

Mejoramiento continuo en el proceso de aprovisionamiento de alimentos en el área de nutrición a pacientes a través de manufactura esbelta

Continuous improvement in the process of supplying food in the area of nutrition to patients through lean manufacturing

Ángela Johana Zambrano Rincón¹, Leidy Lorena Salazar Figueroa²

¹Universidad Libre, Bogotá D. C., Colombia, angelaj.zambranor@unilibrebog.edu.co

²Universidad Libre, Bogotá D. C., Colombia, leidy.l.salazarf@unilibrebog.edu.co

Fecha de recepción: 06/08/2019 Fecha de aceptación del artículo: 05/11/2019



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: [10.18041/1794-4953/avances.2.5495](https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.5495)

Como citar: Zambrano Rincon, A., & Salazar Figueroa, L. (2019). Mejoramiento continuo a través de simulación y manufactura esbelta para el proceso de aprovisionamiento de alimentos en el área de nutrición a pacientes. *Avances: Investigación En Ingeniería*, 16(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.5495>

Resumen

El objetivo del artículo es desarrollar una propuesta de mejoramiento continuo en el área de nutrición de una empresa del sector alimenticio. La metodología propuesta considera las siguientes etapas: identificación de las operaciones básicas del proceso de nutrición, mediante una representación gráfica de las fases y funcionamiento del sistema; medición del trabajo, fijando el tiempo estándar de las operaciones, y generación de ideas de mejora propuestas por los empleados (con la herramienta de manufactura esbelta kaizen, aplicada para incrementar la eficiencia de los procesos y eliminar desperdicios). Se incorporó la simulación en el software Arena para valorar los impactos de las sugerencias planteadas en relación con el escenario actual. Se empleó la matriz de priorización como metodología que determina la mejor opción. Como resultado se obtuvo la redistribución de actividades y franjas horarias, minimizando los costos de mano de obra en un 48% respecto al escenario inicial de los recursos modificados y un 8% con base en el costo promedio de mano de obra (auxiliares de dieta y meseros) en el área de nutrición del caso de estudio, además de una reducción la muda de tiempos de espera o tiempo vacío en el proceso crítico (ensamble) en un 46%.

Palabras clave: simulación de eventos discretos, manufactura esbelta, mejora continua.

Abstract

This study aims to develop a proposal for continuous improvement in the area of nutrition of a company in the food sector. The methodology proposed in this research considers the following stages: Identification of the basic operations of the nutrition process, obtaining a graphic representation of the phases and operation of the system. A job measurement is made, setting the standard time of operations. The applied lean manufacturing tool is Kaizen (Continuous Improvement), to increase the efficiency of the processes and eliminate waste, through the generation of improvement ideas proposed by the employees. The simulation is incorporated into the Arena software as a tool to assess the impacts of the suggestions raised in relation to the current scenario.

The prioritization matrix is used as the methodology that determines the best option. As a result, the redistribution of activities and time slots is obtained, minimizing labor costs by 48% compared to the initial scenario of modified resources and 8% based on the average cost of labor (diet assistants and waiters) in the area of nutrition of the case study, in addition to a reduction in the waiting time or empty time in the critical process (assembly) by 46%.

Keywords: Discrete Events Simulation, Lean Manufacturing, continuous improvement

Introducción

Lean manufacturing o manufactura esbelta es un modelo de organización y gestión de sistemas de fabricación, personas, materiales, máquinas, que, a través de la mejora continua, persigue aumentar la calidad, el servicio y la eficiencia, mediante la identificación y eliminación del desperdicio [1]. Se entiende por desperdicio todas aquellas actividades que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar [2].

La manufactura esbelta cuenta con herramientas que reducen o eliminan desperdicios, dentro de las cuales encontramos: las 5s, de estandarización de hábitos de orden y limpieza [3]; el single minute exchange of die (SMED) o cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, que reduce tiempos de alistamiento en máquinas [3]; Kaizen (mejora continua), acciones de un grupo de trabajo para mejorar los resultados de los procesos [4]; Kanban (señal), un método visual para controlar la producción [5], entre otras.

Los desperdicios o mudas se caracterizan por no agregar valor al proceso y ocupar recursos innecesariamente [6]. Se pueden clasificar en sobreproducción, tiempo de espera, transporte, inventario, productos defectuosos, movimiento y procesamiento [7].

Se deben seleccionar las herramientas que permitan mitigar los desperdicios, a fin de lograr impactos positivos en temas económicos y productivos [8]. Para una implementación satisfactoria se requiere el compromiso de todas y cada una de las personas que laboran en la entidad [8], además de la disciplina en la ejecución de las acciones de mejora recomendadas [8].

Existen variedad de proyectos enfocados en la implementación de la metodología de la manufactura esbelta para eliminar desperdicios; por tanto, se delimitaron los antecedentes con la base de datos Science Direct y, así, se seleccionaron los resultados que tuvieran mayor relación con el tema de estudio de la presente investigación.

En la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en los procesos de recepción y despacho en una empresa del sector metalmeccánico se identificaron dos desperdicios: tiempo de espera y movimiento de material. Con la aplicación de la herramienta SMED y 5s en el área de recepción de materia prima se disminuyó en un 7,2% la distancia de recorrido de los 26 operarios, y en un 20%, el tiempo de espera de cada operación. En el proceso de despacho se reentrenó a los operarios en las herramientas descritas, lo que disminuyó un 37,2% de los movimientos innecesarios y un 23,6% de los tiempos de espera.

A partir de lo anterior se logró establecer que con la implementación de las herramientas lean manufacturing en los procesos de recepción y despacho se redujeron los desperdicios presentes en tiempos de espera y movimiento de material [9].

También se aplicó la herramienta de manufactura esbelta Kaizen, en conjunto con la simulación de eventos discretos, en la mejora de servicios en instalaciones médicas, para probar escenarios definidos por los empleados. Ello permitió una implementación rápida y exitosa de las soluciones desarrolladas durante un workshop o evento Kaizen. En este caso, mejoró la trayectoria de los pacientes, al reducirse las demoras en los tratamientos en un 74% después de 19 semanas en una clínica ambulatoria [10]. En cuanto al sector alimenticio, se aplicaron herramientas de 5s y estandarización de proceso, de las cuales se obtuvo un resultado exitoso, que redujo el riesgo de accidentes, incrementando la

productividad y mejorando el aspecto visual de la fábrica. Adicionalmente, al emplear la estandarización del proceso se evitaron sobrecostos por reprocesos [11].

Luego de analizar los resultados de diferentes aplicaciones de la manufactura esbelta, es posible afirmar que es adaptable a diferentes sectores, incluido el alimenticio, usando la simulación para validar el impacto de las propuestas [12].

El objetivo del presente estudio fue desarrollar una propuesta de mejoramiento continuo para aprovisionar alimentos al área de nutrición de una empresa del sector alimenticio. Esta investigación es una base referencial para el desarrollo y evaluación de propuestas de mejora en empresas similares, de las cuales no se cuenta con suficiente material investigativo.

Se utilizó la herramienta de manufactura esbelta Kaizen (mejora continua) para reducir los tiempos de espera. Así, se propone la redistribución de actividades y el cambio en las franjas horarias de los turnos, después de validar mediante simulaciones. Se eligió el mejor escenario, por medio de la matriz de priorización y se realizó un análisis de costo beneficio.

