

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



**Propuesta de mejora del proceso productivo de hielo aplicando el software  
ProModel en la fábrica ILASAC para aumentar la productividad**

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

**AUTOR**

**Gonzalo Yarif Salazar Pita**

**ASESOR**

**Santos Confesor Gabriel Blas**

<https://orcid.org/0000-0003-0306-108X>

**Chiclayo, 2023**

## TIB FINAL

### INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://www.theibfr.com">www.theibfr.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	1%

# Índice

Resumen .....	4
Abstract .....	5
I. Introducción .....	6
II. Revisión de literatura .....	8
III. Metodología .....	12
IV. Resultados y Discusión .....	13
V. Conclusiones .....	22
VI. Referencias .....	23

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad proponer la mejora del proceso productivo de hielo aplicando el software ProModel en la fábrica de hielo ILASAC para aumentar la productividad. Así mismo, se definieron los objetivos específicos; primero diagnosticar la situación actual del proceso productivo de hielo de la fábrica ILASAC dando como resultado un cuello de botella de 1325,40 minutos, una producción mensual era de 28 lotes y una productividad era de 2,06 tn/mes. Para mitigar dichas problemáticas, se elaboró la propuesta de mejora aplicando el software ProModel para incrementar la productividad de la fábrica donde al implementar un tanque recibidor de amoníaco y la implementación de un llenado automatizado de la cisterna, se obtuvieron los resultados donde la producción mensual aumentó en 25% a 41 lotes y la productividad aumentó en 46,6% a 3,02 tn/mes. Finalmente, se analizó la viabilidad económica de la propuesta de mejora, donde si es viable la adquisición de los equipos mencionados para mejorar el proceso.

**Palabras clave:** Productividad, Cuello de botella, ProModel, Hielo, Producción.

## Abstract

The purpose of this research project is to propose the improvement of the ice production process by implementing the ProModel software at the ILASAC ice factory to increase productivity. Specific objectives were defined as follows: firstly, to diagnose the current situation of the ice production process at the ILASAC factory, resulting in a bottleneck of 1325.40 minutes, a monthly production of 28 batches, and a productivity of 2.06 tons per month. To mitigate these issues, a proposed improvement was developed by implementing the ProModel software, which included the installation of an ammonia receiver tank and the automation of the cistern filling process. The results showed that the monthly production increased by 25% to 41 batches, and productivity increased by 46.6% to 3.02 tons per month. Finally, the economic feasibility of the proposed improvement was analyzed, and it was determined that the acquisition of the mentioned equipment is viable for enhancing the process.

**Keywords:** Productivity, Bottleneck, ProModel, Ice, Production.

## **I. Introducción**

En la actualidad, la fabricación de hielo industrial o también conocido como hielo en bloques es una industria que ha crecido en los últimos años, esto se debe a la demanda creciente sostenible del producto, ya que sirve para la conservación de alimentos y el sector de mayor demanda, en el país, es el sector pesquero. El congelamiento inmediato después de la captura del pescado es importante para mantener la calidad, ya que las variaciones de temperatura pueden influir negativamente en la composición bioquímica del producto. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [1] a través del informe técnico “Avance Coyuntural de la Actividad Económica”, a mediados del 2022 la producción del sector pesca incrementó un 29,03% respecto al año 2021. Sin embargo, la venta del hielo depende o varía de acuerdo a la temporada, es decir, en temporada de mayor demanda es necesario aumentar la capacidad de producción, mientras que en temporada de menor demanda es necesario disminuir la misma.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) [2] en su publicación “El estado mundial de la pesca y acuicultura 2020”, informa que la producción mundial de la pesca, en el año 2018, tuvo una demanda de 96,4 millones de toneladas y representó un crecimiento respecto al promedio de los años 2015, 2016 y 2017, en de 5,4%. A nivel mundial, los países de China, Indonesia, Perú, India, Rusia, Estados Unidos y Viet Nam, fueron los principales productores de pesca, representando casi el 50% de la producción total de pesca en el mundo. Este tipo de industria también está relacionada con las industrias de servicio como son los proveedores de hielo para poder conservar la materia prima tal como se menciona en líneas anteriores, es una industria creciente. Por ello, el empleo del hielo industrial es de suma importancia en las embarcaciones que se dedican a la pesca, desde la captura hasta el desembarque del pescado.

El Ministerio de la Producción (PRODUCE) [3] en su “Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2020” informa que el PBI Pesca Extractivo, en el año 2020, alcanzó aproximadamente los dos millones de soles, representando un crecimiento de 2,34% respecto al año 2019. Este aumento se dio gracias a la mayor captura de anchoveta (especie hidrobiológica) para la fabricación de harina de pescado y aceite crudo. Sin embargo, El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [4] su informe técnico “Producción Nacional” comunica que el consumo humano directo, hasta el mes de febrero 2022, disminuyó un 8,35% debido al menor

desembarque de especies en estado fresco. En efecto, es indispensable que las embarcaciones cuenten con sus bóvedas frigoríficas llenas de hielo para que puedan conservar el producto hasta su desembarque en puerto, con la finalidad de mantenerlo fresco y que llegue al mercado en buenas condiciones. Por ende, las fábricas deben producir hielo de calidad para una mejor conservación del pescado. Sin embargo, en temporadas de mucha demanda, las empresas dedicadas a este rubro, no cumplen con la demanda deseada debido a los excesivos pedidos y a su poca capacidad productiva.

