

# Process optimization and classification of defective products with ProModel software in the production of compactbono “J&N E.I.R.L”

Luis Roberto Quispe-Vásquez, Maestro en Ciencias - Educación Superior<sup>1</sup>; Wilson Alcides Gonzales-Abanto, Maestro en Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento<sup>2</sup>; Yudith Jackeline Salazar-Terrones, Estudiante Ing. Industrial<sup>3</sup>; Elvita del Socorro Sánchez-Abanto, Estudiante Ing. Industrial<sup>4</sup>; Magda Mariela Castillo-Marín, Estudiante Ing. Industrial<sup>5</sup>; Irelita Deyli Quiroz-Delgado, Estudiante Ing. Industrial<sup>6</sup>; Jhoseline Lisbeth Vera-Gallardo, Estudiante Ing. Industrial<sup>7</sup>

<sup>1-7</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, [luisquiva05@gmail.com](mailto:luisquiva05@gmail.com), [wilson.gonzales@outlook.com](mailto:wilson.gonzales@outlook.com), [n00205917@upn.pe](mailto:n00205917@upn.pe), [n00263643@upn.pe](mailto:n00263643@upn.pe), [n00269922@upn.pe](mailto:n00269922@upn.pe), [n00250830@upn.pe](mailto:n00250830@upn.pe), [n00267319@upn.pe](mailto:n00267319@upn.pe)

*Abstract- The purpose of this research was the optimization of processes and identification of defective products that affect the production and delay the processes. For which, it is sought to improve the development of each process of the compactbono in the company "J&N E.I.R.L.", company dedicated to the commercialization of agricultural and chemical fertilizers. For this purpose, solutions were applied with the ProModel software, which seeks to reach an optimal solution and make the right decisions in terms of helping to improve every aspect of production and increase the company's productivity. The ProModel digital tool was used in order to simulate the optimal system to achieve total productivity of the operator, without having idle time, therefore, downtime in production, which would generate a reduction in labor costs. Also, determine the defective parts to decide which resource is suitable for delivery, seeking to progressively increase profits and avoid waste by reprocessing them, in order to take advantage of the resources used. The ProModel software was duly applied, which is characterized by providing the details of each process considering exact times for each required transformation, where the locations that determined the stages of problems were solved and convenient solutions were found, optimizing the company's processes.*

**Keywords:** software, compacting, optimization.

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Optimización de Procesos y Clasificación de Productos Defectuosos con el Software ProModel en la Producción de Compactbono “J&N E.I.R.L”

Luis Roberto Quispe-Vásquez, Maestro en Ciencias - Educación Superior<sup>1</sup>; Wilson Alcides Gonzales-Abanto, Maestro en Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento<sup>2</sup>; Yudith Jackeline Salazar-Terrones, Estudiante Ing. Industrial<sup>3</sup>; Elvita del Socorro Sánchez-Abanto, Estudiante Ing. Industrial<sup>4</sup>; Magda Mariela Castillo-Marín, Estudiante Ing. Industrial<sup>5</sup>; Irelita Deyli Quiroz-Delgado, Estudiante Ing. Industrial<sup>6</sup>; Jhoseline Lisbeth Vera-Gallardo, Estudiante Ing. Industrial<sup>7</sup>

<sup>1-7</sup> Universidad Privada del Norte, Perú, [luisquiva05@gmail.com](mailto:luisquiva05@gmail.com), [wilson.gonzales@outlook.com](mailto:wilson.gonzales@outlook.com), [n00205917@upn.pe](mailto:n00205917@upn.pe), [n00263643@upn.pe](mailto:n00263643@upn.pe), [n00269922@upn.pe](mailto:n00269922@upn.pe), [n00250830@upn.pe](mailto:n00250830@upn.pe), [n00267319@upn.pe](mailto:n00267319@upn.pe)

**Resumen-** El propósito de esta investigación fue la optimización de procesos e identificación de aquellos productos defectuosos que afectan a la producción y retrasan los procesos. Para lo cual, se busca mejorar el desarrollo de cada proceso del compactbono en la empresa “J&N E.I.R.L.”, empresa dedicada a la comercialización de fertilizantes agrícolas y químicos. Para ello, se aplicó soluciones con el software ProModel donde se buscó llegar a una solución óptima y tomar decisiones acertadas en términos de ayudar a mejorar cada aspecto de producción e incrementar la productividad de la empresa. Se utilizó la herramienta digital ProModel con el fin de simular el sistema óptimo para lograr una total productividad del operario, sin que éste tenga tiempos inactivos, por ende, tiempos muertos en la producción, lo cual generaría una reducción de costos de mano de obra. Asimismo, determinar las piezas defectuosas para llegar a decidir que recurso esta apto para la entrega buscando así aumentar progresivamente las ganancias y evitar las mermas haciendo un reproceso de éstas, con el fin de aprovechar los recursos empleados. Se aplicó debidamente el software ProModel que se caracteriza por brindar el detalle de cada proceso considerando tiempos exactos para cada transformación requerida donde se determinó las locaciones que determinaron las etapas de problemas y se halló soluciones convenientes optimizando los procesos de la empresa.