1. Metodología

La mejora continua se llevó a cabo en el área de nutrición de una empresa alimenticia. Para ello se identificaron las operaciones que constituyen cada uno de los subprocesos (figuras 1 y 2):

- ◆ Ensamble: alistamiento de dietas según restricciones y recomendaciones de alimentos dados a cada paciente de la clínica.
- ◆ Distribución: las dietas se entregan en los diferentes pisos de la clínica y habitaciones correspondientes.
- ◆ Recolección: llevar la loza de las habitaciones a la zona de lavado, siguiendo los protocolos y procedimientos determinados.

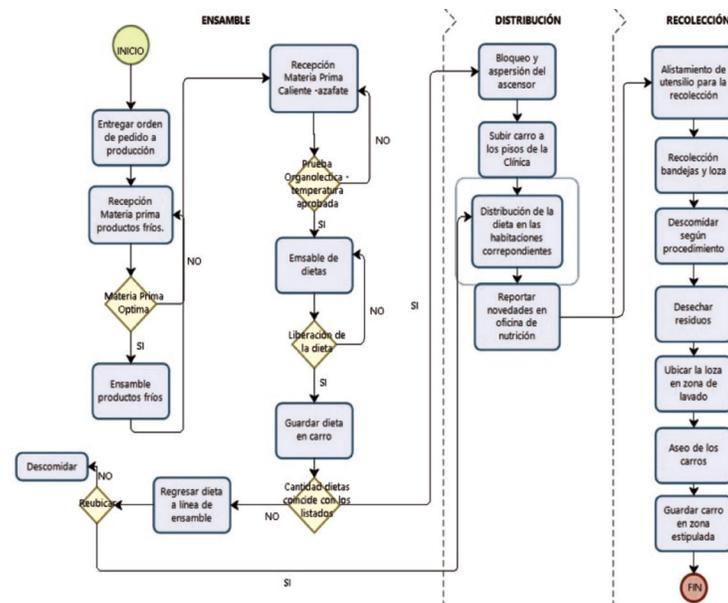


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso nutrición

La mejora empleará el siguiente proceso:

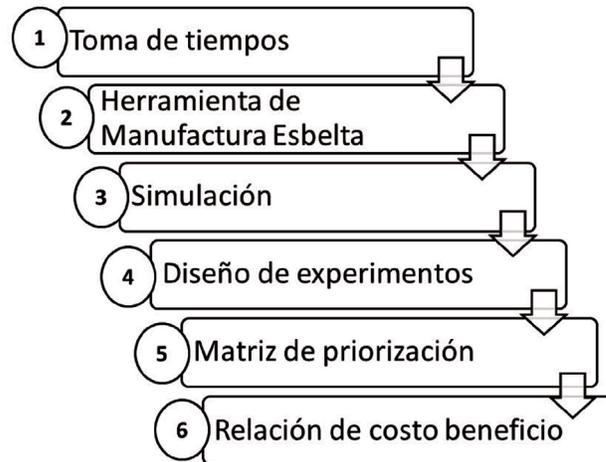


Figura 2. Proceso de mejora

1.1. Toma de tiempos

La toma de tiempos se realizó teniendo en cuenta: operadores calificados, empleando un ritmo de trabajo normal y desarrollando una actividad específica. Mediante el estudio de tiempos se reducen los esfuerzos y costos, además de permitir descubrir el mejor método de trabajo [13].

El tamaño de muestra óptimo es de 383 dietas, calculado con un N (tamaño de población) de 71.100 dietas en 3 meses, una Z (nivel de confianza) del 95% y un margen de error del 5%. El total de datos registrados para el presente estudio fue de 1080 dietas en 3 meses (30 datos en 12 procesos y 3 tipos de servicio). Las funciones de distribución de los datos se obtuvieron mediante el Input Analyzer, lo cual permite generar datos aleatorios con las mismas características de los datos de muestra suministrados.

1.2. Herramienta de manufactura esbelta

La manufactura esbelta busca el mejoramiento continuo basándose en la reducción de desperdicios y costos. El desperdicio es la mala utilización del recurso que se puede generar por la inadecuada programación y planificación de las actividades [7].

Para esta investigación se trata la muda de tiempos de espera o tiempo vacío. La herramienta Kaizen busca aplicar acciones continuas que mejoren los resultados del proceso existente, para cumplir con los tiempos establecidos por el cliente, reducir los gastos de operación y mejorar la distribución de actividades del proceso. Kaizen es aplicable cuando se requiere mejorar las condiciones de trabajo, reducir los desperdicios del proceso, incrementar la calidad y minimizar la variabilidad [4].

No es necesario un evento Kaizen para desarrollar programas de mejora continua; los colaboradores pueden hacerse partícipes en cualquier momento siempre y cuando encuentren una mejora de productividad, costos, etc. [4].

Como idea de mejora para la presente investigación, se planteó distribuir las actividades en el proceso de nutrición y franjas horarias de los turnos del personal. La hipótesis es que los escenarios propuestos presentan una interacción significativa con el tiempo y un costo total del proceso. Esta propuesta de mejoramiento continuo se evaluó a través de simulación.

1.3. Simulación

La utilización de los modelos de simulación para el estudio de sistemas o procesos posibilita experimentar con diferentes opciones, sin que se presente un alto costo o una diferenciación elevada con la realidad respecto a las modificaciones que se puedan proponer en el sistema; además, facilita la interpretación de los resultados, lo cual representa una herramienta eficaz en la toma de decisiones [14].

Las simulaciones se ejecutaron en Arena Master Development, versión 14. Arena es una herramienta útil para experimentar o diseñar diversos escenarios de sistemas, sin ocasionar traumatismos o modificaciones en el entorno empresarial real. Con ella se obtienen resultados confiables y llevar a cabo diversas réplicas. Al ejecutarse la simulación de manera dinámica, se evidenció la circulación de entidades por el sistema, lo que permitió apreciar el cuello de botella. Una vez finaliza la simulación, el sistema ofrece un informe automático con los resultados por réplica o un promedio general de la simulación, donde se especifican aspectos como: tiempos del proceso, tiempos de espera, costos, utilización de recursos, etc. [15].

1.4. Diseño de experimentos

Por medio de los estudios experimentales se evaluó el efecto de las variables controladas sobre las variables respuesta que generen una utilidad. Esta metodología es apta para evidenciar causalidad, al estandarizar las variables explicativas, es decir, factores y valorar las modificaciones. A la confluencia de los factores se le conoce como tratamientos.

Estos estudios no precisan abundantes réplicas, dado que se controla el origen del cambio, porque se asegura la misma situación en cada corrida y porque es aleatoria la asignación de las unidades experimentales a los tratamientos [16].

Para usar un modelo correcto, las variables implicadas deben cumplir con una serie de supuestos o requisitos, entre los que se destacan: normalidad, homogeneidad de las varianzas (homocedasticidad) e independencia [17].

