



**Enfoque metodológico para la medición de la capacidad en procesos de producción con alta
dependencia de mano de obra**

Jonathan Jaid López Jiménez

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial otorgado por UdeA

Asesor

Luz Marcela Restrepo Tamayo, Magíster en Ciencias - Estadística

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial
Ingeniería Industrial
Medellín - Colombia

2024

Cita	(López, 2024)
Referencia	López, J. (2024). Enfoque metodológico para la medición de la capacidad en procesos de producción con alta dependencia de mano de obra. [Trabajo de grado]. Universidad de Antioquia, Medellín.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda.

Decano/Director: Jair Albeiro Osorio Agudelo

Jefe departamento: Mario Alberto Gaviria Giraldo.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi asesora de prácticas, Luz Marcela Restrepo, quien me ha acompañado desde el inicio de mis prácticas hasta la culminación de este proyecto de grado. Su disposición, tiempo dedicado, paciencia, orientación y su carácter comprensivo y siempre dispuesto a ayudar han sido esenciales en este proceso.

A mis padres, Diovanis López Villadiego y Janeth Jiménez, por ser un apoyo fundamental en lo emocional durante todo mi proceso académico. Su confianza en mí y su respaldo incondicional me impulsaron a seguir adelante.

A mi novia, Andrea Linero, quien, con su comprensión, disposición y su experiencia en la industria como ingeniera ambiental me ayudó a superar muchos retos emocionales a lo largo de este camino. Su apoyo ha sido vital en los momentos más difíciles.

Finalmente, quiero agradecerle a la profesora Orfi Nelly Alzate por su constante disposición, por ayudarme a resolver todos los problemas que surgieron a lo largo de este periodo, siempre procurando mi bienestar. Aprecio profundamente su gentileza y apoyo.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Objetivos	11
1.1 Objetivo general	11
1.2 Objetivos específicos	11
2 Marco teórico	12
3 Metodología	18
4 Resultados	23
5 Análisis	28
6 Conclusiones	30
7 Recomendaciones	31
8 Referencias	32

Lista de tablas

Tabla 1 Promedio de productos producidos por minuto	24
Tabla 2 Análisis de varianza	24
Tabla 3 Promedio de productos producidos por tipo de producto	25
Tabla 4 Tiempos Improductivos	26

Lista de figuras

Figura 1. Documentos por año.	13
Figura 2 Documentos por país o territorio.	14
Figura 3 Documentos por área temática.	15
Figura 4 Mapa de co-ocurrencias	15
Figura 5 Metodología propuesta	18

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ANOVA	Análisis de varianza
SST	Seguridad y Salud en el Trabajo
PhD	Philosophiae Doctor
UdeA	Universidad de Antioquia

Resumen

Este trabajo presenta una metodología para analizar y mejorar la capacidad de producción en procesos con alta dependencia de mano de obra. El objetivo es ofrecer un enfoque sistemático que permita a las empresas optimizar su rendimiento, considerando la variabilidad de los procesos manuales. La metodología propuesta incluye la evaluación de métodos y tiempos, la implementación de mejoras en reportes de producción e instructivos operativos, y la introducción de herramientas básicas para los operarios. La investigación se basa en la realización de estudios de tiempos, análisis de varianza y evaluación de tiempos improductivos, junto con algunos ajustes ergonómicos y la implementación de pausas activas. Se encontraron variaciones significativas en la productividad a lo largo de la jornada laboral y entre diferentes tipos de productos. Además, se identificaron oportunidades para reducir los tiempos improductivos y mejorar la ergonomía en los puestos de trabajo. Los resultados destacan la importancia de estandarizar los reportes de producción y utilizar instructivos detallados para mejorar la eficiencia. En las conclusiones se recalca que a pesar de la variabilidad de los procesos manuales, es posible establecer estándares que optimicen la capacidad de producción y promuevan un entorno laboral más justo. Finalmente, se recomienda desarrollar herramientas tecnológicas para apoyar la toma de decisiones y simular el rendimiento en tiempo real.

Palabras clave: variabilidad, mano de obra, capacidad de producción, ergonomía, procesos manuales, medición de capacidad, metodología, métodos y tiempos.

Abstract

This study presents a methodology to analyze and improve production capacity in processes with a high dependence on labor. The objective is to offer a systematic approach that allows companies to optimize their performance, considering the variability of manual processes. The proposed methodology includes the evaluation of methods and times, the implementation of improvements in production reports and operating instructions, and the introduction of basic tools for operators. The research is based on time studies, variance analysis and evaluation of unproductive times, together with some ergonomic adjustments and the implementation of active breaks. Significant variations in productivity were found throughout the work day and between different types of products. In addition, opportunities were identified to reduce unproductive times and improve ergonomics in the workplace. The results highlight the importance of standardizing production reports and using detailed instructions to improve efficiency. The conclusions stress that despite the variability of manual processes, it is possible to establish standards that optimize production capacity and promote a fairer work environment. Finally, it is recommended to develop technological tools to support decision-making and simulate performance in real time.

Keywords: variability, labor, production capacity, ergonomics, manual processes, capacity measurement, methodology.

Introducción

Actualmente en la industria, las empresas enfrentan desafíos cuando se trata de analizar y medir la capacidad de producción en los procesos que dependen de la mano de obra, ya que estos procesos suelen verse afectados por múltiples ineficiencias sin conocerse muy bien el origen de su causa. Es por eso que este tipo de procesos presentan una alta variabilidad, lo que dificulta el objetivo de establecer métricas precisas de capacidad (Elmaghraby, 1991). Esta situación es opuesta a los procesos altamente estandarizados, en los cuales se puede hallar los tiempos y rendimientos con más precisión.

