



Análisis de capacidad y distribución en planta
para la instalación de una planta de molienda
y panificación

Capacity Analysis and plant distribution
for the installation of a grinding and
baking plant

Briyith Esmeralda Cruz-Cruz

becruz@sanmateo.edu.co

Juan Gabriel Torres

jgtorres@sanmateo.edu.co

Ana Julia Acevedo-Urquiaga

anajacevedo@sanmateo.edu.co

Fundación Universitaria San Mateo

Semillero "Gestión Tecnológica de Logística"

Resumen:

El siguiente trabajo describe la planeación de una planta industrial que relaciona procesos para la producción de harinas no tradicionales y la panificación de una parte de estas harinas. El proceso de molienda produce harinas orgánicas de diferentes orígenes, como quinua, avena, arroz, garbanzo y lenteja; posteriormente, el 20% de la de harinas, se emplea en la producción de galletas. Para la definición de la estructura productiva, la distribución de las áreas disponibles, la definición de la cantidad de operarios necesarios y otros elementos organizativos, se proponen posibles distribuciones en planta y el análisis integral de la capacidad de la planta. Para realizar estos análisis se emplea la Segunda Generalización del Cálculo de Capacidades (SGCC) como una formulación general para determinar capacidades en agrupaciones de procesos de diferentes naturalezas. Las distribuciones en planta se realizaron en Microsoft Visio. Se obtiene como resultado de esta investigación el planteamiento de dos opciones de distribución en planta, la modelación general de la capacidad de la planta y varias variantes organizativas que arrojarían diferencias en las capacidades productivas de la planta, siempre permitiendo cumplir con al menos el 90% de la demanda estimada para un año.

Palabras clave: capacidad productiva, harinas, distribución en planta

Abstract

The following work describes the planning of an industrial plant that relates processes for the production of non-traditional flours and the cooking of part of these flours. The milling process produces organic flours of different origins, such as quinoa, oats, rice, chickpeas and lentils; later, 20% of the flour is used

in the production of cookies. For the definition of the production structure, we propose the distribution of the available areas, the definition of the number of necessary workers and other organizational elements, possible plant distributions and a comprehensive analysis of the plant's capacity. To carry out This analyzes, the Second Generalization of the Calculation of Capacities (SGCC) is used as a general formulation to determine capacities in groupings of processes of different natures. The plant designs were made in Microsoft Visio. As a result of this research, the approach of two plant distribution options is obtained, the general modeling of the plant capacity and several organizational variants that would show differences in the production capacities of the plant, always allowing compliance with the minus 90% of estimated demand for a year.

Keywords: production capacity, flours, plant distribution

Introducción

Aun cuando la producción y comercialización de harinas se ha desarrollado durante siglos (Martínez Ruiz, 2005), no es hasta años recientes que las harinas no tradicionales han ganado preferencia entre los consumidores. Se denominan harinas no convencionales las obtenidas de leguminosas, vegetales o frutas (Torres-González, Jiménez-Munguía, & Bárcenas-Pozos, 2014) que generalmente se consumen en otras formas de elaboración; su incorporación en forma de harinas se debe a la búsqueda de alternativas nutricionales y dietéticas para el consumo humano (Anchundia, Pérez, & Torres, 2019) o animal (González, 2017).

El presente artículo contribuye a la implementación de una idea de negocio de una organización sin ánimos de lucro para la fabricación de diferentes tipos de harinas a partir de legumbres o vegetales (quinua, arroz, avena, garbanzo y lenteja). Estas harinas se comercializarán directamente y se emplearán para la elaboración de galletas, panes y arepas en un área de panificación.

La planta de producción de harinas y panes se ubica en Soacha, Cundinamarca y tiene como precepto brindar empleo a madres cabezas de hogar y población vulnerable. Las instalaciones ya se han determinado como un montaje de contenedores y los equipos a emplear son recuperados de una planta anterior. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo proponer la distribución en planta más adecuada al local y equipos disponibles, para cumplir con los requerimientos de calidad e inocuidad de alimentos propios de este tipo de producciones. Así mismo, se realiza un análisis de capacidad para soportar la toma de decisiones técnico-organizativas en la planta de molienda y panificación.