Empleando el programa IBM SPSS Statistics, un software para el análisis de datos, se aplicaron las siguientes pruebas para validar el modelo: test de normalidad de Shapiro-Wilk, del que se obtuvieron los siguientes resultados: 0,54 para desayuno; 0,233 para almuerzo, y 0,563 para cena. Todos los resultados fueron superiores a 0,05, es decir, la hipótesis de normalidad se cumple y los datos están aproximadamente alineados. Al aplicar el contraste de Levene de igualdad de varianzas, se registraron los siguientes resultados: 0,805 para desayuno; 0,115 para almuerzo, y 0,499 para cena. Todos los resultados fueron superiores a 0,05, es decir, existe homocedasticidad en las varianzas. Con el test de Durbin-Watson se obtuvieron los resultados: 1,730 para desayuno; 2,031 para almuerzo, y 2,109 para cena, los cuales se encuentran dentro del rango permitido $du = 1,567$ y $4-du = 2,433$ (según la tabla de estadística de Durbin-Watson con nivel de significación del 5%), es decir, los datos no presentan autocorrelación.

Estos datos son tratados mediante el análisis de varianza (Anova) o análisis factorial, que busca simplificar la información por medio de una matriz de correlación de medias, donde:

Hipótesis nula (H_0): las medias de los grupos son iguales ($\mu_1 = \dots = \mu_l$)

Hipótesis alternativa (H_1): no todas las medias son iguales [18].

Para el análisis de la información también se emplearon gráficas de caja y bigotes, útiles para evidenciar la dispersión y simetría de los resultados de cada una de las siete simulaciones con sus diez réplicas. Además, fue posible evidenciar tanto los máximos como los mínimos y los diferentes cuartiles que la conforman cada escenario por tipo de servicio [19].

1.5. Matriz de priorización

La matriz de criterios permitió seleccionar el mejor escenario a partir de la calificación y ponderación. Es una herramienta de gran utilidad cuando se evalúan más de cinco variables en diversos criterios [20]. Para su aplicación se solicitó recurrir a los pasos mostrados en la figura 3.

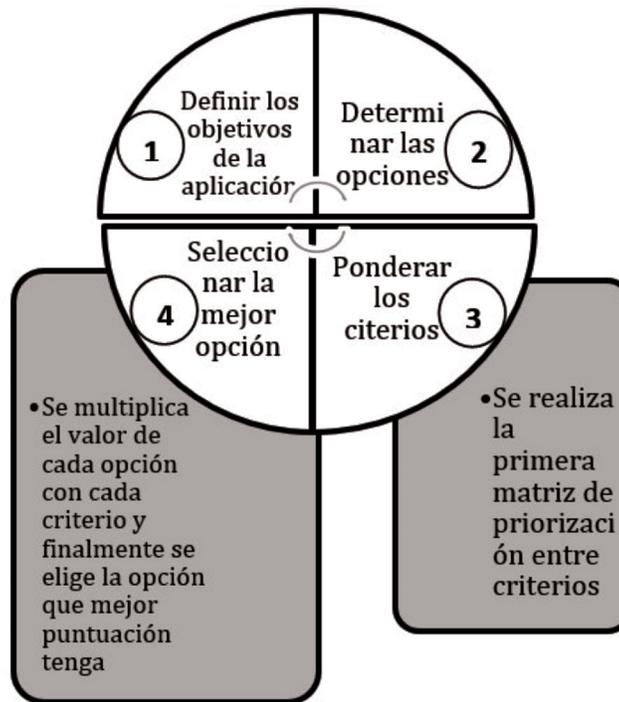


Figura 3. Pasos de la matriz de priorización

2. Resultados

2.1. Toma de tiempos

Con el empleo de la herramienta del software Arena Input Analyzer se obtuvieron los datos para la operación de ensamble de la dieta (espera crítica del proceso) para el servicio de desayuno y cena de una clínica (figura 4). Estos presentaron la misma distribución de probabilidad continua, con la siguiente ecuación $(1,82 + WEIB [0,895, 5,12])$.

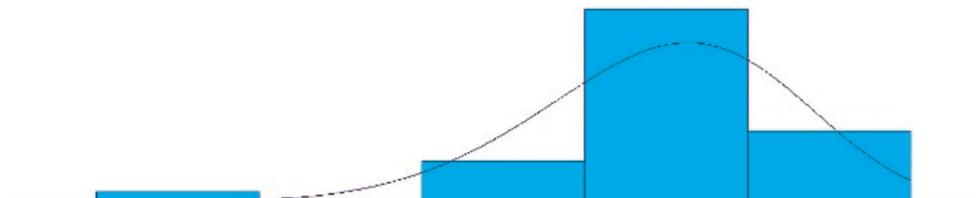


Figura 4. Distribución de tiempos del ensamble de la dieta para desayuno y cena, a partir del software Arena

Para el servicio de almuerzo en la actividad de ensamble de dietas se obtuvo una distribución gamma, de probabilidad continua con variables aleatorias y asimetría positiva (figura 5), es decir, variables que presentan una mayor densidad de datos a la izquierda de la media que a la derecha, con la fórmula $(2 + \text{GAMM}[0,137, 3,73])$.

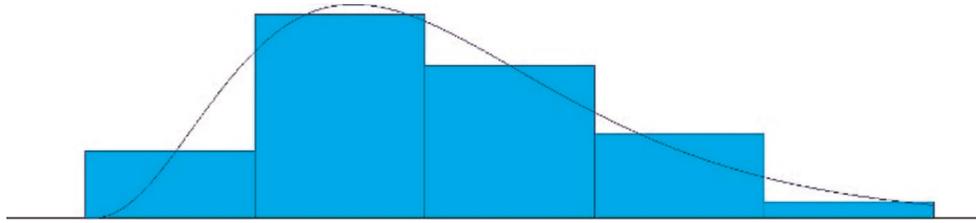


Figura 5. Distribución de tiempos de ensamble de la dieta almuerzo según el software Arena

2.2. Herramienta de manufactura esbelta

Con base en la herramienta de manufactura esbelta kaizen, surgió la propuesta de mejora planteada por los colaboradores de la compañía, de evaluar el desequilibrio en la carga de trabajo.

La inadecuada distribución de actividades ocasiona la utilización de más personas y tiempos innecesarios. Las propuestas de mejora buscan superar dichos desperdicios y lograr la utilización provechosa de los recursos.

Se plantearon siete escenarios de mejora con diversos cambios en las operaciones designadas a cada empleado, además del cambio de franjas horarias de los turnos. Estas propuestas se explican en detalle en los escenarios de mejora mencionados posteriormente y se sometieron a simulación para evaluar sus impactos en la operación.

2.3. Simulación actual

La figura 6 representa el diagrama del proceso de nutrición aplicable para los tres tipos de servicio: desayuno, almuerzo y cena, en los cuales fueron cargados los recursos, las funciones de distribución, la cantidad de entidades y los costos correspondientes.

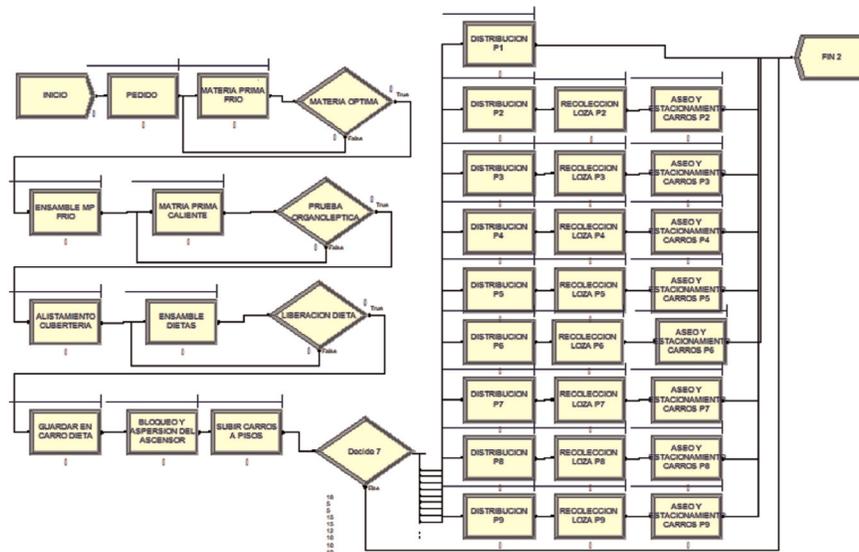


Figura 6. Simulación del proceso de nutrición con el software Arena

A las operaciones de distribución de dietas, recolección de loza y aseo y estacionamiento de carro se les aplicó un porcentaje dado por la cantidad de dietas por piso, en cada uno de los tres tipos de servicio. Se distribuyó como lo muestra la figura 7.