Inversiones Luis Álvaro SAC (ILASAC) es una empresa dedicada a la producción y comercialización de hielo industrial. Además, cuenta con cámaras isotérmicas para su transporte y también venden el hielo puesto en playa o muelle. Principalmente, la fábrica abastece al mercado local, la zona norte del país, pero también han llegado a Pacasmayo, Chimbote, Pisco y otras ciudades del Perú. La empresa tiene una máxima capacidad de producción diaria de 57 toneladas y obtienen un promedio de rentabilidad del 50% adicional sobre los costos de operación por tonelada de hielo. Sin embargo, la fábrica presenta la siguiente problemática, tiene un bajo nivel de productividad, siendo de 2,06 Tn/mes, debido a su baja capacidad de producción y esto se debe al alto tiempo de congelamiento de 1325,40 minutos que genera un cuello de botella en el proceso productivo y a la baja capacidad de planta que presenta actualmente la empresa.

Para enfrentar dicha problemática se plantea la siguiente pregunta: ¿En qué medida la propuesta de mejora del proceso productivo de hielo incrementará la productividad? Para resolver dicha interrogante se planteó como objetivo general: Proponer la mejora del proceso productivo de hielo aplicando el software ProModel en la fábrica de hielo ILASAC para aumentar la productividad. Así mismo, se definieron los objetivos específicos; primero diagnosticar la situación actual del proceso productivo de hielo de la fábrica ILASAC; segundo elaborar la propuesta de mejora aplicando el software ProModel para incrementar la productividad de la fábrica y finalmente, analizar la viabilidad económica de la propuesta de mejora.

## **II. Revisión de literatura**

### **Bases teóricas**

La elaboración comercial de hielo industrial radica en llenar moldes de metal con agua, que luego serán sumergirlos en un baño de salmuera, para que una temperatura inferior a la que entra sea refrigerada. Posterior a ello, pasado un tiempo estándar, el agua se congela y se forman los cubos grandes de hielo para que luego sean desmoldados al pasar por una inmersión en agua. [5]

El proceso de producción es el procedimiento que sigue una planta o empresa para transformar o cambiar la materia prima en productos terminados. [6]

La producción consiste en la creación de un producto con la ayuda de la mano de obra del operario, materiales y máquinas. Generalmente incluye aspectos como la planeación, control de calidad, control de producción y otros aspectos que pertenecen al sector de manufactura. [6]

La productividad es el grado de rendimiento en donde se hace uso de los recursos disponibles para poder lograr los objetivos deseados. Cabe resaltar que es una medida de la eficiencia con que se ha combinado los recursos para lograr los objetivos esperados. [6]

El Software ProModel es un simulador con optimización y animación para realizar modelos de simulación en procesos, con el fin de optimizarlos. Además, permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, call centers, servicios, manejo de materiales, logística. [7]

La simulación de procesos industriales se usa para verificar la viabilidad, encontrar los posibles errores y tomar las acciones correctivas necesarias. De esa forma, cualquier error presentado en el proceso se puede resolver con facilidad, minimizando los riesgos que se puedan presentar en la implementación de un proceso. [8]

### **Antecedentes**

Medina y Saldaña [9], en el año 2021 en su investigación manifiestan que la problemática surge en la línea final, ya que se realizan de forma manual los procesos de embotellado, etiquetado y control de calidad y eso demanda una cantidad de tiempo muy amplia. Además, causa fatiga en los trabajadores. En consecuencia, se planteó el objetivo de determinar aumentar la productividad con la implementación de un sistema automatizado en la línea final de la empresa pisquera. En la investigación se utilizó una metodología de tipo aplicada. Los resultados obtenidos fueron que en el área de embotellado mejoró en 95,77%, en el área de control de calidad mejoró en 126,56% y en el área de etiquetado mejoró en 123,96%, gracias a las

simulaciones en el Software ProModel. Por lo tanto, se concluye de esta investigación que hubo una mejora en la productividad de la línea final de 115,43%, con ello disminuyó el tiempo de producción y tiempos muertos y se incrementó el número de botellas realizadas.

Cadena y Vásquez [10], en el año 2021 en su investigación manifiestan que se presenta problemas con la producción y por la calidad del producto. En consecuencia, se planteó un plan de mejora que permita incrementar la productividad de la empresa como su objetivo. En la investigación se utilizó una metodología de tipo aplicada y descriptiva. Los resultados que se obtuvieron fueron el incremento de la productividad en 14,3% y en un 8,27% la eficiencia del sistema productivo. Por lo tanto, se concluye de esta investigación se logró alcanzar una eficiencia del sistema de producción de 80,90%, reduciendo 73 horas, la capacidad productiva incrementaría en 227 toneladas mensuales y el costo-beneficio fue de 1,17 lo que significa que la propuesta es viable.

