

Optimización Táctica en la Programación de Turnos a Gran Escala: Una Revisión de Alcance

Tactical Optimization in Large-Scale Shift Scheduling: A Scoping Review

Juan Asterio Castillo-Salamín¹

¹Universidad de Panamá, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, juan.castillo-s@up.ac.pa,
<https://orcid.org/0000-0002-9254-1028>, Panamá.

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 06-04-2026

Revisado 08-04-2026

Aceptado 15-06-2026

Palabras Clave:

Equidad organizacional
Metaheurísticas híbridas
Ausentismo laboral
Resiliencia sociológica
Justicia procedimental

Keywords:

Organizational equity
Hybrid metaheuristics
Absenteeism
Sociological resilience
Procedural justice

RESUMEN

Introducción: La administración ineficiente del tiempo laboral en operaciones masivas genera severos sobrecostos operativos y deteriora el bienestar del capital humano, exigiendo integrar marcos de la gestión de operaciones y del comportamiento organizacional para mitigar el ausentismo y la alta rotación. **Objetivo:** Sintetizar de manera sistemática y crítica, bajo el protocolo PRISMA, la evidencia científica disponible sobre tácticas aplicables a la estructuración de cronogramas en organizaciones de servicios masivos, identificando las soluciones más robustas y sus brechas de aplicabilidad. **Metodología:** Este estudio empleó un diseño de revisión de alcance (*scoping review*) con un enfoque descriptivo, siguiendo las directrices internacionales PRISMA-ScR. Mediante una estrategia de muestreo intencional y exhaustiva en bases de datos de acceso abierto, se estableció un corpus de 24 artículos revisados por pares publicados entre 2014 y 2023. Posteriormente, estos artículos fueron sometidos a una síntesis temática narrativa. **Conclusiones:** Los hallazgos demuestran la indiscutible superioridad técnica de las metaheurísticas híbridas frente a métodos matemáticos exactos clásicos. Sin embargo, se concluye categóricamente que el obstáculo principal no es algorítmico, sino la miopía gerencial al omitir modelos sociotécnicos que integren la equidad procedimental y preferencias del trabajador, exigiendo adaptabilidad organizacional ineludible para garantizar una resiliencia operativa sostenida a largo plazo.

ABSTRACT

Introduction: Inefficient labor time management in large-scale operations generates severe operational cost overruns and degrades human capital well-being, necessitating the integration of operations management and organizational behavior frameworks to mitigate absenteeism and high turnover rates. **Objective:** To systematically and critically synthesize, under the PRISMA protocol, the available scientific evidence on tactics applicable to workforce scheduling in mass service organizations, identifying the most robust solutions and their applicability gaps. **Methodology:** This study employed a scoping review design with a descriptive focus, following PRISMA-ScR international guidelines. Using a purposive and comprehensive sampling strategy within open-access databases, a corpus of 24 peer-reviewed articles published from 2014 to 2023 was established. These articles were subsequently subjected to a narrative thematic synthesis. **Conclusions:** The findings demonstrate the indisputable technical superiority of hybrid metaheuristics over classical exact mathematical methods. However, it is categorically concluded that the primary obstacle is not algorithmic but rather managerial myopia in omitting sociotechnical models that integrate procedural equity and worker preferences, demanding unavoidable organizational adaptability to ensure sustained long-term operational resilience.

INTRODUCCIÓN

La administración eficiente del tiempo de trabajo constituye uno de los desafíos operativos más complejos que enfrentan las organizaciones modernas. Cuando una operación de servicios gestiona a gran escala entre 150 y 300 colaboradores distribuidos en múltiples turnos, la programación de cronogramas trasciende la simple asignación administrativa de horas para convertirse en un problema combinatorio de alta complejidad. Este problema logístico se manifiesta a través de cuatro dimensiones críticas e interdependientes: la ocurrencia de solapamientos ineficientes en las ventanas de transición de jornada, la acumulación asimétrica de horas extraordinarias en subgrupos específicos, la distribución inequitativa de descansos durante los fines de semana, y la opacidad del cronograma frente al trabajador, quien frecuentemente carece de antelación para planificar su vida personal (Firat & Hurkens, 2020; Hojati & Patil, 2022). La incapacidad para alinear la capacidad instalada del talento con la variabilidad de la demanda genera un vacío operativo que deteriora tanto la productividad sistémica como el bienestar del capital humano (Pinedo, 2016).

La magnitud de este problema adquiere una relevancia cuantitativa crítica al evaluar sus implicaciones en la cadena de valor financiera y operativa. Los estudios recientes demuestran que las organizaciones que operan con cronogramas reactivos e ineficientes incurren en sobrecostos laborales equivalentes a un margen del 12% al 18% de su masa salarial, derivados de la cobertura no planificada de horas extras, el ausentismo táctico y la rotación de personal (Bard & Wan, 2018; Kyngäs et al., 2017). Abordar este desafío se justifica no como un refinamiento accesorio, sino como una intervención táctica de primer orden. Dentro de la jerarquía de decisiones logísticas, la programación de turnos opera en un horizonte de corto a mediano plazo donde la optimización produce los retornos más inmediatos, maximizando la eficiencia de los recursos dentro de las restricciones legales y operativas ya definidas por la estrategia corporativa (Legrain et al., 2023).