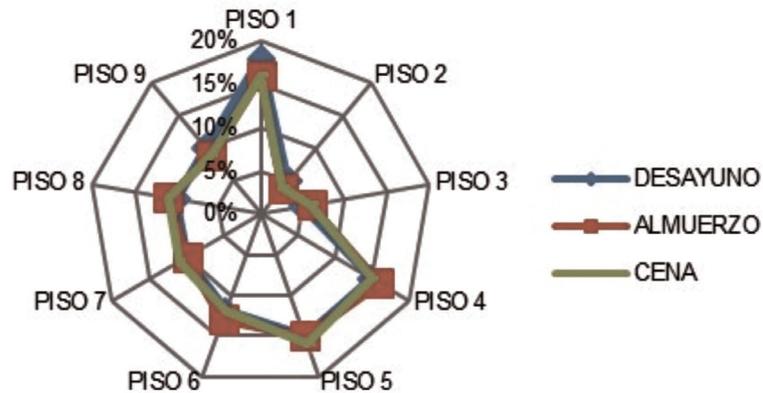


Figura 7. Porcentaje de dietas por piso

2.4. Escenarios de mejora

Se simularon siete escenarios de mejora equidistribuyendo la carga laboral y evaluando franjas horarias, con el fin de reducir el tiempo total del proceso y costos, así como para nivelar los porcentajes de utilización de recursos.

2.4.1. Desayuno

Las opciones de mejora para el desayuno se elaboraron según lo muestra la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de actividades actual desayuno

Ensamble frío	Cubertería	Ensamble dieta	Guardar en carros	Bloqueo ascensor	Subir carros	Distribución	Recolección	Aseo
D1 noche	Mesero 1T	D2 Sopas	Mesero 1M	Mesero 2M	Mesero 2M	D6 Urgencias		
		D3 Proteínas				D5 Dicta	D5 Dicta	D5 Dicta
						D5 Dicta	D5 Dicta	D5 Dicta
	Mesero 2T	D4 Vinipeladora				D7 Pedidos	D2 Sopas	D2 Sopas
						D9 Frío Apoyo	D3 Proteínas	D3 Proteínas
		D5 Dicta				D8 Frío Principal	D4 Vinipeladora	D4 Vinipeladora
						D8 frío principal	D8 frío principal	D8 frío principal
						Mesero 1M	Mesero 1M	Mesero 1M
Mesero 2M	Mesero 2M	Mesero 2M						

Escenario de mejora 1. Por medio del reporte de utilización generado por el software Arena, fue posible determinar la subutilización del recurso denominado “D1 noche” con el 36% de uso; mientras que “D5 dicta” contaba con el 98% de utilización. Por lo cual, para el primer escenario de mejora se cambió “D5 dicta” del ensamble de dieta por “D1 noche”.

Escenario de mejora 2. Teniendo en cuenta los porcentajes de utilización mencionados y tomando como base el escenario actual, se cambia el recurso “D5 dicta” por el “D1 noche” en la distribución, recolección y aseo del piso 2. El piso 2 presenta un porcentaje de dietas para el desayuno del 5%.

Escenario de mejora 3. El escenario de mejora 3 se basa en el escenario de mejora 2. El porcentaje de utilización del recurso “D6 urgencias” es del 7,3%, por lo cual se adiciona este recurso como apoyo en el ensamble de la dieta.

Escenario de mejora 4. Para la realización del escenario 4 se tomó como referencia el escenario 2 y basados en el porcentaje de utilización de los recursos “D3 proteínas” con el 98,7% y “D9 frío apoyo” con el 5,81%. Se niveló la carga cambiando a “D3 proteínas” en recolección y aseo por “D9 frío apoyo”.

Escenario de mejora 5. El escenario 5 está basado en la mejora 4. Teniendo en cuenta la baja participación del recurso “D7 pedidos” con un 5,6% se eliminó dicho recurso y en su lugar se asignó a “D4 Vinipeladora”.

Escenario de mejora 6. Para el escenario 6 se tomó como referencia el escenario 5. Como el recurso “D4 vinipeladora” presenta una utilización del 99% y “D6 urgencias” del 68%, se cambió “D4 vinipeladora” por “D6 urgencias” en recolección y aseo.

Escenario de mejora 7. Basado en el escenario 6 se unificaron los procesos: 9 (bloqueo y aspersion del ascensor) y 10 (subir carros pisos clínica). Se sumaron los tiempos de los procesos y mediante el Input Analyzer se generó una nueva función de distribución.

2.4.2. Almuerzo

A partir la tabla 2 de distribución de actividades del almuerzo se generaron las diversas simulaciones.

Tabla 2. Distribución de actividades actual almuerzo

Ensamble frío	Cubertería	Ensamble dieta	Guardar en carros	Bloqueo ascensor	Subir carros	Distribución	Recolección	Aseo
D3 proteínas	mesero 1M	D2 sopas	mesero 2M	mesero 1M	mesero 1M	D6 urgencias		
		D3 proteínas				D5 dicta	D10 dicta	D10 dicta
D4 vinipeladora	mesero 2M		D4 vinipeladora	mesero 2M	mesero 1M	D5 dicta	D10 dicta	D10 dicta
D5 dicta		D4 vinipeladora				D11 sopas	D11 sopas	
D8 frío principal	mesero 2M	D4 vinipeladora	mesero 2M	mesero 1M	mesero 1M	D9 frío apoyo	mesero 2M	mesero 2M
D9 frío apoyo						D7 pedidos	D12 vinipeladora	D12 vinipeladora
		D8 frío principal				D9 frío apoyo	D9 frío apoyo	
D2 sopas		D8 frío principal				mesero 1M	mesero 1T	mesero 1T
		mesero 2M	mesero 2T	mesero 2T				

Escenario de mejora 1. Para el escenario 1 se redujo la carga de trabajo del recurso “D4 vinipeladora”, el cual se encontraba en el 99,41%. Se eliminó del ensamble frío y quedó con una utilización final del 72,82%. Esta reducción fue distribuida en los 5 recursos restantes que ejecutan la operación de “Ensamble frío”.

Escenario de mejora 2. Para el escenario 2 se tomó como referencia el escenario actual, remplazando el recurso “D4 vinipeladora” con utilización del 99,41% por “D6 urgencias” con utilización del 5%.

Escenario de mejora 3. Con base en la mejora 2, con la cual se logró reducir el tiempo y nivelar la utilización, se remplace “D8 frío principal” con utilización del 98,22% por “D6 urgencias”, que después del escenario 2 quedó con utilización del 31,90%.