Teniendo en cuenta lo anterior, el principal reto de los procesos manuales es la alta variabilidad en el desempeño de los operarios. Esta variabilidad no solo se debe a las diferencias individuales en habilidades y experiencia (Dubois & Rothwell, 2004), sino que también se debe a la fatiga de cada operario, la ergonomía del puesto de trabajo, las condiciones en que esté la máquina, la calidad de los materiales que utiliza, entre otras (Kanawaty, 1996). De esta forma, medir la capacidad de producción en estos procesos es complejo y requiere de un enfoque más adaptado a las circunstancias de cada operación.

Aunque existen muchos métodos para calcular la capacidad de producción, la mayoría están orientados a procesos altamente estandarizados, sin embargo, cuando se trata de procesos manuales, estos métodos parecen inadecuados, ya que los procesos manuales tienen un problema con su naturaleza variable y menos predecible (Patterson, 2002). Para abordar este reto, es importante buscar y establecer una metodología que facilite la gestión en los procesos manuales, y que considere esa variabilidad espontánea, de tal manera que se puedan proporcionar herramientas o estrategias prácticas para mejorar la capacidad de producción en los procesos manuales.

Este proyecto de grado se enfoca en el desarrollo de un enfoque metodológico para la medición de la capacidad en los procesos de producción con alta dependencia de mano de obra. La finalidad de este estudio es ofrecer una herramienta que permita a las organizaciones gestionar y analizar este tipo de procesos de manera más efectiva, donde se abarque también el fin u objetivo de subsanar la falta de metodologías específicas para los procesos manuales.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Diseñar una metodología que permita estimar la capacidad de procesos de producción que dependen altamente de la mano de obra, con el propósito de mejorar la planificación y gestión operativa.

1.2 Objetivos específicos

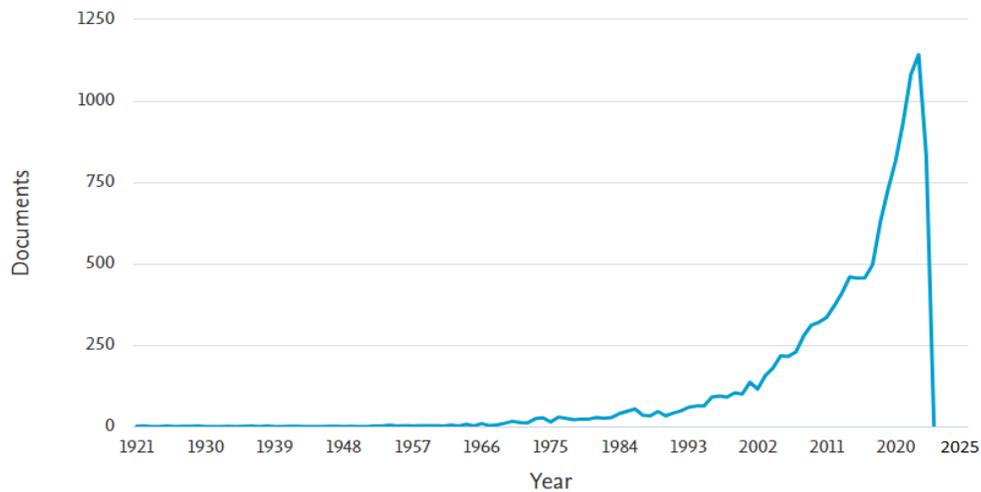
- Identificar las herramientas que se utilizan para estimar la capacidad de los procesos de producción a partir de una revisión de literatura.
- Definir el procedimiento que se debe seguir para estimar la capacidad de los procesos de producción que dependen altamente de la mano de obra, incorporando las herramientas que fueron identificadas.
- Implementar la metodología propuesta en un caso real para medir la capacidad de un proceso específico intensivo en mano de obra e identificar oportunidades de mejora a la metodología diseñada.

2 Marco teórico

La definición de análisis de capacidad de producción se puede abordar desde diferentes perspectivas, en términos generales, es el proceso mediante el cual una empresa evalúa su capacidad de producir en cuanto al cumplimiento de lo que requiera la demanda del mercado, donde se analizan aspectos como la infraestructura, los recursos disponibles y los procesos de operación con el fin de identificar limitaciones y oportunidades de mejora (Suharko, 2020). Desde el punto de vista de la gestión de operaciones el análisis de capacidad se refiere a evaluar la habilidad de la planta para producir el bien o servicio según sea el caso y las expectativas de la demanda (Stevenson, 2020).

La capacidad de producción de una empresa ya sea que ofrezca productos o servicios, es clave para su funcionamiento, ya que le permite planificar y ofrecer su gama de productos de acuerdo con las expectativas de los clientes, cumpliendo con estándares en aspectos como el diseño, la estructura, el funcionamiento, la calidad, la cantidad y el tiempo de entrega (Cajigas & Ramirez, 2019).

Con el propósito de evaluar y analizar la producción científica relacionada con el análisis de capacidad de producción, se hizo un análisis bibliométrico (Escorcía, 2008) en la base de datos de Scopus. Se utilizaron términos asociados con la capacidad de producción, por lo que la cadena de búsqueda utilizada es ("capacity estimation" OR "capacity measurement" OR "production capacity" OR "process capacity") AND ("tool" OR "method" OR "technique" OR "framework" OR "approach"). La cantidad de estudios que capturó la cadena de búsqueda, sin utilizar filtros adicionales fue 12738. El comportamiento de estas publicaciones en el tiempo se presenta en la Figura 1.