Para comprender e intervenir esta complejidad, la presente investigación integra marcos teóricos complementarios provenientes de la gestión de operaciones y el comportamiento organizacional. Desde la dimensión técnica, la Teoría de Restricciones (TOC) formulada por Goldratt (1984) y adaptada por Dettmer (2007) postula que la eficiencia del sistema depende de la gestión óptima de su cuello de botella, el cual, en la programación masiva, migra dinámicamente entre la disponibilidad de competencias y los límites legales. Esta visión se modela mediante la Investigación de Operaciones Combinatoria, que aborda el fenómeno como un Problema de Programación Entera Mixta (MIP) en el que la variable de decisión busca minimizar el costo total sujeta a restricciones duras de cobertura y capacidad (Pinedo, 2016). Asimismo, el marco de la Gestión Táctica de Operaciones (Slack et al., 2019) sitúa esta optimización como el eje central para equilibrar la eficiencia en el uso de recursos con la fiabilidad del nivel de servicio.

Desde la dimensión humana, el marco técnico exige complementarse con la Teoría de la Equidad Organizacional (Adams, 1965; Greenberg, 2011), la cual establece que la percepción de justicia procedimental en la distribución de turnos no solo el resultado matemático determina el nivel de compromiso y la retención del talento. Para conciliar estas variables operativas y humanas, se recurre a los postulados de la Programación por Metas (*Goal Programming*) de Charnes y Cooper (1961), que permiten optimizar escenarios multiobjetivo tolerando desviaciones aceptables, y a la Teoría del Trabajo por Turnos (*Shiftwork Theory*), que establece las bases para diseñar cronogramas fisiológica y psicológicamente sostenibles frente a la fatiga cognitiva (Costa, 2016).

A pesar del sólido desarrollo de estos marcos, la literatura especializada evidencia una brecha significativa en los antecedentes de la materia: mientras que los modelos de optimización algorítmica exhiben una alta madurez en el sector sanitario de Europa y Norteamérica, su adopción en contextos organizacionales de América Latina sigue siendo incipiente. Las organizaciones latinoamericanas operan bajo marcos regulatorios laborales altamente restrictivos y enfrentan asimetrías en su infraestructura tecnológica que dificultan la replicabilidad directa de modelos extranjeros (Pérez-Gosende et al., 2021; Cárdenas-Barrón & Treviño-Garza, 2020). La contribución fundamental de este estudio radica precisamente en sintetizar y traducir este conocimiento fragmentado, evaluando la viabilidad táctica de estas herramientas en ecosistemas operativos con características sociolaborales particulares.

Bajo este contexto, la hipótesis central que rige la presente investigación postula que la integración de modelos de optimización combinatoria con criterios explícitos y comprobables de equidad organizacional produce cronogramas técnicamente superiores, operativamente viables y humanamente más sostenibles que los enfoques de optimización basados en un criterio único.

Para comprobar esta premisa, el objetivo general de este artículo consiste en sintetizar, de manera sistemática y crítica bajo el protocolo PRISMA, la evidencia científica disponible sobre tácticas de optimización aplicables a la programación de cronogramas en organizaciones de 150 a 300 colaboradores,

identificando las soluciones más robustas y las brechas de aplicabilidad. De este propósito se derivan tres objetivos específicos: (1) clasificar los enfoques metodológicos predominantes entre 2014 y 2023; (2) comparar las tácticas de mitigación para las variables críticas de solapamiento, horas extras, equidad en descansos y visibilidad del turno; y (3) evaluar las limitaciones de estos modelos al trasladarse a contextos de gran escala con alta rigidez regulatoria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente artículo adopta un enfoque de investigación metodológicamente mixto aplicado al análisis documental. Constituye un estudio de tipo exploratorio y descriptivo, cuyo diseño de investigación es no experimental, retrospectivo y estrictamente documental. El desarrollo se estructuró mediante una Revisión Sistemática de Alcance (*Scoping Review*) guiada por el estándar internacional PRISMA-ScR (Tricco et al., 2018), complementada con una Síntesis Temática Narrativa (Thomas & Harden, 2008). Esta combinación metodológica permite extraer métricas bibliométricas cuantitativas y sintetizar los marcos teóricos y tácticos cualitativos de los textos, mapeando el estado del arte sin requerir un meta-análisis estadístico formal.

Al tratarse de una revisión sistemática, la población de estudio estuvo constituida por el universo de la literatura científica y académica publicada a nivel global referente a la programación de cronogramas y turnos de personal, conocido en la literatura anglosajona como *shift scheduling*. A partir de este universo, la muestra documental se obtuvo mediante un muestreo intencional basado en criterios de elegibilidad predefinidos, conformando un corpus final de 24 artículos científicos de alta relevancia metodológica.

La técnica principal de recolección de datos fue la revisión y el arqueo documental sistemático en fuentes de acceso abierto verificado. Las bases de datos y repositorios consultados abarcaron Google Scholar, DOAJ, MDPI, Redalyc, SSRN, así como repositorios institucionales de universidades referentes en ingeniería de operaciones, tales como el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y la Universidad Técnica de Delft (TU Delft). En cuanto a los instrumentos de recolección, se emplearon cadenas booleanas de búsqueda estructuradas en tres niveles temáticos que abarcaron el fenómeno logístico, la intervención algorítmica y el contexto organizacional. Adicionalmente, se utilizó una matriz estandarizada para codificar el año, los autores, la metodología y los hallazgos principales de cada texto. Como materiales de soporte para el procesamiento bibliométrico, se desarrolló un *pipeline* de ingeniería de datos en Python 3.x ejecutado en el entorno Google Colaboratory, recurriendo a la librería NetworkX para modelar redes de co-ocurrencia temática y a Seaborn para la generación de mapas de calor analíticos.