**Palabras Claves:** software, compactado, optimización

## I. INTRODUCCIÓN

Al año 2024, las empresas se enfrentan a la presión del entorno empresarial global y a una competencia intensa. Para mantener su éxito y rentabilidad, deben tomar decisiones estratégicas de manera continua. Esta realidad lleva a las organizaciones a abordar el mercado con precaución y a optimizar sus recursos. El proceso de toma de decisiones puede contribuir al logro de los objetivos establecidos por la empresa. Una decisión errónea puede tener repercusiones negativas en un amplio espectro: desde afectar a numerosas personas hasta dañar la reputación de la empresa e incluso obstaculizar su crecimiento normal [1]. Por consiguiente, una decisión acertada puede

mantener a la empresa operativa y conducirla hacia el éxito. Estas decisiones pueden adoptarse en un contexto de certeza, incertidumbre o riesgo. Dependiendo de la situación, se pueden utilizar métodos cuantitativos o cualitativos para ayudar en la toma de decisiones.

El software ProModel ofrece una amplia gama de herramientas para la optimización de procesos en diversos escenarios. El análisis detallado de cada simulación mejora los tiempos, lo cual contribuye al desarrollo del just-in-time [2]. ProModel permite simular aspectos como sistemas de logística y manejo de materiales, los cuales son cruciales para encontrar soluciones efectivas en la reducción de tiempos y presentar ideas de mejora. ProModel se utiliza para evaluar nuevos diseños, diagnosticar problemas a fondo y probar sistemas en condiciones difíciles de reproducir. Existen varios simuladores disponibles, entre ellos ProModel, Simul8 y Arena, cada uno con características únicas. Por ejemplo, ProModel cuenta con un módulo de diagramas de flujo, capacidad de exportar a Microsoft Excel y una biblioteca de formas. Simul8 destaca por su realidad virtual, costeo ABC y analizadores de velocidad. Arena ofrece compatibilidad con Microsoft Office para exportar resultados de simulación a hojas de cálculo [3].

Por otro lado, hablando del sector agrícola el Perú se sitúa como el decimotercer mayor productor de fertilizantes en América del Sur. Según la Asociación de Gremios Agrícolas del Perú (AGAP), el sector agrícola del país produce alrededor de 1.2 millones de sacos de fertilizantes al año y exporta el 4% de su producción. Los departamentos de Huánuco, Ucayali, Pasco, Ayacucho y Cajamarca albergan las empresas dedicadas a la producción de fertilizantes. Es precisamente en Cajamarca donde se centra el estudio de esta investigación. La crisis de mercado generada por la pandemia de COVID-19 ha provocado una transformación significativa en el sector agrícola peruano en los últimos años, afectando a todos los sectores productivos, incluido el de los fertilizantes. Debido a la reducción en la demanda interna de fertilizantes, la producción en Perú ha disminuido desde marzo de 2020. En la década anterior, las exportaciones agrícolas solo experimentaron un crecimiento promedio anual del 2.2%, mientras que las importaciones

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

aumentaron anualmente en un 12.5%. Los fertilizantes representaron el 27% de las exportaciones agrícolas [4].

En el año 2022, Perú ocupó el sexto lugar como la economía más grande en términos de Producto Interno Bruto (PIB) en América Latina, impulsado en gran medida por el aumento sostenido de las agroexportaciones debido a la demanda internacional. Los productos relacionados con abonos, otros fertilizantes y mezclas nitrogenadas se consideran esenciales en términos de insumos para la actividad agrícola en Perú. Durante los últimos cinco años, ha habido un notable crecimiento en las agroexportaciones no tradicionales, donde el sector agropecuario representa más del 40% del total, consolidándose como el principal componente dentro de este grupo [5]. Mantener y satisfacer esta demanda interna es decisivo porque también es crucial para el éxito financiero de las empresas peruanas. A pesar de que los fertilizantes con sustratos orgánicos a base de desechos poseen una mejor calidad, los peruanos suelen preferir los fertilizantes extranjeros, siendo cuestión de costos tal elección [6]. Ocasionalmente, las empresas peruanas pueden escapar de los precios bajos y cobrar más por sus bienes y servicios siempre que les den a los clientes un valor agregado. En tal sentido, no debe dejar pasar la oportunidad de producir bienes que quizás sean un poco más caros pero que sean de mayor calidad, referente a sus componentes y elementos. Por esta razón, las decisiones estratégicas y tácticas que toma una empresa, como decidir el precio del producto, la planificación de la producción, la planificación financiera, la gestión del personal, la gestión de la calidad, las políticas de compras y proveedores, el control de costos y muchas otras decisiones, que son de suma importancia para la dinámica empresarial [7].

Bajo esta perspectiva, la elección del tipo de sustrato juega un papel fundamental. Por esto, el uso cada vez mayor de la fibra de coco como sustrato, ya sea sola o mezclada con otras tipologías, proporciona unas excelentes propiedades físicas y químicas para el desarrollo de los cultivos. En otras palabras, la fibra de coco como medio de producción está resultando básica para el progreso de diferentes actividades como viveros, semilleros y para la agricultura de consumo.