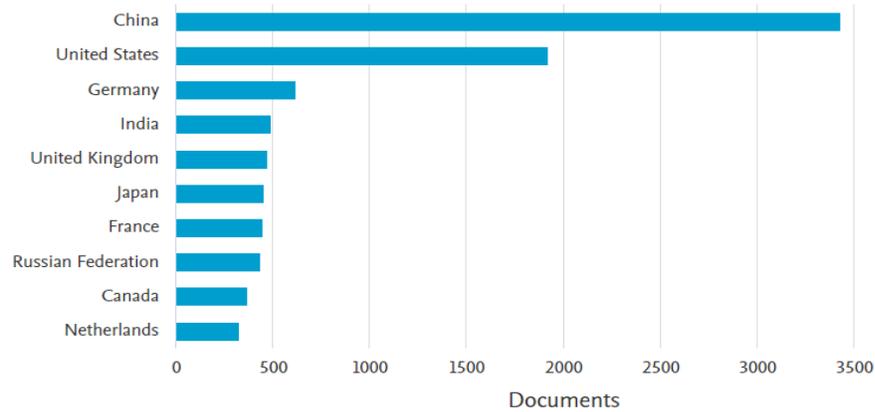
Figura 1*Documentos por año*

En la Figura 1, se observa un crecimiento lento desde 1921 hasta mediados de 1999 y, a partir del año 2000, se muestra un aumento pronunciado, lo que indica que existe un interés creciente sobre el tema.

En la Figura 2, se presenta el número de documentos publicados por países a lo largo de la historia, donde se reflejan las diferencias en la producción académica y científica a nivel mundial. China encabeza la lista con 3430 publicaciones, lo que refleja una ventaja considerable sobre Estados Unidos que tiene 1916 publicaciones, esta gran diferencia demuestra la creciente inversión de China en investigación para aumentar su presencia en el ámbito científico global. Alemania, con 616 publicaciones, y lejos de China y Estados Unidos, encabeza la lista de los países europeos, mientras que India y Japón se destacan como los países más importantes en el continente asiático con 490 y 449 publicaciones respectivamente.

Figura 2

Documentos publicados por país o territorio



En la Figura 3, se observa el número de documentos por área, en ella se reflejan las 8 áreas más interesadas en el tema de capacidad de producción. En primer lugar, está la ingeniería, la cual lidera la tabla con 5080 publicaciones, destacándose como el área con la mayor prioridad en investigación y refleja la importancia o relevancia de poder optimizar la capacidad productiva en el sector industrial, en según lugar está el área de la energía con 2299 publicaciones, que muestra la importancia de la investigación en mejorar la eficiencia energética y su sostenibilidad. Las ciencias de la computación con 1933 publicaciones, se destaca también por el interés en la automatización de procesos productivos, seguida por la ciencia ambiental y la ciencia de los materiales, que muestra una posible preocupación por la sostenibilidad y el desarrollo de nuevos materiales que ayuden a mejorar los procesos productivos.

Estos términos extraídos están asociados con la “capacidad de producción”. El clúster principal es el rojo, que se centra en “manufactura” e indica que la mayoría de las investigaciones se relacionan con la capacidad de producción en el contexto de la manufactura, la economía y el control de inventarios. El clúster azul, se refiere más al “humano” y “artículo”, lo que podría indicar estudios relacionados con ciencias de la salud, donde se mencionan muchos términos como “ensayo clínico”, “vacunas” y “salud pública”. El clúster verde, se centra en términos como “calor específico”, “temperatura” y “Producción de hidrógeno”, lo que sugiere un enfoque en temas de química y física, probablemente en la producción de energías y materiales avanzados.

Por otro lado, está el clúster amarillo, donde se observan términos relacionados con “no humano” y “experimentos con animales”, lo que sugiere que se tocan temas como algunos estudios de biología y medicina, donde la capacidad de los procesos se aplica en experimentos con animales, en temas de genética y fisiología. En el clúster morado, se centra en términos relacionados con la industria del gas y la ingeniería de petróleos, ya que se mencionan palabras como “gases” y “metano”, lo que sugiere que una parte de los resultados se enfoca en la capacidad de producción en la industria energética y que hay interés por la investigación sobre eficiencia en este sector. Finalmente está el clúster azul claro, el cual se centra en términos como “baterías de ion y litio”, “Producción de hidrógeno”, lo que sugiere un enfoque en la capacidad de producción dentro del contexto de energías alternativas y sostenibles.

Este análisis de coocurrencias realizado, evidencia que aunque la “capacidad de producción” es un tema muy investigado por diversos sectores como la energía y la manufactura, no se aprecian clusters que hablen específicamente sobre los procesos manuales o la capacidad de producción en contextos donde dependen altamente de la mano de obra. Esto sugiere que el tema es poco investigado en la literatura y posiblemente se deba a la alta complejidad que implica medir y optimizar la capacidad en procesos donde la intervención humana es predominantemente manual y no estandarizada.

Esta carencia de información o poca investigación, resalta la relevancia de este estudio, ya que se propone una metodología que permitirá y facilitará el análisis de la capacidad de producción en estos entornos y en diferentes industrias donde la mano de obra sea un factor crítico. Este análisis bibliométrico respalda entonces, la necesidad de esta investigación, dado que se trata de un área

con un vacío evidente en la literatura, lo que le da importancia al desarrollo de nuevas herramientas o metodologías para mejorar la eficiencia en estos procesos productivos.

3 Metodología propuesta

Para analizar la capacidad de procesos de producción con alta dependencia de mano de obra, se propone seguir una metodología de 5 pasos, cuya aplicación pretende mejorar la producción en la empresa donde se aplique (ver Figura 5).

Figura 5

Metodología propuesta.



Paso 1: Observación y conocimiento del proceso.