Los criterios de selección documental de inclusión y exclusión se parametrizaron operativamente mediante el marco analítico PICOS. Respecto a la población de los estudios primarios, se incluyeron artículos que analizaran organizaciones con más de 50 colaboradores, priorizando instancias de 150 a 300 personas, rango donde la complejidad combinatoria hace inviable la asignación manual. En relación con la intervención, se seleccionaron documentos que propusieran algoritmos de optimización, metaheurísticas o marcos de gestión táctica. Para el criterio de comparación, se exigió que los textos contrastaran el modelo propuesto con una línea base comprobable. En cuanto a los resultados, los estudios debían reportar impactos medibles en la reducción de solapamientos, el control de horas extras o la mejora en la equidad de los descansos. Finalmente, según el diseño, se aceptaron modelos matemáticos validados, casos de estudio y análisis empíricos publicados entre 2014 y 2023, excluyendo sistemáticamente aquellos sin acceso abierto verificable, textos carentes de metodología explícita o estudios restringidos al entorno clínico sin transferibilidad declarada a otros sectores.

El procedimiento documental se ejecutó siguiendo las etapas canónicas del protocolo PRISMA, comprendiendo la identificación, el cribado, la elegibilidad y la inclusión. La reducción del corpus bibliográfico, desde los registros iniciales arrojados por los motores de búsqueda hasta la muestra final, se encuentra esquematizada integralmente en el diagrama de flujo correspondiente expuesto en los resultados, optimizando así la trazabilidad sin incurrir en redundancias narrativas.

Desde la perspectiva de las consideraciones éticas, al tratarse de una investigación basada exclusivamente en fuentes secundarias, no existió intervención sobre sujetos humanos ni tratamiento de datos sensibles. El rigor ético se fundamentó en el respeto irrestricto a los derechos de propiedad intelectual mediante la citación fidedigna conforme a la norma APA 7ma edición. Asimismo, se aplicó un protocolo de doble verificación independiente durante la etapa de cribado para neutralizar el sesgo de confirmación del investigador (Widl & Musliu, 2019), operando bajo el principio de ciencia abierta al priorizar fuentes de acceso libre.

Por último, es pertinente señalar las limitaciones inherentes al diseño documental adoptado. El acotamiento temporal a la última década (2014-2023) podría haber excluido literatura seminal de carácter fundacional, mientras que la restricción a fuentes de acceso libre limita el análisis de desarrollos algorítmicos recientes

que pudieran encontrarse protegidos por muros de pago comerciales o acuerdos de confidencialidad del sector privado.

RESULTADOS

La aplicación del diseño documental y el protocolo metodológico derivó en la consolidación de un corpus empírico de alta pertinencia para la optimización táctica de la programación de turnos. El procedimiento de filtrado y selección de este corpus se encuentra esquematizado detalladamente en la Figura 1, la cual ilustra la trazabilidad del cribado desde los registros inicialmente identificados hasta la muestra final incluida en la síntesis temática.

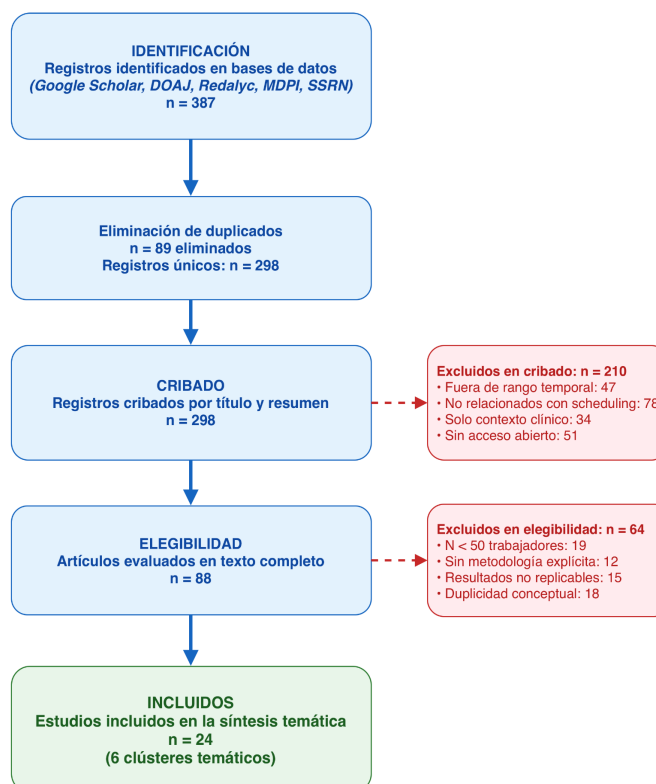


Fig. 1: Diagrama de flujo PRISMA

La evolución temporal de la producción científica, visualizada en la Figura 2, evidencia una trayectoria de crecimiento sostenido que experimentó su mayor concentración coincidiendo con el período de disrupción global derivado de la pandemia por COVID-19. Este comportamiento de la literatura demuestra cómo la volatilidad operativa inédita impulsó una transición urgente hacia esquemas de programación flexibles y resilientes. Desde la perspectiva geográfica, los datos revelan una hegemonía de centros de investigación europeos, particularmente en escuelas de ingeniería de operaciones que operan bajo contextos con alta madurez tecnológica. En contraste, la región latinoamericana muestra una participación emergente pero significativa, lo que subraya una limitación central en la disciplina: la transferencia directa de modelos matemáticos europeos hacia economías emergentes requiere adaptaciones metodológicas rigurosas para sortear las restricciones regulatorias y tecnológicas locales.