Escenario de mejora 4: Respecto al escenario inicial se eliminaron los recursos “D3 proteínas”, “D4 vinipeladora” y “D2 sopas” del proceso del ensamble frío.

Escenario de mejora 5. Sobre la mejora 4 se eliminó el recurso “D7 pedidos” con un 4,25% de utilización; una participación baja en el total del proceso y su labor distribución almuerzo piso 6 es asumida por “D8 frío principal”. Por la logística del desplazamiento entre pisos se ajusta para una distribución lineal por piso; por tanto: “mesero 2M” cambia a distribuir el piso 5, donde tenía previamente la tarea de recolección y aseo. “D9 frío apoyo” se asignó a la distribución del piso 7, que realiza recolección y aseo en dicho piso. Y a “mesero 2T” se le cambió el horario 30 minutos antes (12:30), para el apoyo en la distribución del piso 9.

Escenario de mejora 6. Con base en la mejora 5 se realizó el escenario 6, donde “D8 frío principal” con utilización del 97,84% es remplazado por “D6 urgencias”, con una utilización del 43,69% para la actividad de ensamble frío.

Escenario de mejora 7. Se adicionó el recurso “D8 frío principal” para el apoyo del ensamble frío, con el fin de reducir el tiempo de espera en este proceso.

2.4.3. Cena

La tabla 3 plasma el estado inicial de la distribución de actividades de la cena, el cual se toma como referencia para la creación de modificaciones del proceso.

Tabla 3. Distribución de actividades actual cena

Ensamble frío	Cubertería	Ensamble dieta	Guardar en carros	Bloqueo ascensor	Subir carros	Distribución	Recolección	Aseo
D10 dicta	mesero 1T	D10 dicta	mesero 1T	mesero 2T	mesero 2T	D16 urgencias		
D11 sopas		D10 dicta				D10 dicta	D10 dicta	
	D10 dicta	D10 dicta				D10 dicta		
	D12 vinipeladora	D11 sopas				D11 sopas		
D12 vinipeladora	mesero 2T	D12 vinipeladora				D14 frío principal	D13 proteínas	D13 proteínas
		D17 pedidos				D12 vinipeladora	D12 vinipeladora	
D13 proteínas		D13 proteínas	D15 frío apoyo	D15 frío apoyo	D15 frío apoyo			
			mesero 1T	mesero 1T	mesero 1T			

Escenario de mejora 1. En el reporte de utilización generado por el software Arena, fue posible determinar la subutilización del recurso “D16 urgencias” con el 4% de uso, a su vez “D10 dicta” y “D12 Vinipeladora”, que reflejaron un 98% y 99%, respectivamente, de utilización del recurso. Para el primer escenario de mejora se eliminaron de la actividad “Ensamble frío” a los recursos “D10 dicta” y “D12 vinipeladora” y se le asignó esta actividad a “D16 urgencias”.

Escenario de mejora 2. El escenario 2 se realizó con base en el escenario 1. El recurso “D15 frío apoyo”, asignado a la operación de distribución, con una utilización del 8,48% se intercambió con “D13 proteínas” en la actividad de ensamble dieta con una utilización del 96,22%.

Escenario de mejora 3. Este escenario fue realizado tomando como referencia la mejora 1; se reemplaza “D13 proteínas” en la actividad de ensamble dieta con una utilización del 96,22% por “D15 frío apoyo” con una utilización del 8,48%. Adicionalmente, “D14 frío principal” en la actividad de distribución con utilización del 4,89% es reemplazado por “D13 proteínas”. Lo anterior con el fin de eliminar la participación en el proceso del recurso “D14 frío principal”.

Escenario de mejora 4. Con referencia en el escenario 3 y para reducir la logística y desplazamientos de recursos y crear una asignación de labores lineal, se intercambiaron el piso de distribución de “D17 pedidos” con “D12 vinipeladora”. Quedó “D17 pedidos” en el piso 4 y “D12 vinipeladora” en el piso 6, donde realiza también recolección y aseo.

Escenario de mejora 5. Fundamentada la mejora en el escenario 3, se intercambiaron las labores del recurso “D15 frío apoyo”, asignado a ensamble frío, por “D13 proteínas”, programado en el ensamble de dieta.

Escenario de mejora 6. Sobre la mejora 3 se adicionó un recurso en ensamble frío para reducir el tiempo del proceso “D17 pedidos”. Como apoyo en la tarea de recolección del piso 2, se adicionó el recurso “D16 urgencias”, con una utilización del 38,17%. Así quedaron dos recursos a cargo de esta actividad (“D16 urgencias” y “D10 dicta”).

Escenario de mejora 7. Con la referencia en la mejora 6, se eliminó “D11 sopas” del ensamble frío, que presentaba un 91,50% de utilización, para nivelar las cargas en los demás recursos asignados a esta labor.

2.5. Evaluación de los resultados de la simulación

Una vez simulados cada uno de los escenarios ya detallados, se compararon respecto al escenario inicial, para determinar la mejor opción que cumple con los objetivos propuestos.

2.5.1. Desayuno

Para la evaluación de los resultados se tuvieron en cuenta (tabla 4): el tiempo total, el costo total, el tiempo de espera del proceso más crítico (para el caso del desayuno “Ensamble de desayuno”), el porcentaje de utilización máxima (en este caso el recurso “dicta 5”) y los dos porcentajes de utilización mínima (en este caso, los recursos “D9 frío apoyo” y “D7 pedidos”).

Tabla 4. Resultado de los escenarios desayuno

Escenario	Tiempo total (horas)	Costo total (\$)	Tiempo de espera ensamble desayuno (horas)	Utilización máx. D5 dicta (%)	Utilización mín. D9 frío apoyo (%)	Utilización mín. pedidos (%)
Inicial	7,10	987.060	4,42	97	6	6
1	9,77	1.257.286	3,98	7	5	5
2	6,99	966.219	4,08	95	6	6
3	7,06	977.965	4,23	93	7	7
4	6,27	957.609	4,08	96	14	6
5	7,77	935.774	3,68	93	15	0
6	6,66	898.880	3,57	95	15	0
7	6,71	893.341	3,67	96	15	0

De la tabla 4 se puede inferir que el escenario 1 presenta un incremento del tiempo total y costo de mano de obra con respecto al estado inicial del proceso. El escenario que logró una mejor solución en la reducción del tiempo total es el 4 4; el escenario que obtuvo un mejor costo de mano de obra es el 7.

2.5.2. Almuerzo

En el caso del almuerzo, los ítems fueron (tabla 5): el tiempo total, el costo total, el tiempo de espera del proceso más crítico (para este caso “Ensamble de almuerzo”), el porcentaje de utilización máxima (en este caso, el recurso “D4 vinipeladora”) y los dos porcentajes de utilización mínima (en este caso, los recursos “D6 urgencias” y “D7 pedidos”).