Entre los objetivos específicos del proyecto se encuentra el modelado de la capacidad de producción, y la propuesta de alternativas de organización teniendo en cuenta: las diferentes estructuras de surtidos que puede manejar la planta, el empleo o no de los molinos disponibles, la proporción de producción que se venderá como harina o se procesará en galletas. Para el alcanzar los propósitos antes mencionados, se emplean técnicas y herramientas propias de la ingeniería industrial tales como el balance de carga y capacidad y el diseño de planos. Para el análisis de capacidad se emplea la Segunda Generalización del Cálculo de Capacidades (SGCC) como una formulación general para determinar capacidades en agrupaciones de procesos de diferentes naturalezas (Acevedo Urquiaga, Acevedo Suárez, Urquiaga Rodríguez, & Gómez Acosta, 2016). Para las propuestas de planos se emplea el Microsoft Visio como graficador sencillo pero completo.

Para algunos autores la capacidad se puede entenderse como la facultad de una organización, sistema o proceso, para realizar un producto que cumpla los requerimientos que para ese producto existe en el mercado (Torres Cabrera & Urquiaga Rodríguez, 2007) . Así mismo, la planificación de capacidades sucede a nivel táctico y estratégico (Martínez-Costa, Mas-Machuca, Benedito, & Corominas, 2014); en este caso el resultado de la distribución en planta y la modelación de la capacidad con los equipos a emplear responde al nivel estratégico.

Las alternativas de organización que se modelan teniendo en cuenta las características del mercado y de la organización de la planta, determinarán la capacidad efectiva que esta puede tener y, por ende, la satisfacción de la demanda y ventas correspondientes a cada año. Otro resultado de este trabajo es la formalización del espacio de la planta de producción de alimentos y se determina el espacio adecuado para el almacenamiento de producto terminado y vida útil de las materias primas.

Material y métodos

De acuerdo al manejo de la información y material disponible, se siguió de forma general el procedimiento de trabajo que se describe a continuación:

Figura 1. Procedimiento de trabajo seguido en la investigación

1	• Creación grupo de trabajo	
2	• Búsqueda teórica de contexto (capacidad, plantas producción, harina)	
3	• Verificación de normas nacionales e internacionales para plantas de producción de alimentos	
4	• Plantear alternativas de distribución en plantas	• Parametrización del modelo de SGCC
5	• Seleccionar planos de planta finales	• Análisis de resultados del modelo
6	• Plantear variantes organizativas para tomar de decisiones	

Fuente: Elaboración Propia

1. Se organizan los grupos de trabajo conformados por estudiantes y docentes de la Fundación Universitaria San Mateo.
2. Se realizó una búsqueda teórica sobre temas relacionados con las plantas de producción de harinas (tipos de harinas, distribución de plantas de harinas, procesos de molienda, procesos de panadería, maquinaria de molienda, maquinaria de panadería, entre otros).
3. Verificación de normas vigentes para plantas de producción de alimentos; nacionales (Decreto 60, 2002; Decreto 2478, 2018; Procolombia, 2018a, 2018b; Resolución 448, 2016; Resolución 2674, 2013) e internacionales (Ley de inocuidad alimentaria de Estados Unidos, 2016; Reglamento 852, 2012), entre otras.
4. Se realizaron proyecciones por medio del software de Excel sobre la distribución de planta, investigaciones en páginas académicas.
5. Plantear los planos de planta finalmente seleccionados como adecuados en software Vicio.

En paralelo:

4. Parametrización del modelo de SGCC a partir de la información levantada de fichas técnicas y estudios documentales de procesos similares.
5. Análisis de los resultados de capacidad obtenidos.
6. Planteamiento de variantes organizativas para simular en el modelo de SGCC para la toma de decisiones tácticas del empresario.

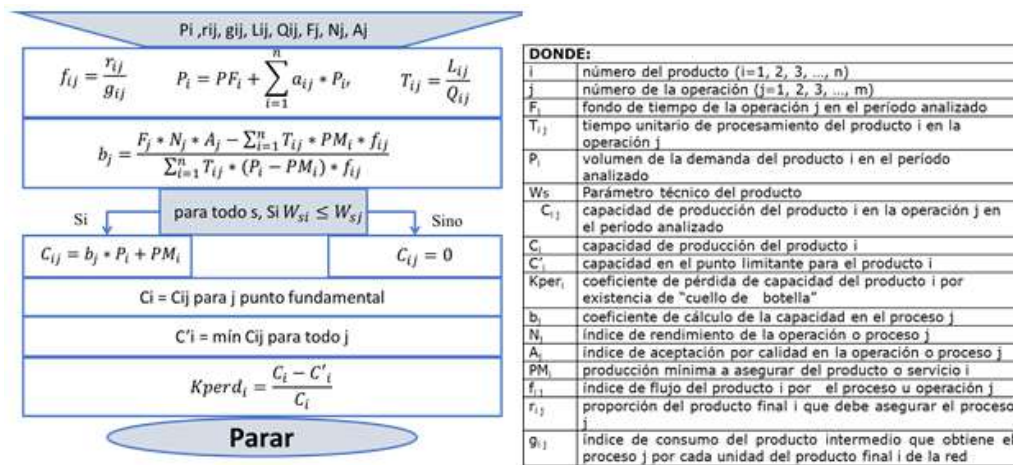
Distribución en planta.