Como en todo proceso que se quiere mejorar, lo primero que se debe hacer es conocerlo muy bien, para ello, es sugerible realizar un mapeo detallado de todo el proceso productivo, donde se identifique muy bien cada etapa o subproceso donde intervenga la mano de obra. En esta etapa se pueden realizar algunos mapas de flujos o mapas de procesos para identificar detalladamente cada actividad (Walker et al. 2024).

Paso 2: Medición adecuada de la capacidad actual.

Es común que en algunas empresas se le exija una mínima producción a todos los operarios que estén a cargo de las máquinas de producción, pero en algunas ocasiones no se considera adecuadamente la capacidad real de estos trabajadores. Esta producción mínima exigida, en algunos casos no refleja la verdadera capacidad de producción de los operarios, lo que puede llevar a resultados pocos precisos o a la imposición de objetivos inalcanzables, lo cual puede ocasionar frustración entre los operarios y distorsionar las estadísticas del área (Roldan, 2001).

Para evitar estos errores y mejorar la precisión en las estadísticas, es necesario realizar un análisis riguroso de la capacidad de producción real de los operarios. Una estrategia efectiva es la implementación de estudios de métodos y tiempos (Betancourt et al. 2022) donde no solo se

enfoque en los operarios de mejor rendimiento, sino que también incluyan a todos los operarios del área. Este enfoque asegura una representación más completa y precisa de la capacidad de producción, además, es fundamental realizar la medición en diferentes momentos del turno, para evidenciar y analizar las variaciones en la productividad a lo largo del día (Lázaro et al. 2005). Es recomendable realizar este estudio en al menos tres momentos clave del turno: al inicio del turno, cuando los operarios vienen descansados de sus hogares; después de la jornada de almuerzo, para observar el impacto del descanso en el rendimiento; y un momento antes de finalizar el turno, cuando el cansancio puede afectar el ritmo de producción (Cartagena, 2017).

Este enfoque permite obtener un análisis más detallado y exacto de la dinámica del trabajo, identificando cómo influyen diferentes factores, tales como el horario y el cansancio, en la productividad (Menipaz, 2008). Además, el estudio debe realizarse durante un periodo prolongado, de aproximadamente 2 a 3 meses o el tiempo que se considere necesario según la actividad y las características del proceso, este tiempo permitirá ver resultados en variaciones climáticas y otros factores que pueden impactar en la producción (Lázaro et al. 2005).

Al implementar esta estrategia, se facilita el análisis minucioso de la influencia del horario en la producción total, así como la identificación de los momentos en los que los operarios son más productivos. Este enfoque no solo mejora la exactitud de las estadísticas, sino que también contribuye a la creación de objetivos alcanzables y realistas, promoviendo un ambiente de trabajo más eficiente y satisfactorio para todos los operarios (Parra et al. 2020).

Es importante mencionar que, en muchas ocasiones, el operario puede producir productos de diferentes dimensiones en una misma máquina. En estos casos se recomienda realizar el estudio de métodos y tiempos para cada producto (Palander et al. 2012), ya que al ser de mayor dimensión puede demorar más tiempo en producirse que el de menor dimensión.

Paso 3: Evaluación de factores humanos.

Dentro de los factores humanos que se pueden evaluar en una empresa, hay dos fundamentales donde hay que enfocarse: se trata del estudio de los tiempos improductivos y la evaluación de la ergonomía en el puesto de trabajo (Arredondo & García, 2019).

Con respecto al estudio de tiempos innecesarios, en algunas empresas, los operarios suelen realizar algunas actividades que no están contempladas en sus funciones principales y que

consumen tiempo adicional. Estas tareas no solo disminuyen el tiempo de producción, sino que también afectan la productividad general del área y de los operarios. Por eso, se debe llevar a cabo estudios de movimientos o tiempos innecesarios para identificar la eficiencia de los operarios y eliminar esas acciones innecesarias (Herrera, 2021).

En algunas empresas del sector industrial, hay áreas donde la mano de obra de los operarios es fundamental para la producción. Las máquinas utilizadas por estos operarios pueden requerir reparaciones diarias que están a cargo del área de mantenimiento. En algunos casos, debido al gran tamaño de la empresa, los mecánicos se encuentran distribuidos en diferentes áreas según las necesidades. Sin embargo, cuando una máquina se descompone en esa área, los operarios no tienen un medio directo para contactar a los mecánicos, lo que los obliga a salir a buscarlos por toda la empresa. Esta situación conduce a una pérdida significativa de tiempo de producción. Una posible solución es implementar radios en esa área para facilitar la comunicación inmediata entre los operarios y los mecánicos.

Por otro lado, la evaluación de la ergonomía es fundamental en la mejora de la productividad, especialmente en entornos de trabajo donde se requiere la mano de obra y se realizan actividades repetitivas. Un diseño ergonómico adecuado asegura que los operarios puedan llevar a cabo sus funciones de manera eficiente y cómoda, lo que minimiza el riesgo de fatiga y molestias físicas (INSST, 2024). Además, permite que los trabajadores mantengan un ritmo constante y sin distracciones, pues al reducir el esfuerzo físico innecesario y los movimientos repetitivos, se mejora también la precisión, eficiencia y calidad de la producción (Marin & Soto, 2023) Para obtener retroalimentación directa sobre los problemas ergonómicos que enfrentan los operarios, es recomendable realizar encuestas o entrevistas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la implementación de pausas activas en empleos que dependen de la mano de obra y donde se realizan tareas repetitivas permite mantener la productividad y la salud de los trabajadores. Las pausas activas consisten en breves periodos de ejercicios físicos y estiramientos durante el turno laboral, y ayudan a reducir la fatiga muscular y la tensión acumulada debido a los movimientos repetitivos, lo que previene el agotamiento y permite que los operarios mantengan un alto nivel de concentración y energía a lo largo del turno (Linares, 2020). Es recomendable realizar de 1 a 2 pausas activas por turno, cada una de 15 minutos

aproximadamente y que sea dirigida por el personal de recursos humanos o por algún operario que haya sido capacitado para llevarlas a cabo de forma correcta (ICBF, 2017).