Chon [11], en el año 2019 en su investigación manifiesta que la empresa no puede implantar estudios de tiempos y métodos de trabajo porque no tiene un plan organizado. En consecuencia, se planteó estandarizar el proceso productivo para aumentar la productividad como su objetivo principal. Para lograr este objetivo se utilizó una metodología de tipo descriptiva y aplicada. Los resultados obtenidos fueron que se obtuvo una reducción de 36% respecto a los tiempos de procesos de impresión, también un 25% aumentó la productividad en carátulas, un 43% en interiores y en plastificado, dobles y encolado un 57%. Por lo tanto, se concluye de esta investigación es que se pudo disminuir los tiempos de producción a casi la mitad de tiempo, ahorrando 20,3 horas en el tiempo de producción. Así mismo, la estandarización de procesos productivos ha logrado incrementar la productividad en 526 libros/hora, representando un 107% respecto a la anterior.

Rivas [12], en el año 2022 en su investigación manifiesta que la problemática es que el almacenamiento del hielo ocasiona altos costos eléctricos al tener que guardarlo dentro del área de producción. Además, la demora del tiempo de congelamiento es de 20 a 24 horas y repercute en los costos eléctricos. Por ello, se planteó mejorar el proceso de producción de la empresa estudiada para reducir costos eléctricos, como su objetivo. En la investigación se utilizó una metodología de tipo aplicada fundamental. Los resultados obtenidos fueron que se redujo el inventario en un 70,33% y el cuello de botella en 53,4 minutos, gracias a las simulaciones

realizadas con las herramientas de Montecarlo y el modelo de asignación. Por lo tanto, se concluye de esta investigación que juntando las dos propuestas se obtuvo una reducción del 51,22% de los costos de producción y la relación costo – beneficio dio un valor de 3,23, lo cual significa que la implementación de la propuesta de mejora es favorable y rentable para la empresa.

Barturen [13], en el año 2021 en su investigación manifiesta que la problemática es la empresa presenta un producto no conforme que es el hielo quebradizo. Por ello, se planteó el objetivo de mejorar el proceso productivo para reducir pérdidas económicas. En la investigación se utilizó una metodología de tipo aplicada. Los resultados obtenidos fueron una producción de 74,24 tn/día, una productividad de 2,3 tn/h-h y un cuello de botella de 24,28h, gracias a la aplicación de la metodología 5WH. Por lo tanto, se concluye de esta investigación que se redujeron las pérdidas económicas de 11,34% a 0,97%, con un TIR de 33% y un beneficio-costo de 1,20 lo cual significa que la propuesta es viable.

Panchillo, et al [14], en el año 2020 en su investigación manifiestan que las actividades rutinarias se ven afectadas en no poder reducir el coste de los productos que adquieren y la poca coordinación en su proceso de compras. Por ello, se planteó determinar el aumento de la productividad de la empresa Intergrafic S.R.L. a través de la gestión del proceso. En la investigación se utilizó una metodología de tipo cuantitativa. Los resultados obtenidos fueron la gestión de procesos obtuvo un coeficiente de correlación de Spearman de 0,655 y los procesos de compra obtuvo 0,457 bajo el mismo coeficiente. Por lo tanto, se concluye de esta investigación que en ambos procesos se evidenció una correlación positiva media.

Carrión [15], en el año 2021 en su investigación manifiesta que la empresa busca mejorar su productividad para poder abastecer a sus principales clientes con gran presencia en el mercado. Por ello, se planteó como objetivo determinar en cuánto incrementará la productividad mejorando los procesos de una empresa del sector de panificación. En la investigación se utilizó una metodología de tipo explicativa no experimental. Los resultados obtenidos fueron el incremento de paquetes a 24,33 pa/h y la capacidad de utilización a 59,59%. Por lo tanto, se concluye de esta investigación que al eliminar accionar sin valor agregado hubo un aumento

de 19,74 tn/mes y un beneficio – costo de 47,94 lo que significa que el proyecto es viable económicamente.

Vásquez [16], en el año 2019 en su investigación manifiesta que la empresa presenta una baja productividad ya que carecen de sistemas de trabajo inapropiados y hay una mala distribución de planta. Por ello, se planteó como objetivo determinar el incremento de la productividad en la empresa procesadora de alimentos, a través de la mejora del proceso. En la investigación se utilizó una metodología de tipo científica y aplicada con diseño cuasi experimental. Los resultados obtenidos fueron el aumento de la eficiencia a 78,33% y el incremento de la eficacia a 73,50%, Por lo tanto, se concluye de esta investigación que la productividad en el área de producción aumentó en una 12,41% llegando a 57,70% y se obtuvo el ratio de beneficio-costo de 1,33 lo que significa que la propuesta es viable.

Chafloque [17], en el año 2022 en su investigación manifiesta que la empresa presenta baja productividad debido al inadecuado método de trabajo, la falta de control durante el proceso y la mala distribución de planta. Por ello, se planteó aumentar la productividad, a través de la simulación del proceso. En el estudio se utilizó una metodología de tipo aplicada. Los resultados obtenidos fueron que la producción aumentó 57% llegando a 4714 camisas/hora y por parte de la productividad incrementó un 62% llegando a 21 camisas/hora. Por lo tanto, se concluye de esta investigación que el cuello de botella se redujo a 84 minutos, la productividad de mano de obra mejoró a 392 camisas/operario\*mes y finalmente el análisis costo-beneficio fue positivo y la propuesta es viable.