Tabla 5. Resultado de los escenarios con almuerzo

Escenario	Tiempo total (horas)	Costo total (\$)	Tiempo de espera Ensamble almuerzo (horas)	Utilización máx. D4 Vinipeladora (%)	Utilización mín. D6 Urgencias (%)	Utilización mín. D7 pedidos (%)
Inicial	12,38	1.783.608	8,21	99	6	5
1	12,68	1.776.097	8,82	74	6	5
2	12,57	1.774.932	8,70	74	32	5
3	12,82	1.778.455	7,95	74	99	5
4	10,83	1.753.022	6,45	74	6	5
5	10,95	1.681.125	6,55	74	6	0
6	7,73	1.264.570	3,91	99	42	0
7	10,59	1.674.501	5,81	74	32	0

De la tabla 5 se deduce que la opción 3 genera un incremento en tiempo y costo para el proceso respecto al estado inicial. Esta alternativa no aporta valor; mientras que el escenario 6 alcanza una reducción considerable en tiempo y es la simulación más económica en cuanto a mano de obra.

2.5.3. Cena

El análisis de los resultados está constituido por los siguientes factores (tabla 6): tiempo total, costo total, tiempo de espera del proceso más crítico (para el caso de la cena “Ensamble de Cena”), el porcentaje de utilización máxima de recurso “D12 vinipeladora”) y los dos porcentajes mínimos de recurso “D14 frío principal” y “D17 pedidos”).

Tabla 6. Resultado de los escenarios para la cena

Escenario	Tiempo total (horas)	Costo total (\$)	Tiempo de espera ensamble cena (horas)	Utilización máx. D12 vinipeladora (%)	Utilización mín. D14 frío principal (%)	Utilización mín. D17 pedidos (%)
INICIAL	14,01	1.438.900	7,14	99	5	3
1	13,70	1.412.059	7,17	66	5	3
2	13,09	1.415.931	6,91	67	5	4
3	12,97	1.326.671	7,05	66	0	4
4	13,19	1.325.131	7,00	66	0	4
5	13,62	1.347.943	7,03	65	0	3
6	6,97	914.415	3,13	97	0	55
7	6,80	905.851	3,22	97	0	56

Por medio de la tabla 6, evidenciamos que todos los escenarios propuestos presentan una mejora en reducción de tiempos y costos de mano de obra, especialmente la opción 7, con 7,21 horas menos del tiempo total del proceso que el escenario de partida y \$ 533.049 menos en un día de trabajo. Esta mejora se debe a la redistribución de actividades suprimiendo el recurso “D14 frío principal” con utilización del 5% y distribuyendo sus actividades en los demás empleados.

2.6. Análisis de la varianza de un factor

En la tabla 7 se resume el resultado del Anova aplicado en los tres tipos de servicios (desayuno, almuerzo y cena), para los criterios de tiempos total del proceso y costo total, lo que evidenció el origen de las variaciones, grados de libertad, promedio de los cuadros, F, probabilidad y valor crítico para F.

Tabla 7. Análisis de varianza de un factor desayuno, almuerzo y cena

Ítem	Grupo	Desayuno		Almuerzo		Cena	
		Tiempo	Costo	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo
Origen de las variaciones	Entre grupos	83,01137	9,35E+11	206,253	2,16E+12	651,6055	3,41E+12
	Dentro de los grupos	9,594725	2,9E+10	60,075	4,23E+10	16,27684	2,378E+10
	Total	92,6061	9,6E+11	266,328	2,21E+12	667,8823	3,43E+12
Grados de libertad	Entre grupos	7					
	Dentro de los grupos	72					
	Total	79					
Promedio de los cuadrados	Entre grupos	11,85877	1,34E+11	29,4647	3,09E+11	93,0865	4,87E+11
	Dentro de los grupos	0,13326	4E+08	0,83437	5,87E+08	0,226067	330334642
F	Entre grupos	88,98966	336,221	35,3135	526,4945	411,7646	1473,43
Probabilidad	Entre grupos	7,23E-33	2,51E-52	7,41E-21	3,70E-59	2,10E-55	4,84E-75
Valor crítico para F	Entre grupos	2,139656	2,13966	2,13966	2,139656	2,139656	2,1396555

De acuerdo con la anterior información relacionada, se puede concluir que:

H0: los escenarios que no presentan interacción con el tiempo y costo total del proceso.

Ha: Las mejoras presentan una interacción significativa con el tiempo y costo total del proceso.

En estos casos, F supera el valor crítico para F; por tanto, se acepta Ha y se rechaza H0.

2.7. Diagrama de caja y bigotes

De acuerdo con la figura 8, en el servicio de desayuno, se puede concluir que las simulaciones que lograron minimizar el tiempo del proceso fueron la 4, 6 y 7, siendo esta última aquella que presenta menor dispersión entre datos.

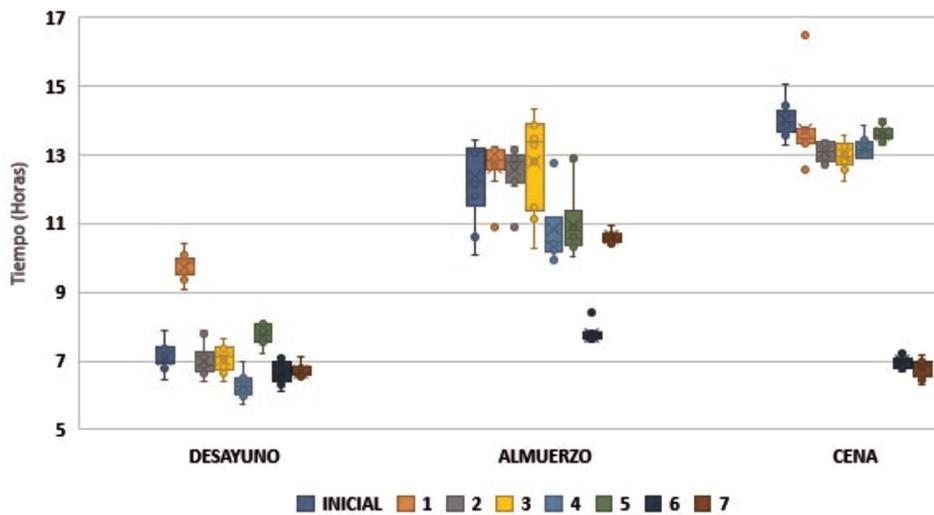


Figura 8. Caja y bigotes: tiempo total

Respecto al almuerzo, se evidencia que el escenario 6 alcanza una depreciación considerable en el tiempo total del proceso, a pesar de tener datos atípicos tanto por encima de la media como por debajo. En el servicio de la cena, mediante la figura 8, se aprecia que los escenarios 6 y 7 reducen ampliamente el tiempo total del proceso.

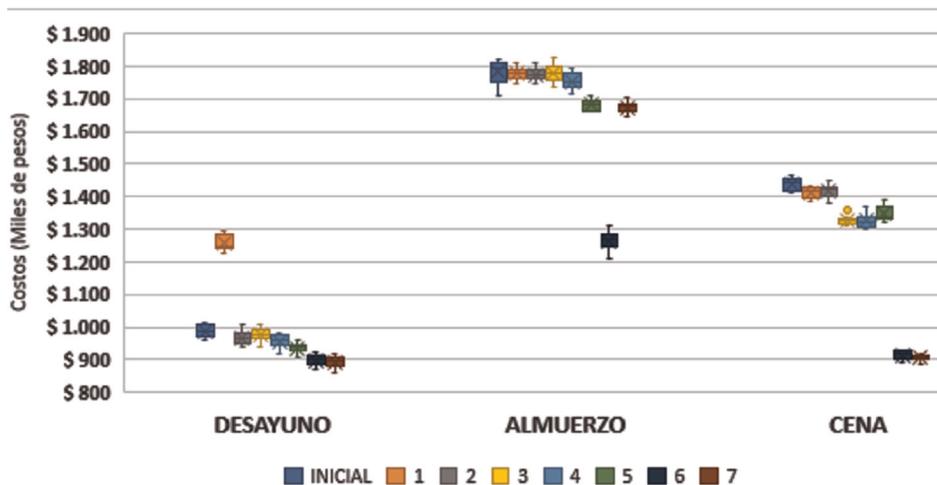


Figura 9. Caja y bigotes: costo total

De la figura 9 se puede inferir que en el servicio de desayuno el escenario 1 no es recomendable por temas de costos, debido a que supera de manera considerable el escenario inicial. Las simulaciones 6 y 7 lograron reducir los costos para la compañía y fueron las alternativas más viables en cuanto al aprovechamiento de los recursos en los tres tipos de servicio, pues prescindieron de dos recursos de mano de obra y ajustaron las actividades asignadas y franjas horarias de los turnos de los empleados.