Finalmente, se debe mencionar que el estado de ánimo y la motivación que tenga cada operario puede llegar a influir en su productividad. Un estado anímico positivo junto con una adecuada capacidad cognitiva y psicomotriz puede mejorar significativamente el rendimiento, mientras que una falta de bienestar emocional puede limitar la capacidad del trabajador para cumplir con las metas establecidas (Salamanca, 2022).

Paso 4: Seguimiento al reporte de producción e instructivo de operación.

Una de las herramientas clave en el proceso de la mejora de la producción, es la planilla de reportes de producción, la cual debe estar bien diseñada para ser realmente efectiva (El Buzón de Pacioli, 2019). Muchas veces, las planillas existentes están mal estructuradas o carecen de información importante, como el seguimiento del número de productos defectuosos por turno y por operario. Esta omisión puede dificultar la identificación de problemas de calidad y reducir la capacidad para realizar análisis precisos sobre la productividad del área (Herrera Y. , 2021). Una planilla bien diseñada puede permitirles a los supervisores o a la administración, evaluar la eficiencia de cada operario y detectar áreas de mejora.

Por otro lado, también se debe disponer de un instructivo de operación claro y detallado, ya que este documento proporciona directrices precisas sobre cómo debe llevarse a cabo cada tarea, asegurando que todos los operarios tengan un entendimiento de los procedimientos (Rincón, 2023). Un instructivo bien elaborado no solo mejora la consistencia y la calidad del trabajo, sino que también reduce errores que pueden afectar la productividad.

Se recomienda realizar una capacitación en el uso de la nueva planilla y el instructivo, ya que la correcta implementación depende en gran parte de que los operarios comprendan y utilicen correctamente las nuevas herramientas (Mendez, 2015).

Paso 5: Implementación de caja de herramientas básicas.

Implementar una estrategia de proporcionar cajas de herramientas mecánicas básicas a los operarios puede ser una medida efectiva para mejorar la productividad en entornos industriales (Hernandez, 2008). En algunas empresas, las máquinas pueden presentar desajustes menores que

requieren ajustes simples para continuar funcionando de manera óptima, es por esto que los operarios deben esperar a que un mecánico intervenga para solucionar estos problemas y a causa de esto, se generan tiempos de inactividad que afectan negativamente la eficiencia de la producción.

Equipar a los operarios con una caja de herramientas básicas, adaptada a las necesidades específicas de sus tareas y de las máquinas que operan, les permite abordar y resolver rápidamente estos ajustes sencillos sin necesidad de asistencia externa. Sin embargo, es importante que estas funciones sean aprobadas por el departamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) para asegurar que las tareas realizadas con las herramientas no comprometan la seguridad del operario. Para poder cumplir con los objetivos, es necesario realizar una capacitación en el uso de las herramientas y en los procedimientos seguros, con el fin de evitar accidentes (FREMAT, 2014).

4 Resultados

En este estudio se aplicó la metodología propuesta en una empresa colombiana dedicada a la producción de un tipo específico de producto. La investigación tuvo como objetivo evaluar y mejorar la capacidad de producción, enfocándose en un proceso altamente dependiente de la mano de obra.

Paso 1: Observación y conocimiento del proceso.

En la aplicación de esta metodología en la empresa, se realizaron algunas actividades clave para el análisis de los procesos, primero se diseñó un diagrama de flujo que permitió entender visualmente las etapas del proceso productivo y cómo se relacionaban las diferentes áreas de la empresa. Adicionalmente, se tomaron videos y fotos del proceso para tener un registro detallado y poder analizarlo.

Otra actividad importante fue la entrevista a los empleados que estaban involucrados en la operación, así como a analistas de áreas clave como seguridad y salud en el trabajo (SST), procesos y proyectos, mecánica y calidad. Estas entrevistas fueron fundamentales para obtener una visión completa de los factores que influyen en el desempeño y la capacidad de producción, y para identificar oportunidades de mejora desde distintas perspectivas.

Paso 2: Medición adecuada de la capacidad actual.

Se realizó un estudio de métodos y tiempos durante un periodo de tres meses. En este estudio de tiempos se midió la producción por minuto de los 32 operarios del área en tres momentos clave del turno, el cual es de 8am a 4pm: de 8:30am a 9:00am, media hora después de ingresar al trabajo; de 1:00pm a 1:30pm, después de la hora del almuerzo de los operarios y de 3:15 pm a 3:45pm, un momento antes de concluir su turno laboral. En el análisis del promedio de producción de los operarios, se consideraron los suplementos otorgados por la empresa para asegurar que las mediciones reflejaran adecuadamente las condiciones reales de trabajo, entre esos suplementos se incluía media hora de almuerzo para los operarios, 15 minutos en idas al baño y 25 minutos adicionales debido al agotamiento físico asociado con la naturaleza repetitiva de las funciones que realizaban. El estudio de métodos se centró en analizar detalladamente las tareas que realizaban los

La empresa produce diferentes referencias y dimensiones del mismo producto, para ello utiliza la misma máquina (ver Tabla 3). Se encontró que el tipo de producto impacta en el promedio de productos producidos por minuto, con el tipo D mostrando una mayor productividad (5.1 productos por minuto) en comparación con otros tipos, como el tipo G (2.2 productos por minuto). Este análisis sugiere la necesidad de ajustar las expectativas de producción según las características específicas de cada producto.