Chávez [18], en el año 2022 en su investigación manifiesta que la panificadora presenta problemas al no poder abastecer a sus clientes, debido al mal funcionamiento del horno artesanal, generando colas por la poca capacidad del horno. Por ello, se planteó como objetivo proponer una mejora en el proceso productivo del pan para incrementar la productividad. En la investigación se utilizó una metodología de tipo aplicada. Los resultados obtenidos fueron que se empleó un tiempo de 3 horas con 55 minutos para lograr producir 1800 bizcochos. Por lo tanto, se concluye de esta investigación que se logró reducir tiempos en un 22,96%, la producción de bizcochos aumentó a 75600 por semana y la productividad incrementó en un 20%. Por último, en el análisis beneficio-costo se obtuvo que la adquisición del horno industrial es viable.

### **III. Metodología**

En la presente investigación, el primer paso fue realizar el diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de hielo de la fábrica ILASAC, con el fin de evaluar las deficiencias presentes, sobre todo en los meses de temporalidad alta con respecto a la demanda. Para entender y conocer el proceso, se elaboró un diagrama de operaciones y un diagrama analítico de procesos, donde se pudo determinar los tiempos de cada actividad del proceso. Posterior a ello, se detalla los tiempos de recorrido entre estaciones y el tiempo de operación de cada etapa del proceso, mediante el software ProModel.

El segundo paso, fue elaborar la propuesta de mejora del proceso productivo de hielo para incrementar la productividad mediante el software ProModel, realizando la simulación para identificar y demostrar el tiempo que puede disminuir al reducir el cuello de botella que genera la etapa de congelamiento, y de esa forma cumplir con la demanda en temporadas altas del sector pesquero, evidenciando el aumento de la productividad.

Finalmente, el tercer paso fue analizar la viabilidad económica de la propuesta de mejora, evaluando los ingresos que se generaron posteriormente a la implementación de la mejora del proceso, así como los costos y gastos asociados a la actividad productividad. Todo ello se verificó si la propuesta es viable y rentable para la empresa, a través del ratio beneficio-costos.

#### IV. Resultados y Discusión

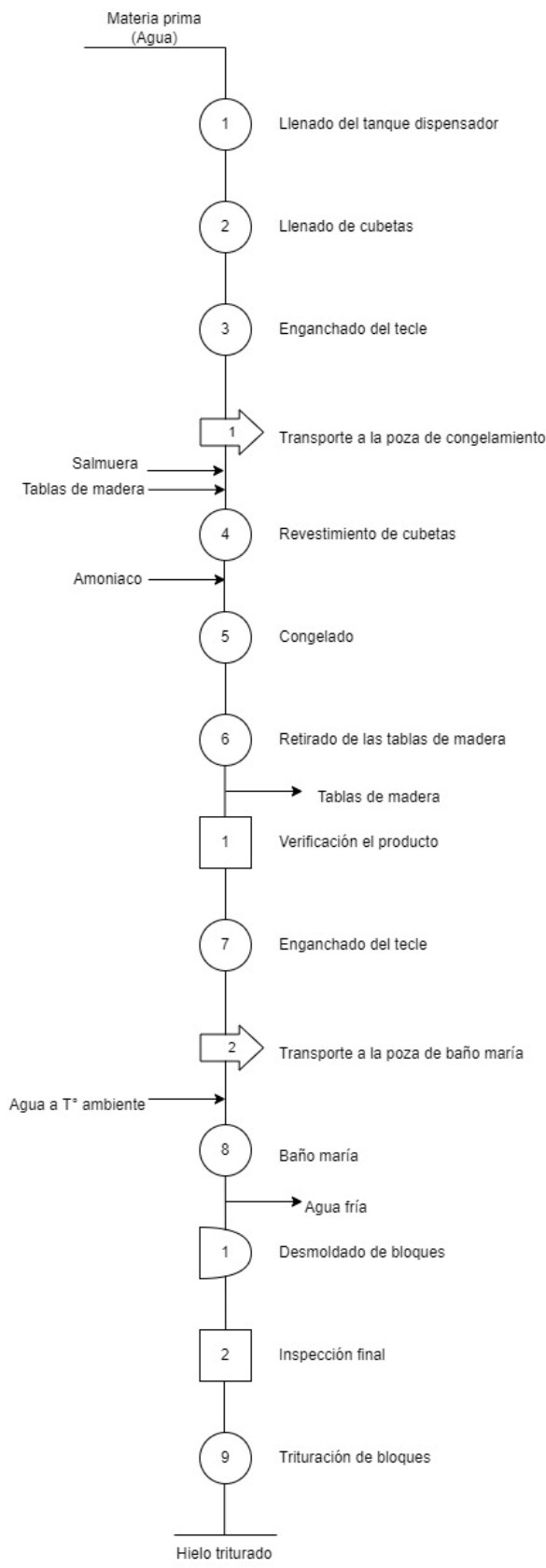
Para el diagnóstico del proceso actual, la fábrica ILASAC brindó los datos necesarios para poder realizar la simulación del proceso y posterior a ello, se realizó el diagrama de operaciones y el diagrama analítico de operaciones, para poder calcular los indicadores necesarios de producción y por ende el de productividad.

##### A. Análisis de proceso / Sistema productivo

La fábrica realiza un proceso simple para la producción de hielo industrial, utilizando un sistema por compresión de vapor que consiste en usar al amoníaco como refrigerante. En este caso, se presenta la descripción de las etapas del proceso de producción.