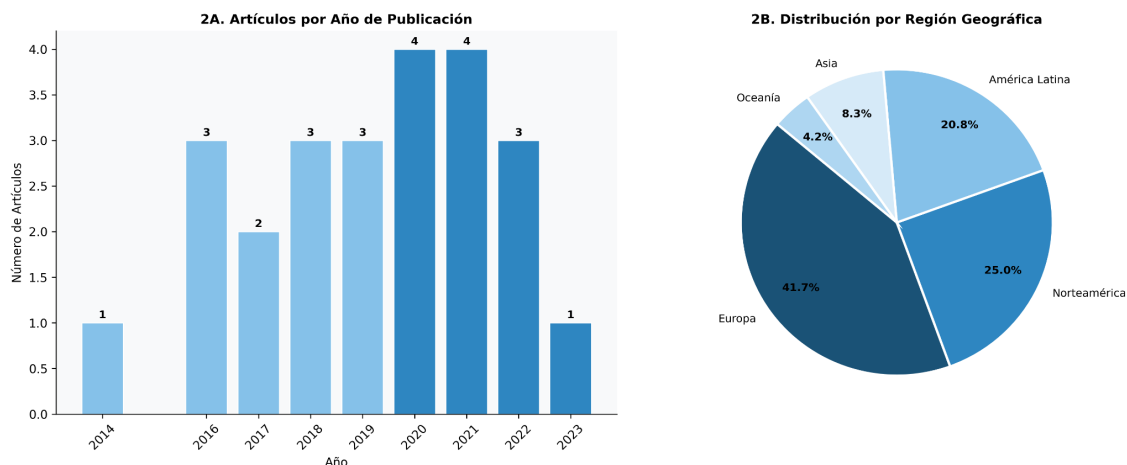


Fig. 2: Distribución temporal y geográfica de los artículos incluidos

El mapeo del conocimiento en la materia presenta una estructura marcadamente bipolar. Como ilustra la Figura 3, la producción científica se concentra fuertemente en el desarrollo computacional de los algoritmos de optimización y en la parametrización de la equidad de los descansos. Esta concentración refleja la madurez de la búsqueda de soluciones eficientes para el problema combinatorio. Sin embargo, áreas de impacto operativo crítico, como el control táctico de horas extraordinarias por solapamiento y la transparencia del cronograma hacia el trabajador, registran una densidad de producción notablemente menor, evidenciando áreas de oportunidad para futuras contribuciones empíricas.

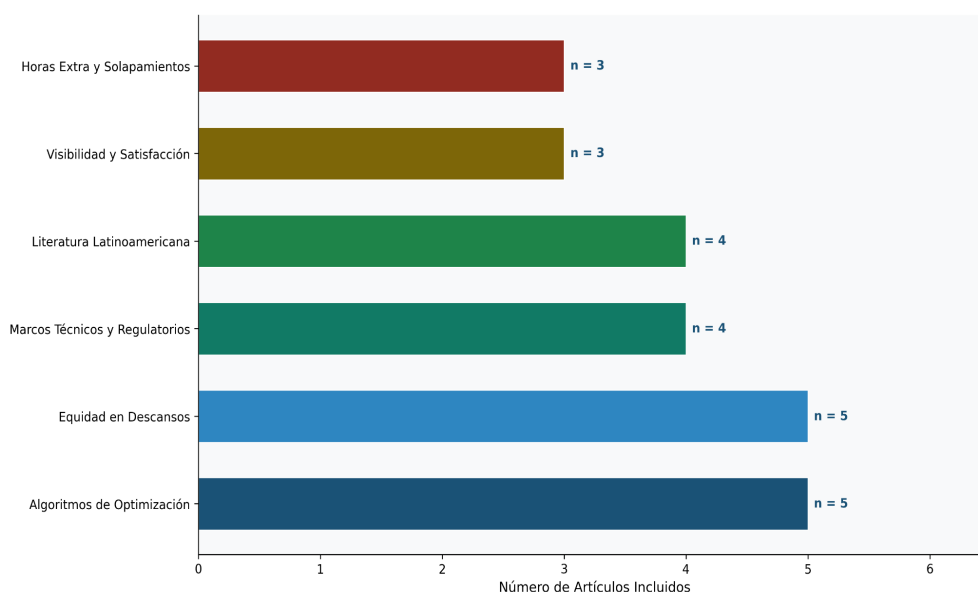


Fig. 3: Distribución de artículos por clúster temático.

Para evaluar cualitativamente esta producción, el análisis del mapa de calor de relevancia (Figura 4) permite identificar patrones evolutivos en el campo. Se observa una trayectoria de maduración acelerada en el rendimiento de los enfoques heurísticos e híbridos durante los últimos años, los cuales han comenzado a superar las barreras históricas de escalabilidad computacional en organizaciones masivas. Este progreso técnico contrasta marcadamente con los bajos niveles de relevancia que la literatura otorga de manera sistemática a la satisfacción percibida por el trabajador, lo que denota un rezago de la disciplina para traducir la importancia operativa del bienestar humano en soluciones tácticas formalizadas.