La composición de un sustrato varía en función de diversas circunstancias, de tipo climático, especie vegetal, lugar del cultivo (exterior o invernadero), requerimientos nutricionales, tipo de contenedor, sistema de riego y fertilización, cualificación técnica, etc [8]. Una vez evaluadas las necesidades del cultivo, se procede a diseñar el tipo de sustrato mediante las materias primas a emplear (fibra de coco, turba y/o perlita, etc), y el tipo de granulometría y porcentajes de cada uno de los elementos que conforman la mezcla.

De este modo, se está contribuyendo a la evolución de una agricultura de precisión dotándose de infraestructuras adecuadas y nuevas tecnologías para tal fin, como es, el uso de la fibra de coco. Pero lo más importante del uso de este sustrato, son las ventajas que aportan, pues posee propiedades superiores con respecto a otros materiales más convencionales y, sobre todo, que se puede conseguir de manera sostenible. El uso de la fibra de coco no solamente minimiza el uso de

recursos naturales, sino que utiliza como materia prima, residuos que no están destinados a convertirse en un problema medioambiental [9].

Por lo expuesto anteriormente, reconocemos la importancia y la necesidad fundamental para las organizaciones dedicadas a la producción de abono de disponer de técnicas o métodos adecuados que faciliten la toma de decisiones. Un ejemplo destacado es el software ProModel, el cual permite tomar decisiones relacionadas con cada proceso de transformación mediante simulaciones. Dada su complejidad, esto a menudo representa un desafío para las empresas, que a veces optan por tomar decisiones basadas únicamente en el instinto o la experiencia, sin respaldo técnico o metodológico. Sin embargo, estas estimaciones no suelen ser las más precisas, lo que impacta en la rentabilidad y la capacidad de producción de la empresa para mantenerse exitosa en el mercado [10]. La empresa objeto de estudio no es ajena a esta realidad, ya que carece de un adecuado control de su plan de producción a través de una metodología que indique la cantidad óptima a producir. Esto repercute en las posibles ganancias derivadas de la producción y comercialización de sus productos.

Si analizamos el proceso de producción del abono surge dificultades en su proceso productivo, pues hay inconvenientes al momento de separar los productos que no logran compactarse adecuadamente, surgiendo así producto defectuoso. Ante ello se buscará con el programa ProModel, el escenario óptimo de acuerdo con la simulación que logre registrar adecuadamente la cantidad de productos defectuosos en la toda la producción, brindando datos cuantitativos para evaluar y analizar si es viable volver a reprocesar las mermas, ayudando a la reducción de pérdidas en la empresa.

Para efectuar el correcto proceso de compactado de 10 Kg cada bloque de abono, la empresa Agro soluciones “J&N E.I.R.L.” inicia su proceso recibiendo la materia prima para este caso cuentan con dos tipos, el abono de gallinaza entera y la fibra de coco siendo transportadas por hasta el área molido con un tiempo de operación de 3 min; una vez terminado el proceso de molido, el abono y la fibra de coco juntamente son compactados en otra área durante 4 min, para posteriormente pasar por el procedimiento de inspección donde permanece por un lapso de 5 min donde también se revisa que no haya un estropicio del producto. Luego, se procede hacer el correspondiente empaquetado de los bloques de abono, considerando que se tiene 1 máquina empaquetadoras y está demoran un tiempo de 4 min por cada bloque de abono. Continuando con el proceso, cada bloque es transportado hacia el área de almacén con un tiempo de transferencia de 3 min.

En base a estos datos, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo ayudará el software ProModel en la optimización de procesos y reducción de piezas defectuosas en la empresa “J&N E.I.R.L.”?

## II. OBJETIVOS

Se ha considerado como objetivo general: Aplicar el software ProModel para optimizar los procesos e identificación de piezas defectuosas durante el proceso de producción en la empresa “J&N E.I.R.L.”

*Objetivo Específico 1.* Diagnosticar el estado de la empresa con respecto a la optimización correcta de tipo de abono, obteniendo una utilidad máxima.

*Objetivo Específico 2.* Aplicar el programa ProModel para la solución del problema, de manera que se obtenga mejor toma de decisiones en los procesos de producción, minimizando el número de piezas defectuosas.

*Objetivo Específico 3.* Comparar la mejora que tuvo la empresa luego de la solución que se le brindó a través del software ProModel.

### III. METODOLOGÍA

*Tipo de estudio:* pre experimental.

*Procedimiento:*

A continuación, se evidenciarán las fases realizadas durante la investigación en la empresa Agrosoluciones “J&N E.I.R.L.” con el programa ProModel, asimismo, cómo es que dicha programación nos generará una solución óptima para solucionar la problematización de la empresa.

*Fase 1.* Dentro de la primera fase se inició por el diseño del modelado en la herramienta digital ProModel, comenzando por la definición de las etapas del problema. Las áreas descritas fueron 7, que se determinaron según el tipo de proceso que existen en la empresa, dentro de los cuales tenemos: almacén, el área de molido, área de compactado, área de productos rechazados, área de empaque y almacén del producto final.