- a. Extracción de materia prima: en este caso el agua se obtiene de un pozo subterráneo, la extracción se hace con una tubería tubular.
- b. Llenado de cubetas: El agua se almacena en un tanque receptor que se encarga de llenar las cubetas. Posterior a ello, se engancha el tecla que transporta las cubetas llenas a la poza de congelamiento.
- c. Congelamiento: Las cubetas se mantienen inmersas en la poza a una temperatura entre  $-12^{\circ}\text{C}$  y  $-14,8^{\circ}\text{C}$  durante un tiempo de 20 – 22 horas. En dicha poza, circula el amoníaco y se echa salmuera, la cual se mantiene en constante agitación, gracias a los agitadores, con el fin de actuar como refrigerante secundario.
- d. Desmoldado: Cuando las cubetas de hielo alcanzan su temperatura más baja son transportadas a otra poza donde se realiza un baño maría con agua a temperatura ambiente que es vertida por el tanque dispensador. Esta etapa tiene la finalidad de que el bloque de hielo se desprenda con facilidad.
- e. Trituración: Finalmente, los bloques de hielo pasan a una máquina trituradora que se encarga de triturar y posterior a ello se despacha el producto final. Cabe resaltar que también comercializan y distribuyen el hielo en bloques, pero su producto principal es el hielo triturado.

**B. Diagrama de operaciones del proceso**



○	9
□	2
D	1
➡	2
<b>Total</b>	<b>14</b>

Figura N°1: Diagrama de operaciones

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa

C. Diagrama analítico del proceso

Hoja N°	1 de 1			Resumen				
Nombre del producto	Bloques de hielo			Actividad	Simb.	Cant.	Tiempo (min)	
Actividad	Producción de hielo en bloques			Operación	○	9	1345.10	
Método	Actual			Transporte	⇒	2	2.40	
Lugar	Fábrica ILASAC			Almacén	▽	0	0.00	
Diagramado por	Gonzalo Salazar Pita	Fecha:	3/10/2022	Inspección	□	2	1.70	
Máquinas	4			Espera	D	1	0.50	
Operarios	6			Combinado	◻	0	0.00	
				<b>Total</b>		<b>14</b>	<b>1349.70</b>	
N°	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES	Tiempo (min)	SÍMBOLO					
			○	⇒	D	□	◻	▽
1	Llenado del tanque dispensador	7.55	●					
2	Llenado de cubetas	2.50	●					
3	Enganchado del tecle	1.10	●					
4	Transporte a la poza de congelamiento	1.20		●				
5	Revestimiento de cubetas	1.50	●					
6	Congelado	1325.40	●					
7	Retirado de las tablas de madera	1.30	●					
8	Verificación del producto	0.50				●		
9	Enganchado del tecle	1.10	●					
10	Transporte a la poza de baño maría	1.20		●				
11	Baño maría	3.20	●					
12	Desmoldado de bloques	2.20				●		
13	Inspección final	1.20					●	
14	Trituración de bloques	1.45	●					

Figura N°2: Diagrama de Analítico del proceso

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la empresa

De acuerdo a lo observado en el Diagrama Analítico de Procesos (DAP), específicamente en la operación 6, se encontró el problema de tiempo de congelamiento, que representa el tiempo en el que se demora o tarde una cierta cantidad de bloques de agua en convertirse de estado líquido a estado sólido. En esta etapa del proceso existe un cuello de botella, ya que crea retardo en la producción, con un tiempo aproximado de 21 a 22 horas y no deja que la producción sea fluida. Cabe resaltar que no venden su capacidad de producción total, que son 57 toneladas, dejando 4 toneladas en la poza con el objetivo de mantener la temperatura del agua fría que está circulando en la poza. Por lo tanto, a partir de lo antes mencionado se tendría una capacidad real de la producción de 53 toneladas. Cabe resaltar que la fábrica trabaja las 24 horas.

### D. Simulación del proceso actual con el software ProModel



Figura N°4: Locación Resumen

Locación Resumen								
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Llenado del tanque dispensador	744.00	10.00	1,714.00	230.31	8.84	10.00	10.00	88.43
Llenado de cubetas	744.00	57.00	1,704.00	1,316.16	50.24	57.00	57.00	88.14
Enganchado del tecele	744.00	57.00	1,647.00	1,462.45	53.96	57.00	57.00	94.66
Revestimiento de cubetas	744.00	1.00	30.00	1,486.94	1.00	1.00	1.00	99.93
Almacén de tablas de madera	744.00	500.00	528.00	38,530.14	455.73	498.00	498.00	91.15
Poza de Congelamiento	744.00	1.00	29.00	1,503.77	0.98	1.00	1.00	97.69
Retirado de tablas de madera	744.00	1.00	28.00	1.46	0.00	1.00	0.00	0.09
Verificación del producto	744.00	1.00	28.00	0.44	0.00	1.00	0.00	0.03
Enganchado del tecele 2	744.00	1.00	28.00	1.11	0.00	1.00	0.00	0.07
Poza de baño maría	744.00	1.00	28.00	3.65	0.00	1.00	0.00	0.23
Desmoldado de bloques	744.00	1.00	28.00	1.43	0.00	1.00	0.00	0.09
Inspección final	744.00	1.00	28.00	1.25	0.00	1.00	0.00	0.08
Trituración de bloques	744.00	1.00	28.00	0.66	0.00	1.00	0.00	0.04
Llegada de agua	744.00	999,999.00	3,089,699.00	8,577.43	593,675.52	999,999.00	947,199.00	59.37