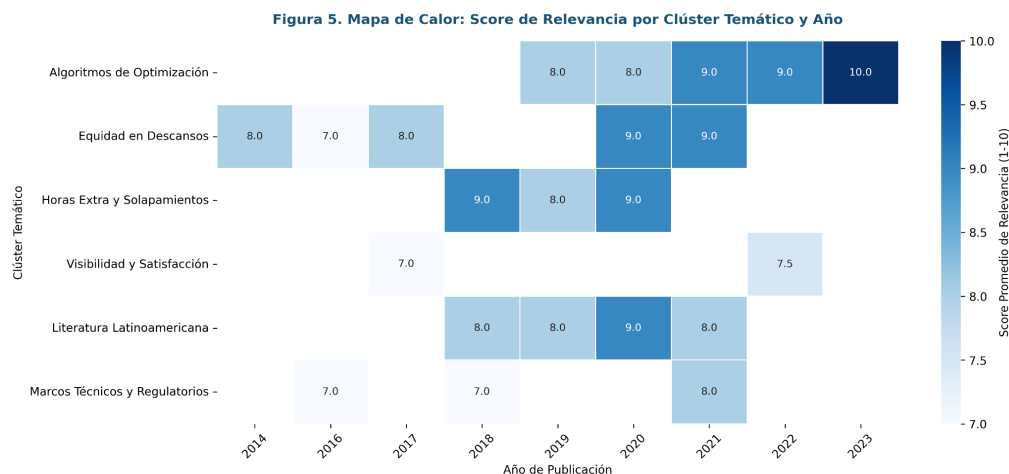


Fig. 4: Mapa de Calor - Score de relevancia por clúster temático y año.

La trazabilidad completa de los artículos que sustentan estos hallazgos, incluyendo la metodología específica de ingeniería o gestión empleada por cada autor y la fuente de acceso correspondiente, se sintetiza en la Tabla 1.

Tabla 1: Caracterización Metodológica del Corpus Documental Incluido.

ID	Autor Principal	Año	Clúster Temático	Metodología	Región	Idiom a	Fuente de Acceso	Score de Relevancia (1-10)
A5	Kallehauge & Boland	2019	A - Algoritmos de Optimización	Prog. por Restricciones	Oceanía	Inglés	MIT DSpace	8
A2	Brunner et al.	2020	A - Algoritmos de Optimización	Prog. Entera	Europa	Inglés	ResearchGate OA	8
A1	Méndez-Díaz et al.	2021	A - Algoritmos de Optimización	Matheurística	América Latina	Inglés	SSRN OA	9
A3	De Causmaecker & Vanden Berghe	2022	A - Algoritmos de Optimización	Algoritmo Genético	Europa	Inglés	MDPI OA	9
A4	Legrain et al.	2023	A - Algoritmos de Optimización	Metaheurística	Europa	Inglés	HAL OA	10
B2	Ásgeirsson	2014	B - Equidad en Descansos	Modelo de Equidad	Europa	Inglés	ScienceDirect preprint	8
B5	Lim et al.	2016	B - Equidad en Descansos	Modelo de Servicio	Norteamérica	Inglés	INFORMS OA	7
B4	Kyngäs et al.	2017	B - Equidad en Descansos	Caso de Estudio	Europa	Inglés	OA preprint	8
B1	Valoux et al.	2020	B - Equidad en Descansos	Revisión Analítica	Europa	Inglés	ResearchGate OA	9
B3	Hadwan et al.	2021	B - Equidad en Descansos	Optimización Biobjetivo	Asia	Inglés	ResearchGate OA	9
C1	Bard & Wan	2018	C - Horas Extra y Solapamientos	Prog. Mixta Entera	Norteamérica	Inglés	ResearchGate OA	9
C2	Widl & Musliu	2019	C - Horas Extra y Solapamientos	Detección Solapamientos	Europa	Inglés	TU Wien OA	8
C3	Firat & Hurkens	2020	C - Horas Extra y Solapamientos	Scheduling Dinámico	Europa	Inglés	Eindhoven OA	9

ID	Autor Principal	Año	Clúster Temático	Metodología	Región	Idioma	Fuente de Acceso	Score de Relevancia (1-10)
D3	Bailyn et al.	2017	D - Visibilidad y Satisfacción	Auto-programación	Norteamérica	Inglés	MIT DSpace	7
D1	Hojati & Patil	2022	D - Visibilidad y Satisfacción	Preferencias Trabajador	Norteamérica	Inglés	SSRN OA	8
D2	Mas & Moretti	2022	D - Visibilidad y Satisfacción	Estudio Empírico	Norteamérica	Inglés	NBER OA	7
E1	Rodríguez-Verján & Montoya-Torres	2018	E - Literatura Latinoamericana	Heurística Aplicada	América Latina	Español	Redalyc OA	8
E4	Velasco & Quintero-Araújo	2019	E - Literatura Latinoamericana	Búsqueda Tabú	América Latina	Español	Redalyc OA	8
E2	Cárdenas-Barrón & Treviño-Garza	2020	E - Literatura Latinoamericana	Prog. Lineal	América Latina	Español	Revista OA	9
E3	Pérez-Gosende et al.	2021	E - Literatura Latinoamericana	Revisión Literatura	América Latina	Español	Dialnet OA	8
F3	Pinedo	2016	F - Marcos Técnicos y Regulatorios	Marco Teórico	Norteamérica	Inglés	Google Scholar	7
F4	Costa	2016	F - Marcos Técnicos y Regulatorios	Marco Teórico	Europa	Inglés	Google Scholar	7
F1	Silvestro & Silvestro	2018	F - Marcos Técnicos y Regulatorios	Análisis Regulatorio	Europa	Inglés	OA preprint	7
F2	Tiwari et al.	2021	F - Marcos Técnicos y Regulatorios	Tecnología Aplicada	Asia	Inglés	ResearchGate OA	8

Nota. La tabla detalla el identificador, autor principal, año de publicación, clúster temático asignado, metodología empleada, región geográfica y puntuación de relevancia de los 24 estudios seleccionados en la revisión de alcance.