*Fase 2.* Siguiendo con el modelado en la herramienta digital ProModel se establecieron las entradas de los tipos de materia prima, y las áreas para cada tipo de proceso. Asimismo, se indicó el transcurso de etapas del proceso de optimización, iniciando por la llegada de materia prima, continuando con el proceso de molido, siguiendo al proceso de compactado, luego en el área de compactado, y finalmente iría al área de almacén; entonces, el software ProModel nos permitirá determinar un escenario de éxito y el resultado brindará una posible solución para la problemática de la empresa.

*Fase 3.* Para esta etapa se usó el software ProModel donde se investiga la optimización de procesos en las diferentes áreas. La manera en la que se trabajó con esta herramienta es la simulación, con el propósito de hallar una respuesta óptima para cada proceso, mejorando cada resultado. Por lo tanto, el resultado obtenido de los procesos permitió ver una posible solución para la optimización de cada uno de los procesos y la identificación adecuada de las piezas defectuosas, permitiendo así una precisa toma de decisiones.

### IV. RESULTADOS

#### 3.1. Situación Inicial.

Se diagnosticó el estado actual de la empresa “Agrosoluciones J&N”, en cuanto al proceso de la elaboración del compactbono, en el que se pudo identificar un elevado número de productos rechazados, asimismo, se identificó costos muy elevado en la mano obra existente actualmente en la empresa. Observando que cada bloque de abono cuenta con el pesado adecuado de 10 kg cada uno en una jornada laboral de 8 horas, produciendo un total de 176 unidades de compactbono y 44 productos defectuosos durante toda la jornada.

En la figura 1 se muestra el diagrama de operaciones del proceso (DOP) de la empresa.

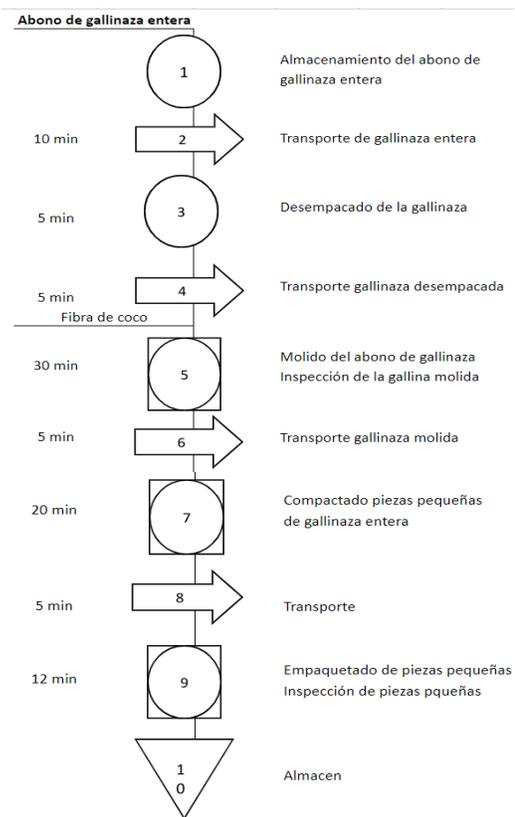


Fig. 1: Diagrama de Operaciones de la empresa “J&N E.I.R.L.”

Con el simulador Promodel se realizó el proceso inicial con las actividades que realiza la empresa en estudio como se puede apreciar en la fig. 2.

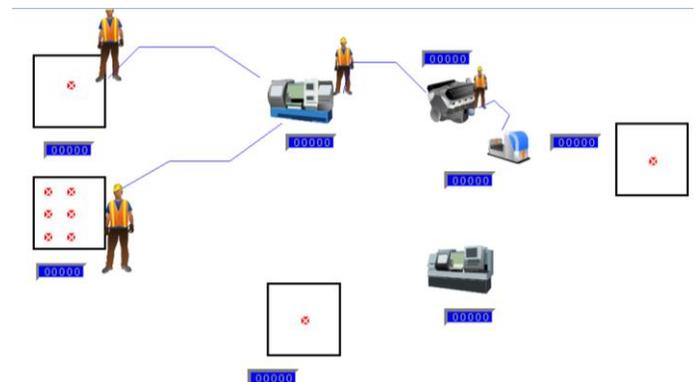


Fig. 2: Proceso inicial que cuenta la empresa en ProModel.

Para realizar el proceso inicial se tiene que usar las características del software Promodel empleando las locaciones, entidades, arribos, recursos, entre otros; en la figura 3 se muestra las locaciones de la línea base o situación original con las cuales se realiza el proceso de los bloques de abono compactado.

Icono	Nombre
	almacen_inicial_gallinaza
	molido
	almacen_inicial_fibra_de_coco
	compactadora
	inspeccion
	empaque
	almacen_f_compactbono
	mermas

Fig. 3: Locaciones de línea base o situación original de la empresa

El detalle de las locaciones del software ProModel se aprecia en la tabla I.