La distribución de planta es la agrupación física de los elementos y factores presentes en los procesos productivos de las empresas industriales. Es la intervención del espacio, la determinación de las formas, figuras y ubicación de los diferentes perímetros, con el objetivo principal de que la disposición de los elementos sea eficiente y de igual manera contribuyan a la obtención de los fines establecidos por la compañía (Salinas Lúcar, 2019).

Análisis de capacidad.

El modelo de SGCC está basado en un sistema de ecuaciones que han sido programadas en un Excel (Capacidad11a.xls) para facilitar la entrada de datos y el análisis de resultados. En la figura 2 se muestra el sistema de ecuaciones de la SGCC y que son la base del programa Capacidad11a.xls.

Figura 2. Sistemas de ecuaciones del modelo de SGCC.



Fuente: (Acevedo Urquiaga et al., 2016)

Los datos de entrada de la SGCC tienen en cuenta varios parámetros como denominación y unidades de medida de los productos, denominación y características técnicas de los procesos (puestos de trabajo, turnos, estado técnico, índice de aceptación por calidad, cumplimiento de la norma de rendimiento) ciclo de operaciones, lotes de trabajo en cada operación e índices de consumo. Para cada tipo de proceso u operación estos parámetros se determinan a partir de diferentes factores, por ejemplo: los puestos de trabajo en operaciones de almacenaje corresponden a la capacidad estática del almacén; mientras en una operación de producción mecanizada depende de la cantidad de máquinas que se cuente para la operación (Sablón Cossio, Sánchez Shacay, Acevedo Urquiaga, & Suárez Pérez, 2017).