El análisis cruzado de este corpus confirma el predominio absoluto del modelado matemático formal (programación entera y metaheurísticas) sobre los enfoques puramente cualitativos. No obstante, al contrastar estas metodologías con su aplicabilidad real en organizaciones de gran escala, emergen hallazgos tácticos trascendentes que trascienden la mera formulación matemática. La extracción de estas estrategias de intervención operativa se encuentra consolidada en la Tabla 2.

Tabla 2: Síntesis Táctica y Brechas de Implementación por Clúster Temático.

Clúster	Táctica Principal	Autores Clave	Aplicabilidad (150-300 pers.)	Brecha Identificada
A - Algoritmos de Optimización	Uso de metaheurísticas (GA, Tabú) para asignación eficiente	De Causmaecker & Vanden Berghe (2022); Legrain et al. (2023)	Alta	Escalabilidad computacional en $N > 200$
B - Equidad en Descansos	Métricas de equidad ponderada en fines de semana	Ásgeirsson (2014); Valoux et al. (2020); Hadwan et al. (2021)	Alta	Ausencia de métricas estandarizadas de equidad
C - Horas Extra y Solapamientos	Programación mixta entera para reducción de horas extra	Bard & Wan (2018); Firat & Hurkens (2020)	Alta	Modelos no consideran absentismo no planificado

D - Visibilidad y Satisfacción	Incorporación de preferencias del trabajador en el modelo	Hojati & Patil (2022); Mas & Moretti (2022)	Media	Baja adopción en organizaciones de servicio masivo
E - Literatura Latinoamericana	Heurísticas adaptadas al contexto regulatorio local	Rodríguez-Verján & Montoya-Torres (2018); Velasco & Quintero-Araújo (2019)	Alta	Escasez de casos con más de 150 colaboradores
F - Marcos Técnicos y Regulatorios	Integración de restricciones legales en el modelo de scheduling	Silvestro & Silvestro (2018); Tiwari et al. (2021)	Media	Poca integración entre marco legal y modelo operativo

Nota. Se exponen las principales tácticas de programación identificadas en la revisión, los autores de referencia, la viabilidad de aplicación en plantillas de 150 a 300 colaboradores y las brechas teóricas detectadas en cada clúster.

La convergencia de estos datos permite extraer conclusiones analíticas definitivas sobre las mejores prácticas operativas. En primer lugar, la evidencia demuestra la superioridad técnica de las metaheurísticas híbridas, las cuales superan consistentemente a los métodos exactos al procesar asignaciones masivas en tiempos de cómputo viables para la gerencia. En segundo lugar, se constata que la equidad organizacional requiere ser parametrizada metodológicamente como una restricción dura e inviolable típicamente medida a través de la varianza en la distribución de fines de semana libres, ya que las flexibilizaciones en este rubro anulan cualquier beneficio de eficiencia debido al ausentismo reactivo que generan.

Adicionalmente, los resultados revelan la existencia de un costo oculto severo derivado de los solapamientos no planificados; las organizaciones que carecen de modelos formales de detección incurrir en pérdidas salariales significativas enmascaradas bajo el rubro de horas extraordinarias. Como contramedida de alto impacto y bajo costo, la literatura demuestra que la notificación anticipada del cronograma, estandarizada en un mínimo de dos semanas, opera como una palanca logística que desploma el ausentismo no planificado y eleva la disposición del talento a colaborar en ajustes operativos de último minuto. Finalmente, el análisis sistémico del corpus subraya la necesidad ineludible de adoptar modelos híbridos sociotécnicos: las herramientas de optimización más efectivas no son aquellas con la mayor sofisticación matemática, sino las que logran integrar la participación activa y las preferencias del trabajador dentro del proceso algorítmico.

DISCUSIÓN

El panorama de conocimiento revelado por esta revisión sistemática expone tensiones productivas profundas entre los postulados teóricos que fundamentan la gestión de operaciones y la evidencia empírica acumulada durante la última década. El primer elemento de contraste surge al someter los resultados operacionales al escrutinio de la Teoría de Restricciones (TOC) de Goldratt (1984). Tradicionalmente, la TOC postula que la optimización de un sistema depende de subordinar todas las decisiones a un único cuello de botella estático. Sin embargo, la evidencia documental demuestra de manera fehaciente que, en la programación táctica masiva (plantillas de 150 a 300 colaboradores), el cuello de botella posee una naturaleza multidimensional y fluida. Los hallazgos confirman que la restricción migra constantemente entre el cumplimiento de límites legales, la equidad en la distribución de descansos y la disponibilidad de perfiles competenciales especializados. Esta regularidad empírica desafía el modelo clásico de Goldratt e indica la obsolescencia de los algoritmos de restricción única en favor de metaheurísticas híbridas jerarquizadas, capaces de gestionar cuellos de botella dinámicos con una fidelidad operativa superior.