2.8. Matriz de priorización

El objetivo de la matriz de priorización es seleccionar el mejor escenario, es decir, aquel que genera beneficios económicos para la compañía mediante el aprovechamiento de los recursos.

Así es como se cuenta con un escenario inicial a partir del cual se generan siete simulaciones:

- ◆ Ponderar criterios: se asignaron los siguientes porcentajes en pro del cumplimiento del objetivo propuesto: el 30 % al tiempo total, el 30 % al costo total, el 25 % al tiempo de espera del proceso más crítico, el 5 % a la utilización máxima de recurso, el 10 % a la utilización mínima de recursos (2 recursos evaluados cada con un 5%). Esta ponderación fue obtenida a partir de panel expertos y políticas de la organización.
- ◆ Calificación:

Factores por minimizar: brindando una puntuación de 1 a 8, donde se considera que 1 es el tiempo, costo y porcentaje de utilización máximo más alto y 8 es el tiempo, costo y porcentaje de utilización máximo más bajo. Calificación empleada en los criterios: tiempo total del proceso, costo del proceso, tiempo de espera crítico ensamble y utilización máxima de recurso.

Factores por maximizar: evaluando de 1 a 8, donde: 1 es el porcentaje de utilización mínimo más bajo y 8 es el porcentaje de utilización mínimo más elevado. Calificación empleada en el criterio: utilización mínima de recurso (tabla 8).

Tabla 8. Matriz de priorización

Tipo de servicio	Escenario	Tiempo proceso	Costo proceso	Tiempo de espera ensamble	Utilización máx. de recurso	Utilización mín. de recurso	Utilización mín. de recurso	Total
Desayuno	Inicial	0,9	0,6	0,25	0,05	0,15	0,1	2,05
	1	0,3	0,3	1,25	0,4	0,05	0,05	2,35
	2	1,5	1,2	0,75	0,25	0,1	0,15	3,95
	3	1,2	0,9	0,5	0,3	0,2	0,25	3,35
	4	2,4	1,5	1	0,1	0,25	0,2	5,45
	5	0,6	1,8	1,5	0,35	0,4	0,3	4,95
	6	2,1	2,1	2	0,2	0,35	0,3	7,05
	7	1,8	2,4	1,75	0,15	0,3	0,3	6,7

Tipo de servicio	Escenario	Tiempo proceso	Costo proceso	Tiempo de espera ensamble	Utilización máx. de recurso	Utilización mín. de recurso	Utilización mín. de recurso	Total
Almuerzo	Inicial	1,2	0,3	0,75	0,05	0,2	0,05	2,55
	1	0,6	0,9	0,25	0,35	0,1	0,1	2,3
	2	0,9	1,2	0,5	0,4	0,3	0,15	3,45
	3	0,3	0,6	1	0,3	0,4	0,25	2,85
	4	1,8	1,5	1,5	0,15	0,05	0,2	5,2
	5	1,5	1,8	1,25	0,2	0,15	0,3	5,2
	6	2,4	2,4	2	0,1	0,35	0,3	7,55
7	2,1	2,1	1,75	0,25	0,25	0,3	6,75	
Cena	Inicial	0,3	0,3	0,5	0,05	0,05	0,1	1,3
	1	0,6	0,9	0,25	0,3	0,1	0,15	2,3
	2	1,5	0,6	1,5	0,2	0,15	0,2	4,15
	3	1,8	1,5	0,75	0,25	0,2	0,25	4,75
	4	1,2	1,8	1,25	0,35	0,2	0,3	5,1
	5	0,9	1,2	1	0,4	0,2	0,05	3,75
	6	2,1	2,1	2	0,1	0,2	0,35	6,85
7	2,4	2,4	1,75	0,15	0,2	0,4	7,3	

En el desayuno, el escenario inicial presenta una calificación de 2,05. El mejor escenario es el 6, con una puntuación de 7,05, la más alta y aquella que cumple con los parámetros establecidos. En el almuerzo, el escenario inicial es de 2,55, y según los resultados, la mejora óptima es la 6 con una puntuación de 7,55. La cena presenta una calificación inicial del proceso de 1,3, de acuerdo con el total de cada una de las mejoras; la que presenta mayor puntaje es la simulación 7, con 7,3.

En la tabla 9 se presenta un comparativo del escenario inicial vs. el propuesto. En este se pueden observar los cambios de franjas horarias y reducción de estructura.

Tabla 9. Distribución horaria de los recursos del escenario inicial

Recursos	Desayuno									Almuerzo						Cena								
	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
D1 noche	1	1	1	1	1	1	1	1																
D2 sopas								1	1	1	1	1	1	1	1									
D3 proteínas								1	1	1	1	1	1	1	1									
D4 vinipeladora								1	1	1	1	1	1	1	1									
D5 dicta								1	1	1	1	1	1	1	1									
D6 urgencias									1	1	1	1	1	1	1	1								
D7 pedidos										1	1	1	1	1	1	1	1							
D8 frío principal									1	1	1	1	1	1	1	1	1							
D9 frío apoyo									1	1	1	1	1	1	1	1	1							
mesero 1M									1	1	1	1	1	1	1	1								
mesero 2M									1	1	1	1	1	1	1	1								
D10 dicta																1	1	1	1	1	1	1	1	1

Recursos	Desayuno									Almuerzo					Cena									
	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
D11 sopas															1	1	1	1	1	1	1	1		
D12 vinipeladora															1	1	1	1	1	1	1	1		
D13 proteínas															1	1	1	1	1	1	1	1		
D14 frío principal																	1	1	1	1	1	1	1	1
D15 frío apoyo															1	1	1	1	1	1	1	1		
D16 urgencias															1	1	1	1	1	1	1	1		
D17 pedidos																1	1	1	1	1	1	1	1	1
mesero 1T																1	1	1	1	1	1	1	1	1
mesero 2T																1	1	1	1	1	1	1	1	1

En la distribución inicial se contaba con la participación de 21 recursos (17 auxiliares de dietas y 4 meseros) para el desarrollo de cada una de las actividades del proceso de nutrición, cada uno de ellos con una carga laboral de 8 horas diarias. Los diferentes tipos de servicio (desayuno, almuerzo y cena) comparten recursos entre sí (tabla 10).