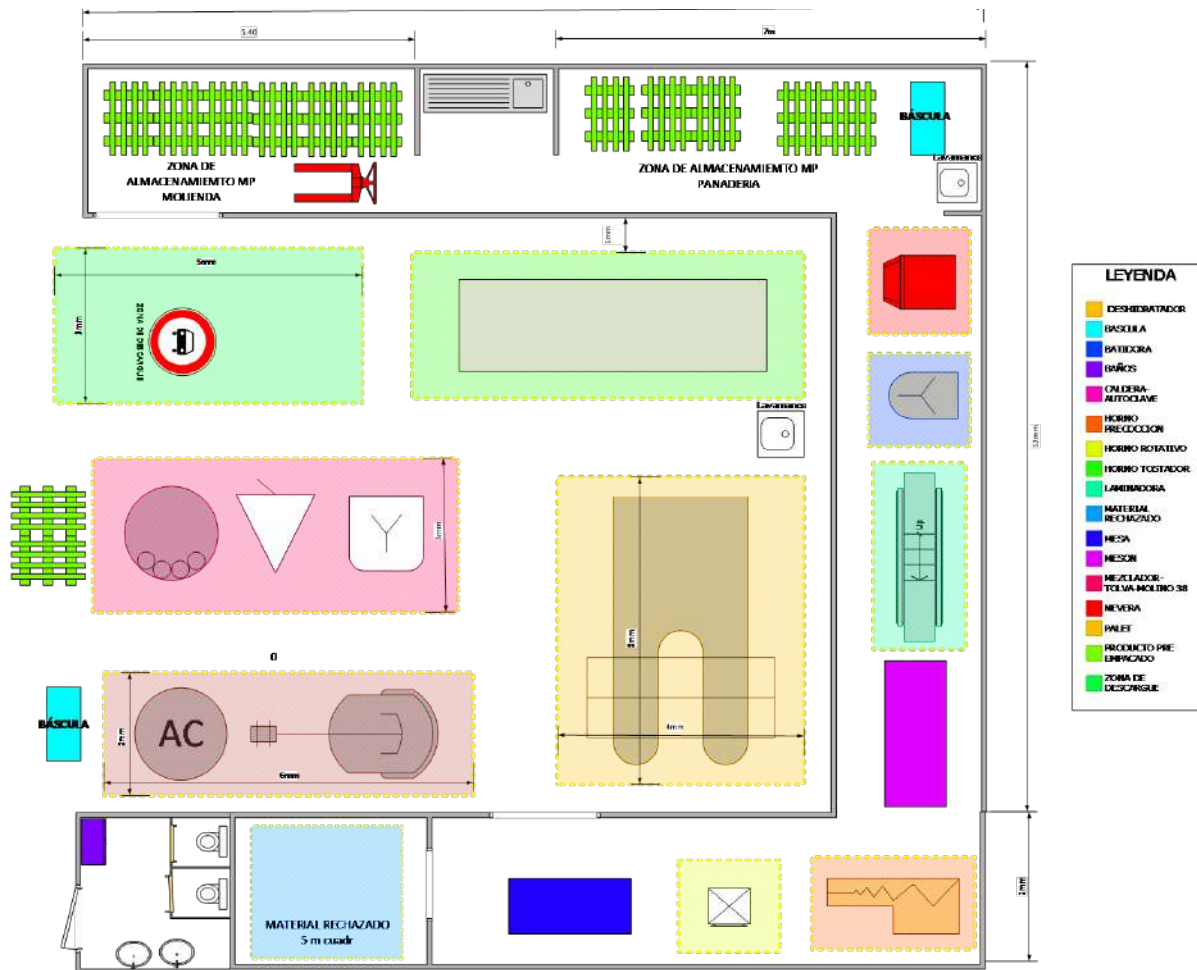
Resultados

Planos de planta propuestos.

Se realizan dos propuestas fundamentales de planos; una de ellas teniendo en cuenta solo el equipamiento básico de que hoy dispone la empresa y empleando el molido de mayor capacidad; la segunda emplea el molino de 25 pines, pero incluye en el área de panadería otros equipos necesarios como un horno rotatorio para elaborar galletería. Para realizar ambas propuestas, se consideraron las normas y resoluciones recopiladas en el paso tres del procedimiento de trabajo, para así garantizar el cumplimiento de los requisitos exigidos para las certificaciones de funcionamiento, calidad y exportación.

La figura 3 muestra la propuesta de plano 1 donde se establece una organización de la maquinaria de producción donde el proceso de panadería se ubica en la parte de los contenedores (A) y el de molienda se adecua en la parte externa (B). Se emplea en esta variante el molino de 38 pines y una capacidad de almacenamiento de materia prima mayor y accesible a los dos procesos de producción.

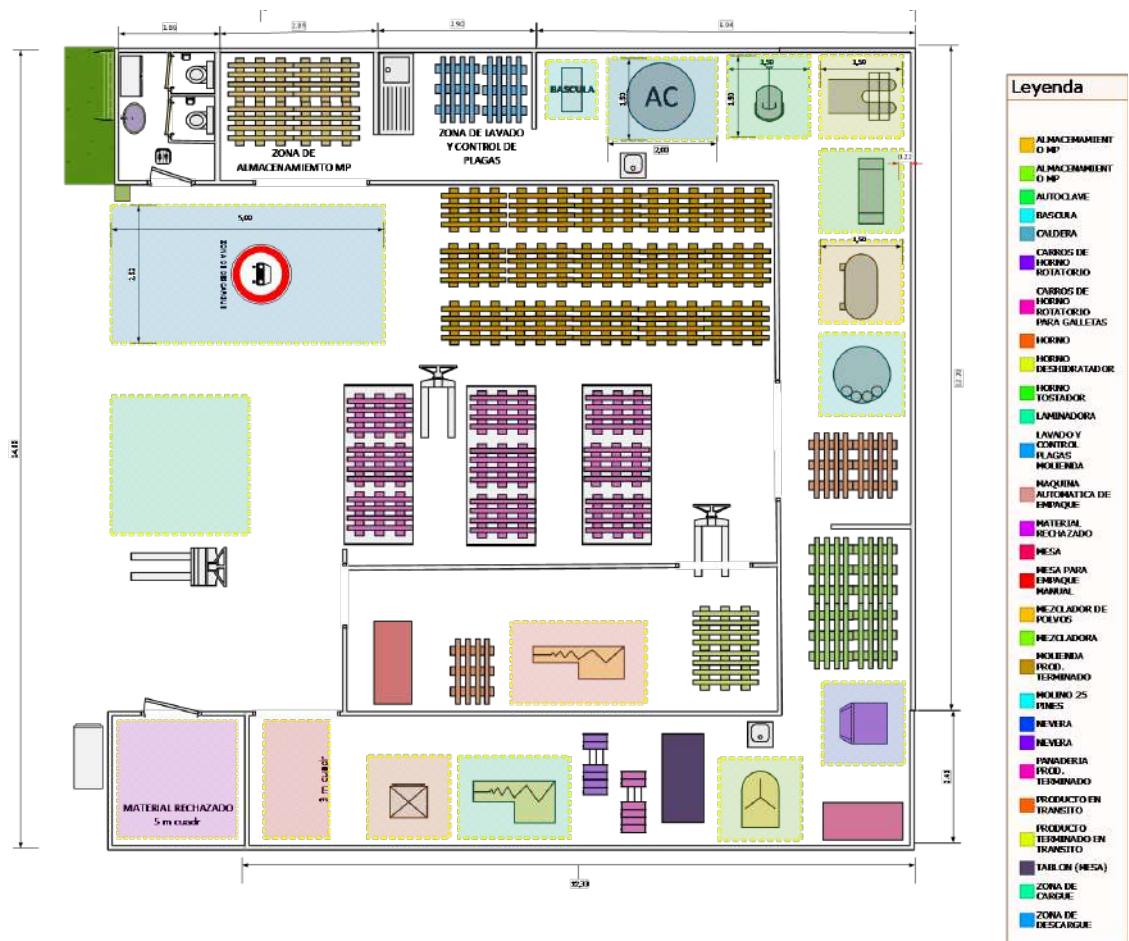
Figura 3. Propuesta de plano 1, empleando molino de 38 pines y con área de panadería en contenedores