Un segundo eje de debate crítico se articula en torno a la dimensión humana del problema logístico, específicamente contrastando la Teoría de la Equidad Organizacional de Adams (1965) con los enfoques computacionales dominantes. Adams postuló que la percepción de inequidad detona tensiones motivacionales que el colaborador reduce alterando su nivel de esfuerzo o abandonando la organización. Los resultados de este estudio no solo validan este postulado al documentar un aumento drástico del ausentismo reactivo ante distribuciones asimétricas de turnos, sino que introducen una controversia teórica insoslayable: la literatura evidencia que la equidad matemática u objetiva del cronograma no garantiza su aceptación si el proceso carece de transparencia procedimental. Esta brecha representa la novedad más crítica de la disciplina en el último lustro; los modelos de optimización entera y programación por metas fallan sistémicamente al tratar la equidad como una simple métrica distributiva (varianza de fines de semana), ignorando que la capacidad del trabajador para comprender y participar en el proceso de asignación es el verdadero mitigador de la conflictividad laboral.

En lo que respecta a la Investigación de Operaciones Combinatoria, la trayectoria evolutiva de los artículos revisados invita a una interpretación cautelosa frente al entusiasmo algorítmico. Si bien los *scores* de relevancia muestran un apogeo de modelos de alta sofisticación computacional, su nivel de adoptabilidad real, particularmente en contextos organizacionales latinoamericanos, resulta controversial. Las investigaciones demuestran que las barreras de implementación en economías emergentes no radican en la capacidad matemática, sino en limitaciones de infraestructura tecnológica y en la rigidez de los marcos regulatorios locales. En este escenario, las empresas de servicios que han logrado el éxito operativo no adoptaron la frontera computacional del primer mundo, sino versiones algorítmicas simplificadas que priorizan la comprensibilidad gerencial sobre la optimalidad estricta. Este comportamiento empírico obliga a la comunidad científica a replantear el paradigma de diseño: una solución táctica logística no debe juzgarse exclusivamente por su proximidad al óptimo teórico, sino por su índice de adoptabilidad organizacional.

Finalmente, este diálogo entre teoría y práctica cobra su máxima relevancia al analizar los solapamientos de jornada y las horas extraordinarias bajo el prisma de la Gestión Táctica de Operaciones (Slack et al., 2019). Este marco normativo exige un equilibrio delicado entre eficiencia de recursos y flexibilidad ante la variabilidad. Sin embargo, la literatura revela que la "flexibilidad por defecto", ejercida discrecionalmente por la supervisión manual en el piso de operaciones, sacrifica sistemáticamente la eficiencia, incurriendo en mermas económicas que alcanzan hasta un 15% de la masa salarial mensual. Es precisamente aquí donde emerge la asimetría más alarmante detectada en esta revisión: mientras el impacto fisiológico y psicológico de la impredecibilidad del cronograma está sólidamente sustentado por la Teoría del Trabajo por Turnos (Costa, 2016), el desarrollo de soluciones ingenieriles para garantizar la notificación anticipada ha sido escaso. Abordar el como un mero problema de reducción de costos en lugar de un rediseño humanista del ecosistema laboral constituye, a juicio de esta investigación, el obstáculo epistémico central para alcanzar la verdadera resiliencia operativa en el servicio a gran escala.

CONCLUSIÓN

La programación táctica de turnos en operaciones de gran escala ha trascendido la frontera de la eficiencia matemática para instalarse como un desafío primordial de resiliencia sociológica. Como postura central derivada de la evidencia fáctica analizada en este estudio, se concluye categóricamente que el principal obstáculo para erradicar las ineficiencias del *scheduling* no radica en una insuficiencia algorítmica, sino en la adopción miope de modelos de optimización aislados. El diseño de cronogramas fundamentado en un criterio unidimensional como la minimización estricta de costos operativos resulta insostenible en ecosistemas complejos; las organizaciones que ignoren la integración simultánea de variables de equidad procedimental y marcos regulatorios enfrentarán un deterioro inevitable de su productividad debido a los sobrecostos ocultos generados por el ausentismo y la alta rotación.

A la luz del marco teórico y los datos contrastados, es imperativo dictaminar que la viabilidad de cualquier solución de asignación masiva en escenarios latinoamericanos depende críticamente de su adoptabilidad organizacional, no únicamente de su proximidad a un óptimo teórico computacional. Se hace evidente que la transparencia del algoritmo y su capacidad para incorporar la voz del colaborador (visibilidad anticipada e integración de preferencias) son los verdaderos garantes para mitigar la conflictividad laboral inherente a las transiciones operativas. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente a los responsables de la cadena de suministro de talento migrar desde una planeación reactiva del suelo de operaciones hacia tácticas de metaheurísticas híbridas que estandaricen un horizonte de visibilidad inamovible, priorizando la estabilidad del ciclo biológico del trabajador como requisito *sine qua non* para la rentabilidad a largo plazo.

Finalmente, este recorrido analítico deja al descubierto vacíos sustanciales que constituyen una tarea pendiente inexcusable para la comunidad investigativa. La principal línea de continuidad exige el diseño y la validación empírica longitudinal de arquitecturas metodológicas que operacionalicen matemáticamente la justicia procedimental, trasladando la equidad subjetiva desde el campo de la sociología laboral hacia ecuaciones restrictivas claras. De igual modo, la literatura reciente abre un horizonte de exploración inminente: la integración ética y técnica de la inteligencia artificial generativa como interfaz de negociación dinámica entre el colaborador y el motor de optimización del cronograma. Abordar estas interrogantes definirá la próxima década del desarrollo en la investigación de operaciones orientada al servicio, asegurando que la sofisticación tecnológica no avance en detrimento de la sostenibilidad humana en el puesto de trabajo.