TABLA I  
DETALLE DE LAS LOCACIONES SITUACIÓN INICIAL

Nombre	Cap.	Unidades	Regla
Almacén_inicial_gallinaza	2500	1	Más tiempo
Molido	1	1	Más tiempo
Almacén_inicial_fibra_de_coco	2500	1	Más tiempo
Compactadora	1	1	Más tiempo
Inspección	1	1	Más tiempo
Empaque	1	1	Más tiempo
Almacen_f_compactbono	2500	1	Más tiempo
Mermas	2500	1	Más tiempo

En la figura 4 se muestra las entidades de la situación actual, que se refiere a los productos en proceso o los artículos que están siendo procesados.

Icono	Nombre
	abono_de_gallinaza
	fibra_de_coco
	compactbono
	compactbono_rechazado

Fig. 4: Entidades

En la figura 5 se muestra los arribos que significa el material o materia prima que ingresará al sistema por primera vez, además se muestran las características de la programación en los arribos.

Entidad...
abono_de_gallinaza
fibra_de_coco

Figura 5: Arribos

El detalle de los arribos del software ProModel se aprecia en la tabla II.

TABLA II  
DETALLE DE LOS ARRIBOS

Locación	Cant. por Arribo	Primera Vez	Ocurrencias	Frecuencia
Almacén_inicial_gallinaza	750	0	1	5040
Almacén_inicial_fibra_de_coco	1500	0	1	5040

Para funcionamiento e integración de Locaciones, Entidades y Arribos es necesario realizar el procesamiento y enrutamiento, en la tabla III se aprecia el detalle del procesamiento y enrutamiento.

TABLA III  
PROCESAMIENTO Y ENRUTAMIENTO

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino
Abono_de_gallinaza	Almacén_inicial_gallinaza	Wait 3 min Get 1 operario_1	Abono_de_gallinaza	Molido
Fibra_de_coco	Almacén_inicial_fibra_de_coco	Wait 3 min Get 1 operario_2	Fibra_de_coco	Molido
Abono_de_gallinaza	Molido	wait 3 min, Join 2 fibra_de_coco, Get operador_3, Wait 1 min	Compactbono	Compactadora
Compactbono	Compactadora	Get operador_4 Wait 2 min wait 4 min	Compactbono	Inspección
Compactbono	Inspección	Wait 5 min	Compactbono Compactbono_rechazado	Empaque Mermas
Compactbono_rechazado	Mermas	Wait 0.2 min	Compactbono_rechazado	EXIT
Compactbono	Empaque	Wait 4 min	Compactbono	Almacen_f_compactbono
Compactbono	Almacen_f_compactbono	Wait 3 min	Compactbono	EXIT

Después de hacer la simulación con un periodo de 8 horas se obtuvo los resultados con los indicadores que se muestra en la fig. 5.

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)
abono de gallinaza	0.00	0.00
fibra de coco	445.00	3,840.52
compactbono	176.00	3,838.66
compactbono rechazado	44.00	3,860.69

Fig. 5: Cuadro de Indicadores con resultados del Promodel Simulación Inicial

Así mismo se obtuvo los resultados del Estado de Recurso como se aprecia en la figura 6, en donde se puede apreciar que existe

una falta de operación por parte del operario 3, ya que, muestra un porcentaje alto de inactividad.

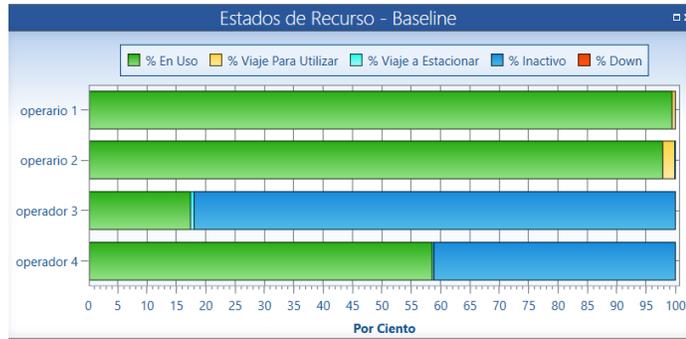


Fig. 6: Cuadro de Indicadores con resultados del Promodel Simulación Inicial

Con la información obtenida en la figura 6, se puede apreciar la alta inactividad del operario 3; por lo que es necesario realizar mejoras para una mejor productividad.

### 3.2 Escenario 1: Disminución de mermas

En la situación original se logró identificar un alto número de producto rechazados o mermas. Ante ello se planteó una posible opción en cuanto al aprovechamiento de éstas, simulando como ayudaría un reproceso en la disminución de productos rechazados. Para esta situación se consideró un cambio en el procesamiento del producto, como se muestra en la tabla IV.