Fuente: Elaboración propia

Esta distribución limita algunas áreas como lo son: la de almacenamiento de producto terminado, el *picking hose* de panadería, y la de despacho de producto terminado. Sin embargo, una de sus mayores fortalezas es que la capacidad en el área de molienda es mayor, ya que se emplea el molino de 38 pines.

Figura 4. Propuesta de plano 2, empleando molino de 25 pines y área adicionales



Fuente: Elaboración propia

En la segunda propuesta (figura 4) se muestra una distribución donde la maquinaria se encuentra en línea, tanto la parte de molienda como la de panadería con el objetivo de que se facilite el flujo de producción y almacenamiento. Adicionalmente, en esta propuesta los almacenamientos, tanto de materia prima como de producto terminado, se encuentran separados y con adecuados accesos al área de carga y descarga. El almacén de materia prima se encuentra al alcance de los dos procesos para mitigar tiempos muertos y fatiga de los operarios.

En el caso de panadería se determina un área para el *packing house* donde se hace el empaclado, tanto manual como automático. Además, se cuenta con zonas de carga y descarga, baños con casilleros, algunos medios adicionales que se requieren para el movimiento de mercancía y otras estructuras que exige las normas y resoluciones.

Esta distribución tiene un mayor aprovechamiento general de los contenedores, emplea el molino de 25 pines y en la parte de panadería se ajustó maquinaria para galletería con un horno rotatorio.

Parametrización del modelo de SGCC.

Como se mencionó anteriormente, el análisis de capacidad requiere la entrada de variables y parámetros para ejecutar las ecuaciones. Algunos de estos datos fueron suministrados por el equipo de gastronomía que realizó las pruebas pilotos de harinas y galletas, otros de las fichas técnicas de las maquinarias y por el estudio de procesos similares (Moreno Moreno & Torres Camacho, 2019; Palomino Lopez, Rojas Guzman, Vela Collantes, Tong Manrique, & Espinoza Bravo, 2018).

El presente análisis de capacidad se realiza para la proyección estratégica y táctica de la planta, por lo que se hace para un año (1 de noviembre del 2019 hasta el 1 de noviembre del 2020), período de 296 días laborables, al descartar los días festivos y feriados. Siguiendo con las horas a trabajar por semana, se determinó que se trabajarán dos turnos de ocho (8) horas, de lunes a sábado, con sus respectivos descansos de 15 minutos.