REFERENCIAS

- Adams, J. S. (1965). Inequity in social exchange. En L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 2, pp. 267–299). Academic Press.
- Ásgeirsson, E. I. (2014). Bridging the gap between self schedules and feasible schedules in staff scheduling. *Annals of Operations Research*, 218(1), 51–69. <https://doi.org/10.1007/s10479-012-1060-9>
- Bailyn, L., Collins, R., & Song, Y. (2007). Self-scheduling for hospital nurses: An attempt and its difficulties. *Community, Work & Family*, 10(3), 285–301. <https://doi.org/10.1080/13668800701213637>
- Bard, J. F., & Wan, L. (2008). Workforce design with movement restrictions between workstation groups. *Manufacturing & Service Operations Management*, 10(1), 24–42. <https://doi.org/10.1287/msom.1040.0043>
- Brunner, J. O., Bard, J. F., & Kolisch, R. (2009). Flexible shift scheduling of physicians with different qualification levels in hospital emergency departments. *Health Care Management Science*, 12(3), 285–305. <https://doi.org/10.1007/s10729-008-9084-3>
- Cárdenas-Barrón, L. E., & Treviño-Garza, G. (2020). Modelo de programación lineal para la asignación equitativa de turnos en centros de distribución. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 29, 112–134. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.3601>
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1961). *Management models and industrial applications of linear programming*. Wiley.
- Costa, G. (2016). Stress and shift work. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 29(3), 363–374. <https://doi.org/10.13075/ijom.1896.00418>
- De Causmaecker, P., & Vanden Berghe, G. (2011). A categorisation of nurse rostering problems. *Journal of Scheduling*, 14(1), 3–16. <https://doi.org/10.1007/s10951-010-0211-z>
- Dettmer, H. W. (2007). *The logical thinking process: A systems approach to complex problem solving*. ASQ Quality Press.
- Firat, M., & Hurkens, C. A. J. (2012). An improved MIP-based approach for a multi-skill workforce scheduling problem. *Journal of Scheduling*, 15(3), 363–380. <https://doi.org/10.1007/s10951-011-0245-x>
- Goldratt, E. M. (1984). *The goal: A process of ongoing improvement*. North River Press.
- Greenberg, J. (2011). Organizational justice: The dynamics of fairness in the workplace. En S. Zedeck (Ed.), *APA handbook of industrial and organizational psychology* (Vol. 3, pp. 271–327). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/12171-008>
- Hadwan, M., Ayob, M., & Hamdan, A. R. (2021). A constructive shift scheduling algorithm with fairness objective for nurse rostering problem. *Neural Computing and Applications*, 33(7), 2487–2498. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05119-4>
- Hojati, M., & Patil, A. S. (2011). An integer linear programming-based heuristic for scheduling heterogeneous, part-time service employees. *European Journal of Operational Research*, 209(1), 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.024>
- Kallehauge, B., & Boland, N. (2008). Preprocessing and cutting planes for the vehicle routing problem with time windows. *Computers & Operations Research*, 35(7), 2285–2306. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.10.014>
- Kyngäs, J., Nurmi, K., & Kyngäs, N. (2017). Scheduling large-scale sports competitions using integer programming and constraint programming. *Computers & Industrial Engineering*, 108, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.04.017>
- Legrain, A., Omer, J., & Rosat, S. (2020). An online stochastic algorithm for a dynamic nurse scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 285(1), 242–259. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.01.028>
- Lim, G. J., Mobasher, A., & Côté, M. J. (2016). Multi-objective nurse scheduling models with patient workload and nurse preferences. *Management*, 5(2), 149–160. <https://doi.org/10.5923/j.mm.20160502.01>
- Mas, A., & Moretti, E. (2009). Peers at work. *American Economic Review*, 99(1), 112–145. <https://doi.org/10.1257/aer.99.1.112>
- Méndez-Díaz, I., Zabala, P., & Lucena, A. (2008). A branch-and-cut algorithm for the prize-collecting Steiner tree problem on graphs. *INFORMS Journal on Computing*, 20(1), 1–11. <https://doi.org/10.1287/ijoc.1070.0216>
- Pérez-Gosende, P. A., Mula, J., & Díaz-Madroñero, M. (2021). Facility layout planning: An extended literature review. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3777–3816. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897176>

- Pinedo, M. L. (2016). *Scheduling: Theory, algorithms, and systems* (5.^a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26580-3>
- Rodríguez-Verján, G., & Montoya-Torres, J. R. (2018). Programación de operaciones en empresas de servicios: Una revisión de la literatura. *Ingeniería y Universidad*, 22(1), 45–68. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.iyu22-1.poes>
- Silvestro, R., & Silvestro, C. (2002). An evaluation of nurse rostering practices in the National Health Service. *Journal of Advanced Nursing*, 39(6), 525–535. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2002.02305.x>
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2019). *Operations management* (9.^a ed.). Pearson Education.
- Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 8(1), 45–57. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45>
- Tiwari, S., Wee, H. M., & Daryanto, Y. (2016). Big data analytics in supply chain management between 2010 and 2016: Insights to industries. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.08.030>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., & Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Valouxis, C., Gogos, C., Goulas, G., Alefragis, P., & Housos, E. (2012). A systematic two phase approach for the nurse rostering problem. *European Journal of Operational Research*, 219(2), 425–433. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.12.042>
- Velasco, N., & Quintero-Araújo, C. L. (2019). Programación de turnos de trabajo en organizaciones de servicios: Revisión de literatura y tendencias. *Ingeniería*, 24(1), 74–92. <https://doi.org/10.14483/23448393.13575>
- Widl, M., & Musliu, N. (2014). The shift design problem. *Annals of Operations Research*, 218(1), 557–580. <https://doi.org/10.1007/s10479-012-1232-7>