Tabla 3

Promedio de productos producidos por tipo de producto

Producto	Promedio
Tipo A	3.8
Tipo B	3.4
Tipo C	3.6
Tipo D	5.1
Tipo E	3.6
Tipo F	3.6
Tipo G	2.2
Tipo H	3.0
Tipo I	3.1
Tipo J	3.2
Tipo K	3.3
Promedio Total	3.3

Se realizó un estudio de tiempos improductivos durante 1248 horas laborales, teniendo en cuenta los conceptos que la empresa tenía establecidos para estos tiempos improductivos (Ver Tabla 4). Primeramente, se evidenció que el total de tiempos improductivos es de un 43% sobre el tiempo de estudio, lo que implica una existencia de falta de control sobre estos tiempos, también se evidencio que los paros programados y la falta de operarios fueron los principales responsables del tiempo improductivo, en este caso, se debía a que a menudo se necesitaban más operarios en otras áreas consideradas más importantes por la empresa, por lo que los trabajadores de esta área eran trasladados a esos otros lugares. Todo esto refleja una oportunidad significativa para optimizar los recursos y mejorar la eficiencia.

Tabla 4*Tiempos improductivos por concepto.*

Concepto	Total horas improductivas	% Tiempo improductivo
1.Daño Mecánico	19:35:00	1.6%
2.Daño Eléctrico	70:45:00	5.7%
11. Paro Programado	159:15:00	12.8%
12. Falta de Operario	276:50:00	22%
15. Falta de Materia Prima	5:00:00	0.4%

Paso 3: Evaluación de factores humanos.

La evaluación ergonómica reveló que los operarios debían realizar algunos movimientos incómodos y repetitivos, como presionar botones en una posición muy baja de la máquina, lo que potencialmente causaba molestias físicas y disminuye la eficiencia. Para este caso, se recomendó reubicar los botones a una altura más cómoda y adicionar un ajustador de estatura a las máquinas para mejorar el uso según la estatura de los operarios, con el fin de reducir la fatiga y mejorar la productividad.

Se introdujeron pausas activas para contrarrestar la fatiga muscular y mejorar el rendimiento a lo largo del turno. Esta iniciativa permite a los operarios mantener un ritmo constante y reducir los errores y accidentes, lo cual incrementa la eficiencia general de la producción.

Paso 4: Seguimiento al reporte de producción e instructivo de operación.

Durante el estudio se detectaron varias deficiencias en la planilla utilizada por los operarios para reportar la producción. Originalmente, la planilla carecía de información esencial como el registro del número de productos defectuosos por turno y por operario, así como detalles específicos sobre los tiempos de paro improductivo. También existía una única planilla para toda el área, lo que generaba una dependencia en un solo operario para recopilar y reportar los datos de los demás operarios. Este método no solo aumentaba el riesgo de errores y desinformación, sino que también creaba inconsistencias en los datos, ya que los operarios reportaban sin revisar los

tableros de las máquinas de cada compañero. En algunos casos, los conceptos de los paros improductivos eran mal entendidos y reportados, dificultando el análisis efectivo de los factores que afectan la productividad.

Para solucionar este problema se implementó una nueva planilla de reporte de producción que incluye casillas detalladas para el seguimiento de productos defectuosos, tiempos improductivos, mantenimiento de cada máquina y habrá una planilla por operario, por lo que cada operario tiene la obligación de llenar su planilla de manera precisa. Esta nueva estructura permite una recopilación de datos más confiable y precisa, facilitando el análisis y la identificación de áreas de mejora.

Además de mejorar esa planilla, también se le realizó un ajuste o adición al instructivo de operación de las máquinas, ya que se identificó que varios procedimientos críticos no estaban documentados en este instructivo, incluyendo la forma correcta de manipular las máquinas y los pasos para ajustar la temperatura a cada máquina. Esta falta de información generaba incertidumbre entre los operarios, quienes dependían del conocimiento de sus compañeros de área, lo que podía llevar a cometer errores operativos y variabilidad en la calidad del producto. Este instructivo de operación fue reestructurado para incluir algunos pasos o directrices claras y detalladas sobre cada procedimiento, con el fin de asegurar que todos los operarios lo comprendan.

Con estas dos mejoras en la planilla de producción y el instructivo de operación, la empresa puede mantener un control más minucioso sobre los procesos productivos, permitiendo tomar decisiones informadas para la optimización continua de la capacidad de producción.

Paso 5: Implementación de caja de herramientas básicas.

Se implementó una caja de herramientas básicas en el área, para eso fue necesario establecer un sistema de control para esta caja, como seguimiento del préstamo y aplicación de multas a los operarios que no devuelvan las herramientas, asignando a un operario la responsabilidad de su gestión y mantenimiento. Este control asegura que las herramientas estén disponibles cuando se necesiten y se reduzcan los tiempos de inactividad debido a ajustes menores en las máquinas y que los operarios puedan arreglar de manera autónoma.

5 Análisis

Al aplicar una metodología para mejorar la capacidad de producción en procesos con alta dependencia de la mano de obra, se encuentran ciertos elementos clave que permiten obtener una visión más clara sobre las dinámicas internas del proceso, un aspecto fundamental es la variabilidad que surge de las características propias del trabajo manual, ya que por ejemplo, los operarios no siempre mantienen el mismo ritmo de producción debido a factores como la fatiga, la complejidad de las tareas o incluso las diferencias entre los productos que se fabrican. Aunque lo anterior puede generar mucha variabilidad en los tiempos de producción y en la calidad de los productos, es posible establecer un estándar que facilite la toma de decisiones. La idea de buscar un estándar tiene como objetivo lograr un punto de referencia que permita ajustar un proceso de manera eficiente al programar la producción, de modo que se puedan tomar acciones preventivas.