- **PRODUCTOS:** los productos definidos hasta el momento son harinas de quinua, arroz, avena, garbanzo y lenteja y galletas de con alta composición de estas mismas harinas. Se definieron los formatos a comercializar cada producto; las harinas en sacos de 25 kg y las galletas en paquetes de 16, 20 o 24 unidades.
- **DEMANDA:** A partir de las pruebas de laboratorio realizadas por gastronomía y las capacidades de diseño del equipamiento fundamental (molinos y hornos), se realizó un estimado de la demanda anual que pudieran presentar los clientes para un total de 3 350 000 unidades, entre sacos de harinas y paquetes de galletas.
- **PROCESOS:** se definen las operaciones desde el almacenamiento de materia prima, las operaciones de molienda y panadería, así como el almacenamiento de producto terminado. Los puestos de trabajo de cada operación se determinan teniendo en cuenta el tipo de operación; si es manual, corresponde a la cantidad de operarios que laboran en la misma; y si es mecanizada, la cantidad de equipos disponibles para realizar la operación en un instante de tiempo dado. En el caso del almacenamiento, los puestos de trabajo se definen a partir de la capacidad estática del almacén, es decir, la cantidad de producto estándar (en paletas de intercambio) que se puede ubicar en almacén al mismo tiempo.
- **CICLO Y LOTE:** se define el ciclo y lote de la operación de cada máquina. Los tiempos en general se estimaron a partir de equipamiento similar en funcionamiento y por las descripciones técnicas entregadas por el dueño anterior de los equipos.

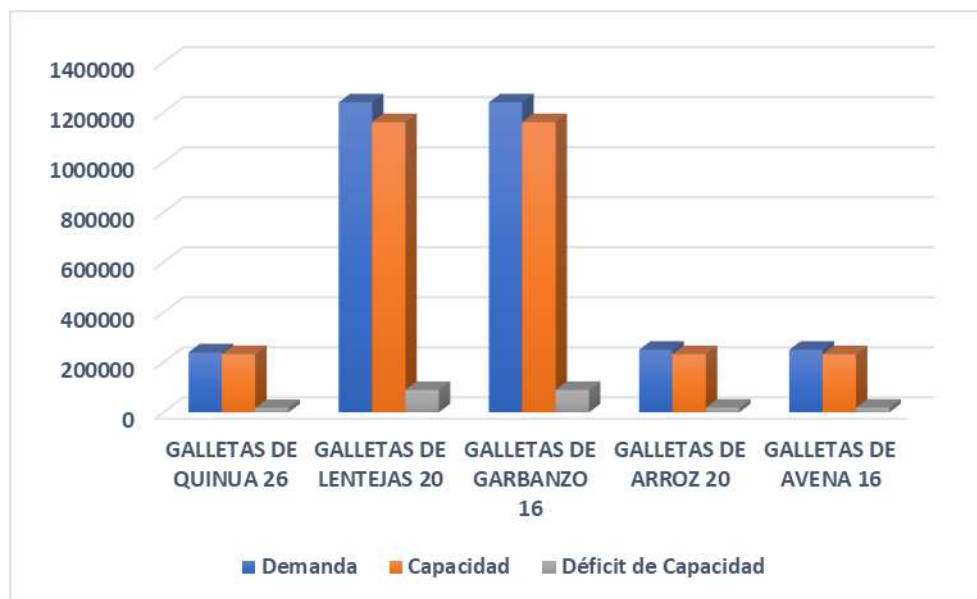
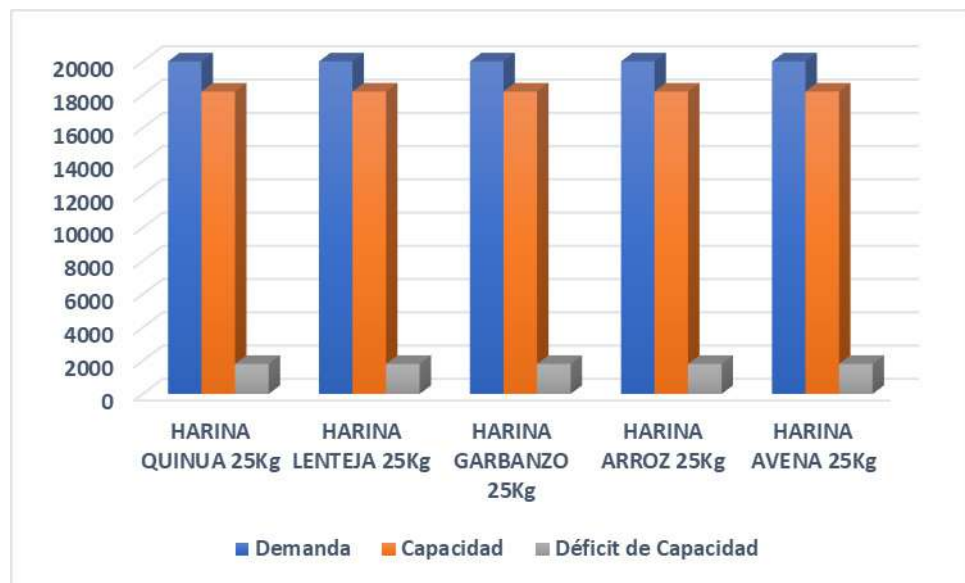
- **ÍNDICES DE CONSUMO:** a partir de las recetas proporcionadas por gastronomía, tanto para las harinas como para las galletas, se determinan los índices de consumo agregándoles un porcentaje estimado de merma en el proceso de elaboración. Así mismo, se determinan los índices de consumo de almacenaje teniendo en cuenta los porcentajes de plagas y daños sufridos por este tipo de productos en los almacenes (Ramos Hernández, Rodríguez Toledo, & Palmero López, 2016).
- **PROPORCIONES:** en esta red de operaciones existen operaciones similares (dos molinos) por lo que se establece que la mitad cada harina se generara en cada uno de los molinos, en este caso con proporciones 50% para cada uno.