Figura N°5: Locación Resumen

Locación Estados (Indiv. Cap)							
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% Operación	% Configuración	% Inactivo	% Esperando	% Bloqueado	% Down
Revestimiento de cubetas	744.00	0.09	0.00	0.07	6.03	93.81	0.00
Poza de Congelamiento	744.00	97.69	0.00	2.31	0.00	0.00	0.00
Retirado de tablas de madera	744.00	0.09	0.00	99.91	0.00	0.00	0.00
Verificación del producto	744.00	0.03	0.00	99.97	0.00	0.00	0.00
Enganchado del tecl 2	744.00	0.07	0.00	99.93	0.00	0.00	0.00
Poza de baño maría	744.00	0.23	0.00	99.77	0.00	0.00	0.00
Desmoldado de bloques	744.00	0.09	0.00	99.91	0.00	0.00	0.00
Inspección final	744.00	0.08	0.00	99.92	0.00	0.00	0.00
Trituración de bloques	744.00	0.04	0.00	99.96	0.00	0.00	0.00

Figura N°6: Locación Estados

Entidad Estados				
Nombre	% En Lógica de Movimiento	% Esperando	% En Operación	% Bloqueado
Litro de agua	0.00	100.00	0.00	0.00
Grupo de 1250 l de agua	0.03	2.24	0.14	97.59
Grupo de 66250 l para congelar o 53 tn de hielo	0.00	0.00	0.00	0.00
Grupo de 66250 l para congelar con tablas	0.00	0.00	0.00	0.00
Grupo de 53 toneladas de hielo	0.00	0.00	0.00	0.00
Grupo de 963 bloques de hielo	0.00	0.00	0.00	0.00
Grupo de 53 toneladas de hielo triturado	0.23	28.86	37.31	33.60
Tabla de madera	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura N°7: Entidad Estados

Entidad Resumen							
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)	Tiempo de Bloqueo Promedio (Min)
Litro de agua	3,088,750.00	1,706.00	10.71	0.00	10.71	0.00	0.00
Grupo de 1250 l de agua	1,643.00	72.00	7,611.53	2.02	170.60	11.00	7,427.91
Grupo de 66250 l para congelar o 53 tn de hielo	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grupo de 66250 l para congelar con tablas	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grupo de 53 toneladas de hielo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grupo de 963 bloques de hielo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grupo de 53 toneladas de hielo triturado	28.00	0.00	4,188.90	9.64	1,208.92	1,562.88	1,407.46
Tabla de madera	0.00	499.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura N°8: Entidad Resumen

Luego de realizar la simulación del proceso actual con la ayuda del software ProModel, se obtuvieron los resultados:

- Cada mes hay una producción de 28 grupos de 53 toneladas.
- El tiempo del cuello de botella es 1325,40 minutos, siendo en la etapa de congelamiento.
- El tiempo total en producir un lote o grupo de 53 toneladas es de 1349,70 minutos.

### i. Producción mensual

La fábrica ILASAC trabaja las 24 horas del día, de lunes a domingo y según los datos arrojados en la simulación, el proceso tiene como salida 28 lotes, donde cada lote es 1 grupo de 53 toneladas de hielo.

$$\text{Producción} = 28 * 53 \text{ tn}$$

$$\text{Producción} = 1484 \text{ tn/mes}$$

Producción mensual = 1484 tn / mes \* 20 bloques / tn = 29680 bloques de hielo/mes

### ii. Productividad

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo disponible}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{1484 \text{ tn}}{24 \text{ horas} * 30 \text{ días}}$$

$$\text{Productividad} = 2.06 \text{ tn/mes}$$

## E. Propuestas de mejora proceso productivo

1. **Implementar un tanque de amoníaco:** este producto es un refrigerante que otras industrias utilizan para que disminuya el tiempo de congelamiento del hielo industrial. El proceso es conocido como refrigeración por compresión a vapor, aprovechando los cambios de fase para poder refrigerar. El amoníaco es económico y tiene un olor fuerte y desagradable que si al haber una fuga o escape, se puede detectar inmediatamente para mitigar dicho problema.

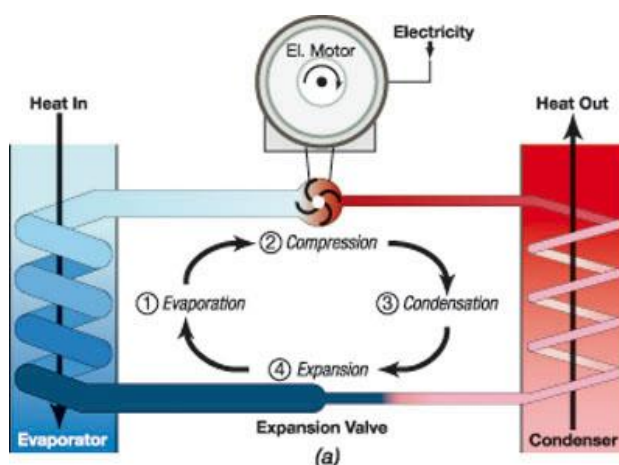


Figura N°9: Proceso de compresión a vapor

## 2. Llenado automatizado de cisterna

Se propone la instalación de un temporizador para que el operario encargado no pierda tiempo al hacerlo de forma manual ya que al mismo tiempo tiene que realizar el baño maría para el desmoldado de bloques cuando estos estén listos. Esto ocasiona que en algunas oportunidades la cisterna no la llenen completamente porque no la dejan abierta ya que corre el riesgo de sobre llenarse y rebalsar. Esta propuesta tiene como objetivo un llenado homogéneo, con la finalidad de ahorrar tiempo en el llenado de moldes y por ende en la etapa de congelamiento. Mientras el sistema sea más automatizado, se puede trabajar y producir de una forma continua sin inconvenientes.