Cuando los operarios enfrentan incomodidades físicas que pueden afectar su salud y rendimiento, se recomienda realizar ajustes ergonómicos en sus puestos de trabajo. algo sencillo como la reubicación de botones en las máquinas y proporcionar herramientas básicas ajustadas a las necesidades de los trabajadores puede generar mejoras considerables en la productividad, por otro lado, las pausas activas también son una intervención clave, ya que no solo previenen el agotamiento físico, pues también permiten mantener un ritmo de trabajo constante a lo largo de la jornada laboral, mejorando el bienestar general de los trabajadores.

Otra intervención que debe considerarse es la implementación de estudios de métodos y tiempos, ya que en estos estudios se realizan mediciones en diferentes momentos del turno para observar las variaciones en la productividad de los operarios a lo largo del día. Este tipo de análisis permite identificar cuándo los trabajadores son más productivos y cuándo necesitan apoyo adicional o ajustes en sus actividades. A partir de ahí, las empresas pueden ajustar las expectativas de producción y diseñar metas más realistas, lo que genera un entorno de trabajo más positivo y con menos frustración entre los operarios.

En términos de oportunidades de mejora, uno de los factores más importantes es la reducción de tiempos improductivos, pues muchas veces los trabajadores realizan tareas que no están relacionadas directamente con la producción, lo que afecta la eficiencia del proceso. Una posible solución para estos casos podría ser la proporción de herramientas o recursos que le

permitan resolver problemas menores sin depender de terceros, lo cual reducirá los tiempos de inactividad y mejorará la continuidad del flujo productivo.

Finalmente, la estandarización de los reportes de producción y el uso de instructivos claros y detallados son intervenciones fundamentales para asegurar que todos los operarios sigan procedimientos correctos y que los supervisores puedan identificar rápidamente cualquier error o falla en la producción, ya que la falta de datos precisos o de procedimientos bien documentados puede generar errores y confusiones que afectan negativamente la capacidad de producción.

6 Conclusiones

La metodología propuesta en este trabajo permite analizar y mejorar la capacidad de producción en procesos con alta dependencia de la mano de obra, brindando una guía clara y adaptable a diferentes entornos productivos, a pesar de la variabilidad de estos procesos que se deben a factores humanos, es posible llegar a una estimación de la capacidad de producción. Esta estimación no solo ayuda en la toma de decisiones en cuanto a la programación de la producción, pues también promueve un ambiente laboral más justo al establecer metas más realistas y alcanzables para los operarios.

El estudio de métodos y tiempos demostró ser una herramienta valiosa para obtener una visión más precisa de la capacidad productiva, considerando no solo las diferencias individuales entre los trabajadores, ya que también se tienen en cuenta las variaciones en la productividad a lo largo de la jornada laboral. Este tipo de análisis es esencial para cualquier empresa que tenga como objetivo el optimizar su rendimiento, ya que permite identificar áreas de oportunidad tanto en la distribución de la carga de trabajo como en la ergonomía del puesto de trabajo, de esta manera, es posible realizar intervenciones directas que mejoren tanto la eficiencia como el bienestar de los trabajadores.

Se destaca la importancia de evaluar los tiempos improductivos y las pausas activas como parte de las mejoras en la productividad. El análisis de estos tiempos no solo nos permite detectar algunos cuellos de botella y problemas operativos, pues también ofrece la oportunidad de mejorar la ergonomía y reducir el cansancio físico de los operarios, que a su vez mejora la calidad y cantidad de lo producido.

En cuanto a las limitaciones, una de las principales dificultades radica en la variabilidad de los procesos que dependen en gran medida de la mano de obra, sin embargo, con un enfoque más correcto y mediante la implementación constante de estudios de métodos y tiempos, es posible mitigar esa variabilidad y desarrollar algunos estándares que permitan un mejor control de la producción. A pesar de esto, la metodología ofrece algo de flexibilidad, lo cual permite a las empresas poder ajustarla a sus necesidades o características de su propio proceso productivo.

7 Recomendaciones

La metodología propuesta en este estudio, dado que es la primera vez que se implementa, debe ser replicada en varios procesos que sean intensivos en mano de obra, con el propósito de refinarla, identificar oportunidades de mejora y robustecerla. De la misma manera, es importante hacerle seguimiento a los procesos donde se ha implementado a través del análisis de la productividad. Una vez capturados estos datos, será posible hacer análisis estadísticos que permitan evaluar la efectividad de la metodología.

Como recomendación para trabajos futuros, se podría pensar en el desarrollo de un aplicativo que permita simular el rendimiento de este tipo de procesos. Este tipo de herramienta tecnológica sería de gran utilidad para el apoyo en la toma de decisiones en tiempo real, brindando información sobre la capacidad de los operarios y permitiendo predecir las posibles variaciones en el personal, el tipo de producto o incluso factores externos pueden afectar la producción.