Análisis de los resultados de capacidad.

De la corrida del modelo con los parámetros establecidos, se obtuvieron varios resultados:

- Los cuellos de botella actuales son para las harinas, la desinfección de granos y para las galletas, la operación de empaque; ambas operaciones son manuales, por lo que en la medida que el espacio lo permita se pueden contratar más operarios.
- Como se muestra en la figura 5 se puede cumplir con aproximadamente el 92% de la demanda proyectada, con una capacidad total de harinas 90 960 sacos de 25 kg y 3 018 257 paquetes de galletas de 16, 20 o 26 unidades.

Figura 5. Demanda, capacidad y déficit de capacidad en cada producto ofertado en la planta piloto.



Fuente: Elaboración propia

Discusión

Cada una de las distribuciones en planta propuestas tiene sus ventajas y desventajas, las cuales son analizadas en la tabla 1.

Tabla 1. Comparación entre los dos planos propuestos para la planta piloto de molienda y panadería.

Comparación		Almacenamiento	Espacio	Capacidad
Plano 1	Ventajas	Mejor flujo de procesos a través de las áreas, más espacio para trabajar.	Se pueden emplear indistintamente cualquiera de ellos dos molinos	Más área de almacenamiento de materia prima
	Desventajas	No se labora todo el tiempo en el área de almacenamiento de materias primas	No está definido el almacenamiento de producto terminado de molienda del de panadería	No posee área de packing para panadería
Plano 2	Ventajas	Materia prima y producto terminado juntos en almacén	Adecuado para toda la maquinaria y almacén	Áreas delimitadas para molienda y panadería
	Desventajas	Espacio insuficiente para uso total de capacidad de producción	Uso de un solo molino (25 pines) pues el área de molienda no tiene altura para usar el de 38 pines	Menos capacidad total por empleo solo del molino de menos capacidad estática

Fuente: Elaboración propia

Como recomendación de los autores, se debe aplicar el plano 2 puesto que este garantiza el empaqueo de los productos de panadería, una mejor organización del flujo de trabajo y un aprovechamiento mayor de la capacidad volumétrica de las instalaciones seleccionadas.

Planteamiento de variantes organizativas.

Para cumplimentar el análisis de capacidad se proponen varias variantes organizativas que generarían mayores o menores capacidad efectiva de la planta. Para ello se proponen variantes para algunos de los parámetros del modelo SGCC:

- Diferentes proporciones de procesamiento en cada molino: 50% de cada harina por cada molino, 75% y 25% por cada molino, emplear sólo el de 25 pines o sólo el de 38 pines.
- Producir diferentes cantidades de cada harina o galletas y, por ende, almacenar estas mismas proporciones: cuatro variantes con porcentajes de demanda y almacenamiento de 40%, 20%, 10% o 15% de los diferentes productos.
- Empaques de diferentes unidades de galletas: paquetes de 10, 16, 20 o 26 galletas.
- Estas variaciones generan un total de 64 alternativas de organización que pueden ser analizadas en el modelo SGCC que ya se deja parametrizado.

Conclusiones

El presente trabajo plantea dos distribuciones de platas para la molienda y panificación de harinas no convencionales. Cada propuesta cumple con las especificaciones técnicas y normativas; sin embargo, la variante más completa es el plano 2. Este tiene en cuenta el almacenamiento, los procesos de producción, zonas de carga y descarga y un espacio para el empaque manual o automático de los productos de panadería.

Los resultados de capacidad para un año muestran que se pueden obtener 2 274 000 Kg de harinas (90 960 sacos de 25 kg) y 3 018 257 de paquetes de galletas (de 16, 20 y 26 unidades), para un cumplimiento de la demanda de 92%. Estos resultados son posibles con el total de la maquinaria definida en la empresa, es decir, ambos molinos.