TABLA IV  
PROCESAMIENTO Y ENRUTAMIENTO DEL ESCENARIO I

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino
Abono de gallinaza	Almacén inicial gallinaza	Wait 3 min Get 1 operario_1	Abono_de_gallinaza	Molido
Fibra de coco	Almacén inicial fibra de coco	Wait 3 min Get 1 operario_2	Fibra_de_coco	Molido
Abono de gallinaza	Molido	Wait 3 min, Join 2 fibra de coco, Get operador_3, Wait 1 min	Compactbono	Compactadora
Compactbono	Compactadora	Get operador_4 Wait 2 min wait 4 min	Compactbono	Inspección
Compactbono	Inspección	Wait 5 min	Compactbono Compactbono rechazado	Empaque Mermas
Compactbono rechazado	Mermas	Wait 0.2 min	Compactbono rechazado	Compactadora
Compactbono rechazado	Compactadora	Wait 2.5 min	Compactbono rechazado	Inspección
Compactbono rechazado	Inspección	Wait 4 min	Compactbono Compactbono rechazado	Empaque EXIT

			ono_rechazado	
Compactbono	Empaque	Wait 4 min	Compactbono	Almacen_f_compactbono
Compactbono	Almacen_f_compactbono	Wait 3 min	Compactbono	EXIT

Después de hacer la simulación en el primer escenario con un periodo de 8 horas se obtuvo los resultados con los indicadores que se muestra en la fig. 7.

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)
abono de gallinaza	0.00	0.00
fibra de coco	409.00	3,841.05
compactbono	198.00	3,833.17
compactbono rechazado	4.00	4,846.28

Fig. 7: Cuadro de Indicadores con resultados del Promodel en escenario 1.

Con la información obtenida en la figura 7, se puede apreciar la gran reducción de número de compactbono rechazado; por lo que se puede demostrar la mejora en la productividad de la empresa con respecto a la situación inicial.

### 3.3 Escenario II: Optimización del proceso

Como una segunda simulación en base a los datos iniciales de la empresa se planteó una posible opción en cuanto a la optimización del recurso de mano de obra, en el que se logró la reducción de costos y tiempos muertos en el proceso productivo, para la cual se realiza un cambio en el procesamiento, como se muestra en la tabla V.

TABLA V  
PROCESAMIENTO Y ENRUTAMIENTO DEL ESCENARIO II

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino
Abono de gallinaza	Almacén inicial gallinaza	Wait 3 min Get 1 operario_1	Abono de gallinaza	Molido
Fibra de coco	Almacén inicial fibra de coco	Wait 3 min Get 1 operario_2	Fibra de coco	Molido
Abono de gallinaza	Molido	wait 3 min, Join 2 fibra de coco, Get operador_3, Wait 1 min	Compactbono	Compactadora
Compactbono	Compactadora	Wait 3 min Free operador_3 wait 4 min	Compactbono	Inspección
Compactbono	Inspección	Wait 5 min Free operador_3	Compactbono Compactbono rechazado	Empaque Mermas

Compactbono rechazado	Mermas	Wait 0.2 min	Compactbono rechazado	EXIT
Compactbono	Empaque	Wait 4 min	Compactbono	Almacen_fcompactbono
Compactbono	Almacen_fcompactbono	Wait 3 min	Compactbono	EXIT

Para que esta simulación sea posible se realizan cambios en los recursos utilizados en el proceso como se aprecia en la fig. 8.

Recursos	
Icono	Nombre
	operario_1
	operario_2
	operador_3

Fig. 8: Recursos utilizados en el escenario II.

Después de hacer la simulación con las mejoras aplicadas y la reducción de operarios en recursos, se obtuvo el Estado de Recurso como se muestra en la fig. 9.

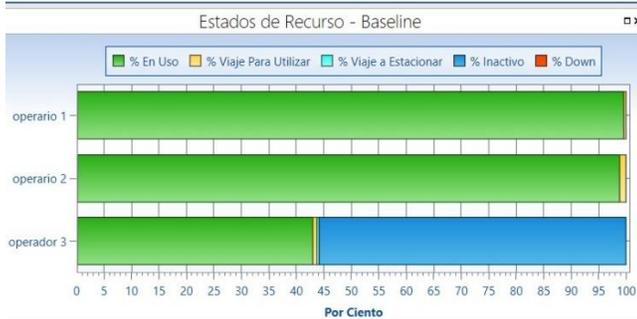


Fig. 9: Estado de Recurso en el escenario II.

### 3.4 Comparación del estado de la empresa

Tabla VI; Comparación de la situación inicial de la empresa, con la posible solución aplicando ProModel.

ANTES	DESPUÉS
Según los datos obtenidos de la situación inicial de la empresa, se pudo identificar que en una jornada laboral de 8 horas se produce 176 compactbonos, de los cuales 44 son defectuosos, además se observó un alto porcentaje de inactividad del operario 3 en más de un 80%, por consiguiente, se pudo observar una deficiencia en el proceso productivo de la empresa.	Las simulaciones realizadas brindaron una posible alternativa de solución para resolver de manera óptima en los dos aspectos identificados en la situación inicial de la empresa.  En la primera simulación se logró la reducción de productos defectuosos de un 44 a 4 compactbonos, logrado a través del reprocesamiento de las mermas, logrando producir un

producto apto para su comercialización.

En el segundo escenario se propuso una reorganización en el procesamiento y la posible reducción de personal, logrando la disminución de tiempos de inactividad en el proceso.