Tabla 10. Distribución horaria de los recursos del escenario propuesto

Recursos	Desayuno									Almuerzo					Cena									
	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
D1 noche			1	1	1	1	1	1	1	1														
D2 sopas								1	1	1	1	1	1	1	1									
D3 proteínas								1	1	1	1	1	1	1	1									
D4 vinipeladora								1	1	1	1	1	1	1	1									
D5 dicta								1	1	1	1	1	1	1	1									
D6 urgencias									1	1	1	1	1	1	1	1								
D7 pedidos																								
D8 frío principal									1	1	1	1	1	1	1	1								
D9 frío apoyo									1	1	1	1	1	1	1	1								
mesero 1M									1	1	1	1	1	1	1	1								
mesero 2M									1	1	1	1	1	1	1	1								
D10 dicta															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D11 sopas															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D12 vinipeladora															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D13 proteínas															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D14 frío principal																								
D15 frío apoyo															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D16 urgencias															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Recursos	Desayuno									Almuerzo					Cena									
	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
D17 pedidos															1	1	1	1	1	1	1	1	1	
mesero 1T															1	1	1	1	1	1	1	1	1	
mesero 2T															1	1	1	1	1	1	1	1	1	

2.9. Análisis de costo-beneficio

Teniendo en cuenta que las mejoras se basan en equilibrar la carga laboral, no se incurre en significativas inversiones; pero sí se obtienen grandes beneficios para la compañía. En la tabla 11 se evidencia la relación costo-beneficio aplicando el escenario propuesto de los empleados a los cuales se les realizaron modificaciones (“D7 pedidos”, “D14 frío principal”, “D1 noche”, “D15 frío apoyo” y “mesero 2T”).

Tabla 11. Relación costo-beneficio

Ítem	Detalle	Costo (\$)
Beneficio	Reducción costo de mano de obra	3.081.562
Costo	Costo transporte (taxi nocturno)	750.000
Beneficio-costo		2.331.562

El costo total de los cinco empleados en el escenario inicial asciende a \$6.470.780; en el escenario propuesto suma \$3.389.218, es decir, se logra una reducción de \$3.081.562 mensuales, equivalentes a una disminución del 48% respecto al escenario inicial.

Existe un costo adicional en la mejora: un taxi diario con valor aproximado de \$25.000 para “D1 noche”, que ya no ingresa a las 22:00 a laborar, sino a las 24:00. Este costo adicional se recomienda por seguridad del colaborador.

La implementación de las mejoras generará una disminución mensual en los costos de la compañía de \$2.331.562 mensuales, sin una gran inversión. Al año, la entidad obtendrá una reducción de costos de mano de obra de \$27.978.744, lo que representa un 8% del costo promedio de mano de obra (auxiliares de dieta y meseros) en el área de nutrición del caso de estudio, extraídos del balance de pérdidas y ganancias del 2019, en el área de nutrición del caso de estudio, por lo cual se recomienda seguir las sugerencias mencionadas.

Conclusiones

Se maximizó el aprovechamiento del recurso humano utilizando no solo su capacidad física, sino su conocimiento sobre el proceso, en la generación de ideas que aportan al mejoramiento continuo.

Se lograron reducir la muda de tiempos de espera o tiempo vacío en el proceso crítico (ensamble) en un 46%.

Cabe resaltar que entre más alternativas o modelos se diseñen para solucionar los tiempos de espera y mejora en la utilización del recurso, se amplió el panorama para la toma de decisiones.

El diseño propuesto es una buena iniciativa y trae consigo el beneficio en los costos con un ahorro del 48% respecto al escenario inicial de los recursos modificados.

Al año, la entidad obtendrá una reducción de 8% del costo promedio de mano de obra (auxiliares de dieta y meseros) en el área de nutrición del caso de estudio.

El porcentaje de utilización del recurso actual es bajo en algunos operarios, por lo cual con una redistribución de actividades es posible prescindir de dos recursos.

Referencias

- [1] F. Madariaga, *Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos directos*, 2.2. Creative Commons, 2019, p. 9.
- [2] G. E. León, N. Marulanda y H. H. González, "Factores claves de éxito en la implementación de lean manufacturing en algunas empresas con sede en Colombia", *Tendencias*, vol. 18, n.º 1, p. 85, 2017.
- [3] L. Socconini y J. P. Martín, *Lean Energy 4.0. Guía de implementación*, 1st ed. Barcelona: Marge Books, 2019.
- [4] L. Socconini, *Lean Manufacturing: Paso a paso*, 1st ed. Barcelona: Marge Books, 2019.
- [5] L. Castellano Lendínez, "Kanban: Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos", 3d Tecnología, vol. 8, n.º 1, pp. 30-41, 2019.
- [6] L. Socconini, *Lean Company: Más allá de la manufactura*, Barcelona: Marge Books, 2019.
- [7] M. Lefcovich, *Kaizen - detección, prevención y eliminación de desperdicios, una estrategia para la reducción de costos*. s. l.: El Cid Editor, 2009.
- [8] C. Hernández y A. Vizán Idoipe, *Lean manufacturing: concepto, técnicas e implantación*, Madrid: Fundación EOI, 2013.
- [9] C. Beltrán y A. Soto, "Aplicación de herramientas Lean Manufacturing en los procesos de recepción y despacho de la empresa HLF Romero S.A.S.", Tesis, Universidad de La Salle, Colombia, 2017.
- [10] C. Baril, V. Gascon, J. Miller y N. Côté, "Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: A case study in healthcare", *Eu. J. Operat. Res.* vol. 249, n.º 1, pp. 327-339, 2016. [11] I. Pérez y M. Gómez, "Implantación de lean manufacturing en procesos de producción alimentaria", Tesis, Universidad de Valladolid, España, 2017.
- [12] J. A. Duque, J. H. Arellano, C. B. Armendariz, G. A. Parra y L. Avelar, "Improving distribution process using lean manufacturing y simulation: A case of Mexican seafood packer company", 2018. <https://doi.org/10.20944/preprints201810.0465.v1>
- [13] L. Palacios, *Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos*, 2a ed. Bogotá: Ecoe, 2016.
- [14] H. Mejía Ávila y M. Galofre Vásquez, "Aplicación de software de simulación como herramienta en el rediseño de plantas de producción en empresas del sector de alimentos", *Prospect. Nueva Visión Ing.*, vol. 6, n.o 2, pp. 39-45, 2008.
- [15] Automation Rockwell-Getting started with arena, Publication Arena, USA, 2012, pp.9-199.
- [16] J. Salazar y A. Baena, "Análisis y diseño de experimentos aplicados a estudios de simulación", *Dyna*, vol. 75, n.o 159, pp. 249-257, 2009.
- [17] C. Ximénez y R. Martín, *Fundamentos de las técnicas multivariantes*. Madrid: UNED, 2013.
- [18] J. Berrendero, "Diseño de experimentos: modelo unifactorial" [en línea]. Disponible en: <http://verso.mat.uam.es/~joser.berrendero/cursos/adatos/ad2-tema1-12.pdf>. [Accedido: 2019].
- [19] L. M. Donoso E., "Diagrama de caja y bigotes" [en línea]. Disponible en: http://inst-mat.usalca.cl/tem/sitiolmde/primero/guias-liceo/recuperacion/Diagrama_de_Caja_y_Bigotes-2.pdf. [Accedido: 2019].
- [20] Retos Directivos, "¿Qué es y cómo elaborar una matriz de priorización?", 2017. [En línea]. Disponible en: <https://retos-directivos.eae.es/que-es-y-como-elaborar-una-matriz-de-priorizacion/>.