Se proponen 64 alternativas organizativas a ser evaluadas en el modelo SGCC que ya se parametrizó para la planta de molienda y panadería; de esta forma se pueden soportar las decisiones empresariales bajo resultados específicos.

Referencias bibliográficas

- Acevedo Urquiaga, A. J., Acevedo Suárez, J. A., Urquiaga Rodríguez, A. J., & Gómez Acosta, M. I. (2016). *Mathematical model for integrated calculation of production, logistical and service capacities in the value chain*. Paper presented at the 5th. World Conference on Production & Operation Management (P&OM), La Habana.
- Anchundia, M. Á., Pérez, E., & Torres, F. (2019). Composición química, perfil de aminoácidos y contenido de vitaminas de harinas de batata tratadas térmicamente. *Revista chilena de nutrición*, 46, 137-143.
- Decreto 60/2002. Por el cual se promueve la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico - Haccp en las fábricas de alimentos y se reglamenta el proceso de certificación., 60 C.F.R. (2002).
- Decreto 2478/2018. Procedimientos sanitarios para la importación y exportación de alimentos, materias primas e ingredientes para alimentos destinados al consumo humano., 2478 C.F.R. (2018).
- González, Ó. M. (2017). *Caracterización y uso de carbohidrasas para la hidrólisis de polisacáridos no amiláceos en harinas de leguminosas, empleadas en piensos para peces, utilizando modelos de digestión in vitro*. Universidad de Almería.
- Ley de inocuidad alimentaria de Estados Unidos, (2016).
- Martínez-Costa, C., Mas-Machuca, M., Benedito, E., & Corominas, A. (2014). A review of mathematical programming models for strategic capacity planning in manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 153(C), 66-85.

- Martínez Ruiz, J. I. (2005). El mercado internacional de cereales y harinas y el abastecimiento de la periferia española en la segunda mitad del siglo xviii: Cádiz, entre la regulación y el mercado. *Investigaciones de Historia Económica (IHE) Journal of the Spanish Economic History Association*, 1, 45-79.
- Moreno Moreno, D. F., & Torres Camacho, L. D. (2019). *Estudio de pre-factibilidad para la mejora del proceso de producción de la panadería Don Pan Villavicencio*. Retrieved from <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/842>
- Palomino Lopez, P. G., Rojas Guzman, Y. D., Vela Collantes, K. M., Tong Manrique, J. M., & Espinoza Bravo, J. D. (2018). *Galletas de harina de garbanzo*. Universidad San Ignacio de Loyola. Retrieved from <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/8950>
- Procolombia. (2018a). *Guía Práctica Certificación HACCP (APPCC) Análisis de peligros y puntos críticos de control*. Retrieved from Bogotá, Colombia:
- ProColombia. (2018b). *Guía Práctica para obtener el certificado sanitario de exportación y el certificado de inspección sanitaria*. Retrieved from Bogotá, Colombia: <https://procolombia.co/publicaciones/certificado-sanitario-de-exportacion-y-el-certificado-de-inspeccion-sanitaria>
- Ramos Hernández, J. M., Rodríguez Toledo, Y. F., & Palmero López, M. (2016). La fauna de insectos y ácaros asociados a almacenes de alimentos en la provincia de Sancti Spiritus. *Fitosanidad*, 20(1), 13-19.
- Reglamento 852/2004. Requisitos de las instalaciones de las industriales alimentarias, 852 C.F.R. (2012).
- Resolución 448/2016. Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro ante el ICA de los predios de producción de vegetales para exportación en fresco, el registro de los exportadores y el registro de las plantas empacadoras de vegetales para la exportación en fresco, 448 C.F.R. (2016).

Resolución 2674/2013, (2013).

Sablón Cossio, N., Sánchez Shacay, B. F., Acevedo Urquiaga, A. J., & Suárez Pérez, Y. (2017). Capacidad productiva de una industria láctea del Puyo, Ecuador. *ECA Sinergia*, 8(2), 31-43.

Salinas Lúcar, F. d. M. (2019). *Estudio de prefactibilidad de una planta de producción de bolas para molienda de molienda de minerales*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Retrieved from <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3644>

Torres-González, M., Jiménez-Munguía, M., & Bárcenas-Pozos, M. (2014). Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(1), 94-102.

Torres Cabrera, L., & Urquiaga Rodríguez, A. J. (2007). *Fundamentos Teóricos sobre la Gestión de Producción*. La Habana (Cuba): Félix Varela.