En las siguientes figuras se muestran los resultados obtenidos después de haber realizado las tres simulaciones.

Resultados de la primera simulación.

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)
abono de gallinaza	0.00	0.00
fibra de coco	445.00	3,840.52
compactbono	176.00	3,838.66
compactbono rechazado	44.00	3,860.69

Fig. 10: Cuadro de resultados de la primera simulación con respecto al número de mermas.

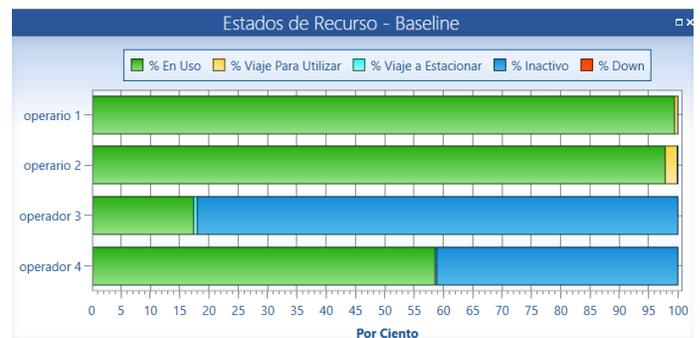


Fig. 11: Cuadro de resultados de la primera simulación con respecto al porcentaje de inactividad.

Resultados de la segunda simulación.

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)
abono de gallinaza	0.00	0.00
fibra de coco	409.00	3,841.05
compactbono	198.00	3,833.17
compactbono rechazado	4.00	4,846.28

Fig. 12: Cuadro de Indicadores con resultados del Promodel en escenario I.

Resultados de la tercera simulación.

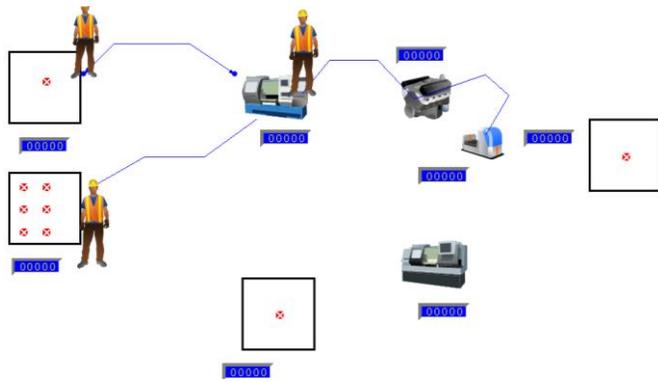


Fig. 13: Modelo de la simulación del escenario III.



Fig. 14: Estado de Recurso en el escenario II.

## V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### A. Discusión

De acuerdo con los hallazgos de la investigación, se logró identificar una adecuada estrategia de producción que nos permitió minimizar los costos e identificar cantidad de productos defectuosos, a la vez, aumentar las utilidades, brindando un producto de calidad, puesto que, mediante el uso del software ProModel se puede simular dos escenarios, mostrando posibles alternativas de mejora para la problemática de la empresa.

ProModel presenta desafíos significativos que los usuarios deben considerar. Primero, su complejidad y amplia funcionalidad pueden resultar en una curva de aprendizaje pronunciada para los nuevos usuarios. Además, la dificultad para modelar sistemas extremadamente grandes o complejos puede requerir habilidades avanzadas de simulación y modelado. La precisión de los resultados depende en gran medida de la calidad de los datos de entrada y la precisión en el modelado de procesos, lo que puede afectar la fiabilidad de las simulaciones [11]. Para ejecutar simulaciones complejas, se necesitará hardware potente y recursos informáticos adecuados, lo que podría ser costoso y no siempre disponible. Además, el costo y las tarifas asociadas con las licencias de ProModel pueden ser una limitación para algunas organizaciones o usuarios individuales. Finalmente, la interpretación precisa de los resultados puede requerir experiencia en análisis de datos y conocimientos específicos del dominio, lo que puede afectar la utilidad de las simulaciones realizadas. Asimismo, menciona, que se ha desarrollado la

simulación para un proceso productivo en cadena, pero puede aplicarse a infinidad de campos, como al transporte, problemas financieros, en supermercados; en la gran mayoría de sectores [12]. Por otro lado, coincide con nuestro criterio, utilizando el software ProModel logro buenos resultados en su aplicación en el que menciona los múltiples beneficios logrados para la empresa, como incrementos en la productividad y ahorro de recursos. Por consiguiente, según la investigación realizada por los autores [13], demuestran con su estudio cómo la implementación de la simulación con Promodel contribuye a la optimización de procesos y mejora de resultados, aumentando la rentabilidad de la carpintería Chuquimango. Al diagnosticar los procesos de fabricación, se identificaron causas y subcausas que afectan la producción de puertas, revelando deficiencias que se analizaron mediante la aplicación de la tecnología de simulación Promodel. Se diseñó un plan utilizando este software, enfocándose en la operación de lijado y masillado que requiere mejoras, y se introdujo un servicio adicional para agilizar los tiempos de producción. Tras un análisis económico, se concluyó que aumentar el servicio es factible para mejorar la productividad y la rentabilidad de la carpintería Chuquimango.

