es posible la adquisición de la máquina para poder satisfacer la demanda creciente de helados en el mercado colombiano.

### Referencias

- [1] Ingeniería Industrial, «Estudio de tiempos,» Ingeniería Industrial, 25 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio-de-tiempos/>. [Último acceso: 24 Junio 2021].
- [2] C. A. Mejía C, «La eficiencia operacional,» *Documentos planning*, pp. 1-4.
- [3] IALIMENTOS, «EL MERCADO DE HELADOS EN COLOMBIA CRECE EN PROMEDIO 3,1%,» IALIMENTOS, 15 Enero 2021. [En línea]. Available: [https://www.revistaialimentos.com/el-mercado-de-helados-en-colombia-crece-en-promedio-31-anual/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20datos%20de,1%25%20entre%202016%20y%202020](https://www.revistaialimentos.com/el-mercado-de-helados-en-colombia-crece-en-promedio-31-anual/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20datos%20de,1%25%20entre%202016%20y%202020.). [Último acceso: 29 Junio 2021].
- [4] A. G. Alfaro Pacheco y R. K. Moore Torres, «Estudio de tiempos como base para trazar estrategias orientadas al incremento de la eficiencia del proceso de batido de una planta de producción de helados,» *Industrial Data*, vol. XXIII, n° 1, pp. 113-126, 2020.
- [5] L. V. Peña Ariza y H. A. Felizzola Jimenez, «Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos,» *Ingeniare*, vol. 28, n° II, pp. 277-292, 2020.
- [6] «Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado,» *Informacion tecnologica*, vol. XXX, n° 3, 2019.
- [7] J. Garcia y G. Romero, «Diseño de un modelo de simulación, utilizando un software de eventos discretos, en una línea de producción de tejido industrial,» *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, n° 44, 2020.
- [8] M. Selene Ramirez, M. Zapatalla Jaramamillo, S. Castro Espinosa y R. A. Ortiz Garcia, «Análisis de la producción de productos alimenticios tipo snacks mediante simulación de eventos discretos en una empresa de Medellín,» *Investigación Ingeniería y Sociedad Universidad de Antioquia*, vol. XVII, n° 1, pp. 33-41, 2019.

- [9] G. Roark, E. Acosta, S. Urrutia, J. A. Queiroz y F. Chiodi, «Aplicación de la teoría de restricciones a un proceso productivo alimenticio por medio de simulación de eventos discretos,» *ResearchGate*, 2020.
- [10] W. T. De Sosa Junior, J. A. Barra Montevice, R. de Carvalho Miranda y A. Terberga Campos, «Discrete simulation-based optimization methods for industrial engineering problems: A systematic literature review,» *Computers & Industrial Engineering*, vol. CXXVIII, pp. 526-540, 2019.
- [11] A. Koulouris, N. Misailidis y D. Petrides, «Applications of process and digital twin models for production simulation and scheduling in the manufacturing of food ingredients and products,» *Food and Bioproducts Processing*, vol. CXXVI, pp. 317-33, 2021.
- [12] A. Galan, C. De Prada, G. Guitierrez, D. Sarabia y R. Gonzalez, «Real-time reconciled simulation as decision support tool for process operation,» *Journal of Process control*, vol. C, pp. 41-64, 2021.
- [13] F. Uludağ, Y. Olabi y E. Elçin, «Mitigating the Effects of Bottlenecks in Wagon Manufacturing,» *ScienceDirect*, pp. 1-10, 2019.
- [14] M. Subramaniyan, A. Skoogh, A. Sheikh Muhammad, J. Bokran, B. Johansson y C. Roser, «A data-driven approach to diagnosing throughput bottlenecks from a maintenance perspective,» *Computers & Industrial Engineering*, vol. CL, 2020.
- [15] D. M. Himmelblau y K. B. Bischoff, *Análisis y simulación de procesos*, Barcelona: Reverte.
- [16] S. Garcia Echevarría, *Introducción a la economía de la empresa*, Madrid: Diaz de Santos.
- [17] C. Soriano Soriano, *Toma de decisiones eficaces*, Madrid: Diaz de Santos.
- [18] L. J. Krajewski y L. P. Ritzman, *Administración de operaciones: estrategia y análisis*, Boston: Pearson.