8 Referencias

- Área de Prevención de FREMAP. (2014). Manual de Seguridad y Salud en el manejo de herramientas. *Ministerio de empleo y seguridad social*. https://www.usal.es/files/Manual_Seg_ySalud_manejo_herramientas.pdf.
- Arredondo, A., & García, J. (2019). ESTUDIO DE MÉTODOS, TIEMPOS, DISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA TRAZAS INGENIERÍA S.A.S.. *Repositorio Universidad Tecnológica de Pereira*. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/394b6ac4-956b-4f47-ba5f-0be3dc72790e/content>.
- Betancourt, J., Castaño, J., Arroyo, W., Niño, J. (2022). Aplicación del estudio de métodos y tiempos a la mejora de procesos: Caso fábrica La Milagrosa. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/download/4211/4107/33117>.
- Cajigas, R., Ramirez, E. (2019). Capacidad de producción y sostenibilidad en empresas nuevas. *Revista Espacios*. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/a19v40n43p15.pdf>.
- Cartagena, Y. (2017). ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS PARA MEJORAR Y/O FORTALECER LOS PROCESOS EN EL AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA CONFECCIONES GREGORY - IBAGUÉ. *REPOSITORIO UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA*. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/13570/1/1106741136.pdf>
- Dubois, D., & Rothwell, W. (2004). Competency-Based Human Resource Management. *Nicholas Brealey*. <https://books.google.com.co/books?id=5PF8DAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- El Buzón de Pacioli. (2019). Revista del departamento de contaduría y finanzas públicas. *Instituto Tecnológico de Sonora*. <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/SiteAssets/Paginas/numeros/Pacioli-109-eBook.pdf>.
- Elmaghraby, S. (1991). Manufacturing capacity and its measurement: A critical evaluation. *Computer & Operations Research* 18(7) 615 – 627. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/030505489190071X>
- Escorcia, T. (2008). El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado. *Repositorio Universidad Javeriana*. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8212/tesis209.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Hernandez, S. (2008). Herramientas para optimizar la producción en una empresa productora de componentes del automóvil. *REPOSITORIO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE*

CARTAGENA. <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/c68b6d81-35aa-49c7-93cd-eff65dcbbc0c/content>.

Herrera, D. (2021). PROPONER E IMPLEMENTAR UNA ALTERNATIVA PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO IMPRODUCTIVO QUE PERMITA AUMENTAR LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DE LA COMPAÑÍA QUÍMICA ORIÓN S.A.S.. *Repositorio Universidad de Antioquia*. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/22118/10/HerreraDavid_2021_ReducciónTiempoImproductivo.pdf.

Herrera, Y. (2021). Propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos de una empresa de fabricación de vidrios de seguridad, aplicando herramientas Lean Manufacturing. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://upc.aws.openrepository.com/handle/10757/657663>.

ICBF. (2017). Pausas Activas. *Instituto Colombiano de Bienestar Familiar*. https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/procesos/pu1.pg6_gth_publicacion_cartilla_pausas_activas_2018_v1.pdf.

INSST. (2024). MODELOS Y MÉTODOS APLICABLES EN ERGONOMÍA. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN ERGONOMÍA. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. <https://www.insst.es/documents/94886/4155701/Parte%204.%20Ergonom%20C3%ADa%20y%20psicosociolog%20C3%ADa%20aplicada%20FINAL.pdf>.

Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. *Oficina Internacional del trabajo*. <https://teacherke.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>.

Lázaro, M., Maldonado, M., De la Riva, M. (2005). Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo. *Instituto Tecnológico de Cd. Juárez*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7291331.pdf>.

Linares, C. (2020). IMPORTANCIA DE LAS PAUSAS ACTIVAS PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO LABORAL Y PREVENIR GRAVES ENFERMEDADES. *REPOSITORIO UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA*. <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/ea3ef2c-f3a4-4fc8-8b84-5f3850942989/content>.

Marin, D., & Soto, A. (2023). Salud y productividad: Impacto del rediseño ergonómico en la producción de una empresa de fabricación de calzado de Colombia. *Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*. <https://scielo.isciii.es/pdf/medtra/v32n1/1132-6255-medtra-32-01-75.pdf>.

Mendez, J. (2015). LA IMPORTANCIA DEL TALENTO HUMANO EN LA CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS ORGANIZACIONALES. *REPOSITORIO UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA*.

<https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/c2a97365-8ada-4ed8-908b-208e1a9078e3/content>.

- Minepaz, E. (2008). Essentials of Production and Operations Management. *Prentice-Hall*. https://books.google.com.co/books/about/Essentials_of_Production_and_Operations.html?id=edXuAAAAIAAJ&redir_esc=y.
- Palander, T., Nuutinen, Y., Kariniemi, A., Vaatainen, K. (2012). Automatic Time Study Method for Recording Work Phase Times of Timber Harvesting. *Society of American Foresters*. https://www.researchgate.net/publication/260171717_Automatic_Time_Study_Method_for_Recording_Work_Phase_Times_of_Timber_Harvesting.
- Parra, D., Domínguez, F., Herrera, C. (2020). Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias. *Repositorio Universidad Veracruzana*. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2020/09/01CA2020-01.pdf>.
- Patterson, J. (2002). The impact of non-bottleneck variation in a manufacturing cell. *Production Planning & Control*. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/09537280110063726?needAccess=true>.
- Rincon, P. (2023). Importancia del manual de funciones y procedimientos para la comprensión de la estructura organizacional administrativa y operativa para la correcta ejecución laboral. *Repositorio Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/58128/parinconl.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Roldan, P. (2001). Planificación y control de la producción. IDIUC, *Instituto de Investigaciones, Universidad de Cuenca*. <https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/handle/CLACSO/6010>.
- Salamanca, L. (2022). Estado de ánimo y productividad: ¿influyen las emociones en el desempeño laboral?. *Consejo Colombiano de Seguridad*. <https://ccs.org.co/wp-content/uploads/2024/01/Estado-de-animo-y-productividad-PS-404.pdf>.
- Stevenson, W. (2020). OPERATIONS MANAGEMENT 14ED. *McGraw-Hill Higher Education*. https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=13165.
- Suharko, A. (2020). A Capacity Planning through Discrete Event Simulation. *Jurnal PASTI*. <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/pasti/article/view/8579>
- Walker, V., Lemeris, C., Magnuson, K., Sibrizzi, C. (2024). I-REFE diagrams: enhancing transparency in systematic review through interactive reference flow diagrams. *Systematic Reviews*. https://www.researchgate.net/publication/377485457_I-REFE_diagrams_enhancing_transparency_in_systematic_review_through_interactive_reference_flow_diagrams.