Por otro lado, según la investigación realizada por [14], menciona que después de su investigación, se determina que ProModel, aunque ofrece una comprensión visual y estadística del proceso, no resuelve directamente los problemas identificados en el sistema. Sin embargo, sí se logra identificar que el cuello de botella está en el subproceso de Mufla, afectando la entrega puntual de pruebas. La simulación muestra retrasos en la entrega de pruebas de metales, afectando el servicio al cliente. Comparando el modelo actual con uno mejorado, se observa un aumento del 166,66% en productos terminados, pero los productos en proceso disminuyen y el tiempo de ciclo aumenta en un 8,35%.

Estas investigaciones dan a conocer los grandes beneficios que otorga el software con respecto a una problemática identificada, dando posibles alternativas de solución y mejoras. Puesto que en este estudio realizado también se logró dar posibles soluciones a través del ProModel en reducción de tiempos muertos y en el aprovechamiento de la materia prima en el proceso productivo de la empresa.

### B. Conclusiones

- Con el diagnóstico se logró conocer la situación actual de la empresa, en el que se identificaron la gran cantidad de productos defectuosos que se producen en una jornada laboral, se propuso realizar un reproceso de cada producto defectuoso, disminuyendo considerablemente la cantidad inicial, logrando así dar una posible solución de la primera problemática identificada.

- El software ProModel nos ayudó a realizar posibles escenarios, con simulaciones de distintas alternativas de mejora para la empresa, enfocadas en disminuir los compactos rechazados en cada producción, pero a la vez brindar un producto de calidad.

- Los resultados después de realizar las simulaciones en la herramienta del software Promodel, arroja resultados de mejora en el ámbito de aplicación empresarial con la finalidad de minimizar la intervención humana, aumentar la productividad y optimizar la eficiencia operativa a través de la automatización. Finalmente, se identificó a la simulación del escenario I como la opción más viable, puesto que la cantidad de productos defectuosos se redujo, donde se obtuvo un total de producción de 198 compactbonos con la cantidad de 4 productos defectuosos, a comparación de la situación inicial en la que se había obtenido una producción de 176 unidades con una cantidad de 44 productos defectuosos.

MEJORAR LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PUERTAS DE MADERA DE LA CARPINTERÍA CHUQUIMANGO EN EL AÑO 2022,» UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO, Lima, 2022.

- [14] G. Herrera, «Dialnet,» 30 Mayo 2013. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382697>. [Último acceso: 4 Mayo 2024].

## VI. REFERENCIAS

- [1] E. Viardot, Los principios existosos de la dirección de empresas, Barcelona: Profit, 2014.
- [2] T. Martínez Hernández, «Repositorio Académico Digital,» Universidad Autónoma de Nuevo León., 2020. [En línea]. Available: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/22007>. [Último acceso: 3 Agosto 2021].
- [3] Y. F. Ipanaque Chiroque, «Propuesta de simulación con Promodel para reducir los tiempos de espera en el proceso de liquidación de Arca Continental Lindley,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lambayeque, 2023.
- [4] J. C. L. Carrasco, «AGRARIA,» Agencia Agraria de Noticias, 01 Febrero 2022. [En línea]. Available: <https://agraria.pe/noticias/peru-importa-1-2-millones-de-toneladas-de-fertilizantes-sint-26839>.
- [5] L. M.-V. González, «Oportunidades del mercado,» de *El mercado de fertilizantes en Perú*, Lima, ICEX España Exportación e Inversiones, E.P.E., 2023, p. 12.
- [6] C. J. L. Castañeda, «Fertilizantes Orgánicos,» FOSAC, 21 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.fosacperu.com/>.
- [7] R. N. R. M. S. R. Y. MERLO ESTEFANÍA, «LOS COSTOS Y LA TOMA DE DECISIONES,» 2013. [En línea]. Available: [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/5240/merlofinal.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5240/merlofinal.pdf).
- [8] InternationalUserMiri, «ANNIVERSARY PROJAR,» PROJAR GROUP, 27 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://projarinternational.com/es/blog/que-ventajas-aporta-la-fibra-de-coco-en-mezclas-de-sustrato/>.
- [9] T. Buechel, «Fibra de coco: un componente de los medios de cultivo,» PROMIX, 7 septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/fibra-de-coco-un-componente-de-los-medios-de-cultivo/>.
- [10] F. G. Garzón, Problemas resueltos de la teoría de la decisión, Barcelona: OmniaScience, 2013.
- [11] H. G. R. y. L. E. C. B. Eduardo García Dunna, Simulación y análisis de sistemas con ProModel, Monterrey: Pearson Educación de México, S. A., 2013.
- [12] A. Maller, «ProModel,» Compara Software, 2024. [En línea]. Available: <https://www.comparasoftware.pe/promodel>. [Último acceso: 6 Mayo 2024].
- [13] E. Y. y. V. G. F. G. Huamán Vásquez, «DESARROLLO DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS CON PROMODEL PARA