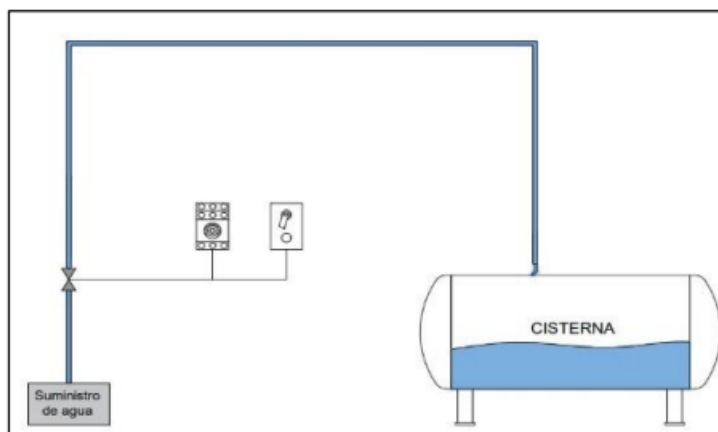


Figura N°10: Sistema de control para llenado de cisterna

Luego de realizar la simulación del proceso con las propuestas de mejora con la ayuda del software ProModel, se obtuvieron los resultados:

Entidad Resumen						
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	Tiempo Er
Litro de agua	3,903,750.00	1,897.00	6.86	0.00	6.86	
Grupo de 1250 l de agua	2,385.00	42.00	7,313.07	2.03	150.26	
Grupo de 66250 l para congelar o 53 tn de hielo	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	
Grupo de 66250 l para congelar con tablas	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
Grupo de 53 toneladas de hielo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Grupo de 963 bloques de hielo	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
Grupo de 53 toneladas de hielo triturado	41.00	0.00	2,788.94	9.26	845.38	
Tabla de madera	0.00	499.00	0.00	0.00	0.00	

Figura N°11: Resultados de la simulación con la mejora

### i. Producción mensual después de la mejora

La fábrica ILASAC trabaja las 24 horas del día, de lunes a domingo y según los datos arrojados en la simulación, el proceso tiene como salida 41 lotes, donde cada lote es 1 grupo de 53 toneladas de hielo.

$$\text{Producción} = 41 * 53 \text{ tn}$$

$$\text{Producción} = 2173 \text{ tn/mes}$$

Producción mensual = 2173 tn / mes \* 20 bloques / tn = 43460 bloques de hielo/mes

### ii. Productividad

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo disponible}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{2173 \text{ tn}}{24 \text{ horas} * 30 \text{ días}}$$

$$\text{Productividad} = 3.02 \text{ tn/mes}$$

- Se reduce el tiempo de congelamiento en un 25% respecto a lo inicial, el nuevo tiempo fue de 994.05 minutos.
- La producción aumentó a 2173 tn/mes
- La productividad aumentó a 3.02 tn/mes, lo que representa un 46,6% de mejora respecto al proceso inicial.

## Comparación de indicadores

Tabla 1: Comparación antes y después de la mejora

	Situación actual	Propuesta de mejora
Tiempo de congelamiento	1325.40 minutos	994.05 minutos
Producción mensual	1484 tn / mes	2173 tn / mes
Productividad	2.06 tn / mes	3.02 tn / mes
Bloques de hielo producidos mensualmente	29680	43460

Elaboración propia

Gracias a la propuesta de mejora se logró reducir el tiempo de congelamiento que es el cuello es botella en el proceso de producción un 25%, del mismo modo se incrementó la producción mensual y productividad en 2173 tn/mes y 3.02 tn/mes respectivamente, representando un 46,6% de mejora. Mientras que Barturen [13] propuso un llenado automatizado de cisterna en la fábrica de hielo san Jorge, donde aumentó su producción en 34,25% y su productividad de 2,3 tn / h-h a 3,1 tn / h-h, disminuyendo su cuello de botella en 3,96%.

### **Análisis económico financiero**

En este caso se consideró el costo del tanque receptor de amoníaco, donde se almacena el amoníaco, y el costo del temporizador para el llenado automático de la cisterna, se representa en la siguiente tabla:

*Tabla 2: Costos de inversión*

<b>Propuesta</b>	<b>Costos</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Tanque de amoníaco	Tanque receptor	S/125,000.00	1.00	S/125,000.00
Llenado automático de cisterna	Temporizador	S/200.00	1.00	S/200.00
<b>Total</b>				<b>S/135,200.00</b>

Elaboración propia

La adquisición de estos equipos es viable para la empresa porque la inversión total estimada para la mejora es de S/. 135,200.00, ya que la empresa al implementar las propuestas de mejora obtendría ingresos de S/. 195,300.00 mensuales, gracias al aumento de la producción a 2173 tn/mes, y el precio de 1 tonelada es de S/.90. Entonces la inversión si es factible para la empresa y lo recupera rápidamente.

## V. Conclusiones

- Se propuso la mejora del proceso productivo de hielo aplicando el software ProModel en la fábrica de hielo ILASAC para aumentar la productividad, donde con la ayuda de esta herramienta se simuló el proceso actual y el proceso después de la mejora para verificar y evidenciar los resultados en comparación.
- Se diagnosticó la situación actual del proceso productivo de hielo de la fábrica ILASAC, donde se identificó que la etapa de congelamiento era el cuello de botella del proceso por su alto tiempo que fue de 1325,40 minutos. También se obtuvieron los resultados donde la producción mensual era de 28 lotes, donde cada lote equivale a 53 toneladas de hielo y la productividad era de 2,06 tn/mes.
- Asimismo, se elaboró la propuesta de mejora aplicando el software ProModel para incrementar la productividad de la fábrica, donde se añadió el tanque receptor de amoníaco que cumple la función de refrigerante a través de las válvulas de expansión en la poza de congelamiento y adicional a ello, se implementó un llenado automatizado de la cisterna. Por lo tanto, se obtuvieron los resultados donde la producción mensual aumentó en 25% a 41 lotes y la productividad aumentó en 46,6% a 3,02 tn/mes.
- Finalmente, se analizó la viabilidad económica de la propuesta de mejora, donde es viable la adquisición del tanque refrigerador de amoníaco y el temporizador para el llenado automático de la cisterna.

## VI. Referencias

[ Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Instituto Nacional de Estadística e Informática,» [En línea]. Available: [https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/sector-pesca-](https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/sector-pesca-aumento-2903-en-julio-del-presente-ano-13878/) ] aumento-2903-en-julio-del-presente-ano-13878/. [Último acceso: 25 Mayo 2023].

[ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «El estado mundial de la pesca y acuicultura,» 2020. [En línea]. Available: ] <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>. [Último acceso: 25 Mayo 2022].

[ Ministerio de la Producción, «Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2020,» Lima, 2021.

3

]

[ Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Producción Nacional,» Febrero 2022. [En 4 línea]. Available: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/04-informe-](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/04-informe-tecnico-produccion-nacional-feb-2022.pdf) ] tecnico-produccion-nacional-feb-2022.pdf. [Último acceso: 25 Mayo 2023].

[ Escuela técnica superior de ingenieros industriales , «Gestión de calidad, la seguridad y el 5 medio ambiente,» [En línea]. Available:

] <http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1572/Gesti%C3%B3n%20de%20la%20calidad%2C%20la%20seguridad%20y%20el%20medio%20ambiente%20%284%C2%BA%20Organizaci%C3%B3n%20industrial%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20diagrama%20causa%2D>. [Último acceso: 25 Mayo 2023].

[ O. V. Gervasi, Ingeniería de métodos, Chiclayo.

6

]

[ ProModel Corporation, «ProModel,» [En línea]. Available:

7 <http://promodel.com.mx/promodel/>. [Último acceso: 25 Mayo 2023].

]

[ Ningenia , «Ningenia,» 2021. [En línea]. Available: [https://ningenia.com/que-es-la-](https://ningenia.com/que-es-la-simulacion-de-procesos-industriales/) 8 simulacion-de-procesos-industriales/. [Último acceso: 25 Mayo 2023].

]

[ M. J. y. S. Margiory, «Propuesta de implementación de un sistema automatizado para  
9 aumentar la productividad en la línea final de una empresa pisquera,» Lima, 2021.

]

[ C. K. y. V. Manuel, «Plan de mejora para aumentar la productividad de la empresa Limarice  
1 S.A.,» Lima, 2021.

0

]

[ C. T. Enrique, «Estandarización de los procesos de producción para la mejora de la  
1 productividad en la sección de entrega de una empresa del sector gráfico,» Lima, 2019.

1

]

[ D. R. Henckell, «Propuesta de mejora del proceso productivo de la empresa Sarita Colonia  
1 SAC para reducir costos eléctricos,» Chiclayo, 2022.

2

]

[ S. B. Mendoza, «Propuesta de mejora en el proceso de producción de la fábrica de hielo San  
1 Jorge para reducir pérdidas económicas,» Chiclayo, 2021.

3

]

[ J. G. y. H. J. Emerson Panchillo, «Gestión por procesos para mejora de la productividad de  
1 la Empresa Intergrafic S.R.L.,» Lima, 2020.

4

]

[ D. C. Valdivia, «Mejora de procesos para incrementar la productividad en una empresa de  
1 panificación utilizando Lean Manufacturing,» Lima, 2021.

5

]

[ N. V. Ramirez, «Mejora de procesos para incrementar la productividad en una empresa  
1 procesadora de alimentos,» Huancayo, 2019.

6

]

[ M. C. Manayay, «Aplicación del software ProModel en una empresa textil para incrementar su productividad,» Chiclayo, 2022.

7

]

[ V. C. Villalobos, «Propuesta de mejora del proceso productivo de pan en la panificadora Cieza para incrementar la productividad,» Chiclayo, 2022.

8

]