

# *Timetabling in Universities: A Contribution to the Effective Management of Resources. Case Study: Systems and Computing Engineering (UPTC)*

Jorge-Sebastián Mejía-López; Juan-Sebastián González-Sanabria

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

{jorge.mejia02; juansebastian.gonzalez}@uptc.edu.co

**Abstract-** *A web-based system was developed to automate the generation of academic timetables for the Systems Engineering Program at UPTC, integrating student preference data and institutional constraints. Using a heuristic algorithm and a satisfaction matrix derived from a student survey, the system prioritizes preferred time slots while avoiding scheduling conflicts. The backend was built with FastAPI (Python) and the frontend with Vue.js. The tool was validated through comparative analysis against the official timetable, showing improved efficiency, fewer conflicts, and increased alignment with student needs. Results support the adoption of automated scheduling systems in complex academic environments.*

**Keywords--** Academic Timetabling, Student Preferences, Heuristic Algorithms.

# *Timetabling en Universidades, un aporte a la gestión efectiva de recursos. Caso de estudio: Ingeniería de Sistemas y Computación (UPTC)*

Jorge-Sebastián Mejía-López; Juan-Sebastián González-Sanabria

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

{jorge.mejia02; juansebastian.gonzalez}@uptc.edu.co

*Resumen – Se desarrolló un sistema web para automatizar la generación de horarios académicos del programa de Ingeniería de Sistemas en la UPTC, integrando datos de preferencias estudiantiles y restricciones institucionales. Mediante un algoritmo heurístico y una matriz de satisfacción derivada de una encuesta a los estudiantes, el sistema prioriza las franjas horarias preferidas evitando conflictos de programación. El backend fue implementado con FastAPI (Python) y el frontend con Vue.js. La herramienta fue validada mediante un análisis comparativo frente al horario oficial, mostrando mayor eficiencia, menos conflictos y una mejor alineación con las necesidades de los estudiantes. Los resultados respaldan la adopción de sistemas automatizados de programación en entornos académicos complejos.*

*Palabras clave – Programación académica de horarios, preferencias estudiantiles, algoritmos heurísticos.*

## I. INTRODUCCIÓN

La planificación de horarios académicos es reconocida como un problema de optimización combinatoria altamente complejo. Even, Itai y Shamir [1] demostraron que pertenece a la clase NP-completa, lo que implica que no existe un algoritmo general eficiente capaz de resolver todas las instancias en tiempo polinomial. Esta complejidad teórica se traduce en la práctica en la dificultad de coordinar múltiples variables (docentes, asignaturas, estudiantes, aulas) bajo restricciones simultáneas como disponibilidad, carga horaria, preferencias individuales y criterios institucionales.

Además, la naturaleza multiobjetivo del problema —que incluye minimizar conflictos entre asignaturas obligatorias, maximizar la satisfacción estudiantil, optimizar el uso de recursos y cumplir con condiciones contractuales— exige enfoques flexibles y adaptativos. Estas características explican por qué muchas instituciones aún enfrentan problemas de reprogramaciones, baja satisfacción y sobredemanda en determinados bloques horarios. Es por ello que esta problemática se aborda continuamente desde enfoques técnicos y contextuales distintos, cuyos resultados reflejan tanto avances como limitaciones frente a las realidades institucionales.

Por ejemplo, en la Universidad de La Guajira, se desarrolló una solución utilizando una matriz tridimensional organizada por semestres, con clases de 90 minutos y recursos tecnológicos como videobeams e internet [2]. Aunque este enfoque considera elementos relevantes como la distribución

semestral y las necesidades tecnológicas, presenta limitaciones en cuanto a escalabilidad, actualización tecnológica y previsión de la demanda estudiantil.

Por su parte, la Universidad de La Sabana adoptó un modelo matemático utilizando programación entera en GAMS, donde se representaron las asignaciones mediante matrices binarias [3]. Este enfoque garantizó optimalidad teórica y permitió controlar restricciones duras como la disponibilidad docente y los conflictos de franja. Sin embargo, su complejidad computacional, el costo de licenciamiento y la dificultad para incluir preferencias blandas impactan en una adecuada adaptabilidad institucional.

En contextos internacionales, la Escuela Superior Politécnica del Litoral-ESPOL (Ecuador), propuso una matriz de satisfacción horaria basada en la deseabilidad de bloques desde la perspectiva del estudiante, considerando también la carga docente según tipo de contrato y penalizando horarios extremos [4]. Sin embargo, esta carece de una estructura algorítmica formal y no contempla trayectorias académicas diversas.

Por último, un estudio chileno utilizó una combinación de algoritmos evolutivos y aleatorios para la generación de horarios, incorporando ritmos cognitivos y tipos de contrato docente como criterios de modelado [5]. Esta propuesta es flexible, eficiente y valida su enfoque en entornos universitarios reales. No obstante, la falta de especificación técnica completa y de indicadores de satisfacción estudiantil limita su aplicabilidad en contextos donde la participación de los actores es clave.

Ajeno a dicha situación no es el programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), donde la dispersión horaria y los conflictos entre asignaturas obligatorias afectan la experiencia académica estudiantil.

La imposibilidad de mantener horarios estáticos para todos los semestres se ve acentuada por factores dinámicos inherentes al entorno universitario, incluyendo cambios en el personal docente, modificaciones en los tipos de contrato, y la heterogeneidad de las trayectorias académicas estudiantiles que incluyen materias pendientes, transferencias y homologaciones parciales. Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar soluciones automatizadas basadas en estudios similares realizados en diferentes universidades, que permitan optimizar el proceso de asignación horaria y reducir

tanto los tiempos de planificación manual como los errores de cruce que actualmente experimenta el personal administrativo de la escuela.

## II. METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolló con un enfoque mixto, integrando herramientas cuantitativas y cualitativas para diseñar, implementar y validar un sistema automatizado de generación de horarios académicos. Se adoptó un paradigma pragmático, orientado a resolver una problemática institucional real.

Inicialmente, se aplicó una encuesta estructurada a una muestra no probabilística por conveniencia de 51 estudiantes (11.3% de la población activa del programa) durante el primer semestre académico de 2025. La encuesta midió aspectos como: Satisfacción con los horarios actuales; Preferencias por franjas horarias; Problemas percibidos (conflictos, dispersión, carga diaria). Además, se realizó una entrevista semiestructurada al Director del programa, lo que permitió delimitar el problema, excluir la asignación de aulas y definir las restricciones operativas.

A partir del diagnóstico, se diseñó un sistema web compuesto por un backend en FastAPI (Python) y frontend en Vue.js, con base de datos MariaDB. Se implementó un algoritmo heurístico que genera combinaciones de horarios posibles según las restricciones duras (disponibilidad docente, solapamientos, carga horaria) y optimiza en función de una matriz de satisfacción construida con los datos estudiantiles. El sistema realiza:

1. Asignación docente según disponibilidad y tipo de contrato.
2. Filtrado de bloques según disponibilidad y conflictos por semestre.
3. Generación de combinaciones por tipo de asignatura.
4. Evaluación y selección de la mejor combinación mediante una puntuación total.

Se priorizaron bloques altamente valorados por los estudiantes (como 10–11 a.m. y 2–3 p.m.), y se penalizaron horarios extremos y dispersiones excesivas (>4 horas entre clases).

Para el proceso de validación, se comparó el horario generado automáticamente con el horario oficial del primer semestre de 2025, evaluando:

- Eficiencia operativa: uso de bloques, índice de concentración y tiempo de procesamiento.

- Satisfacción proyectada: cobertura de franjas preferidas, penalización por dispersión.
- Consistencia algorítmica: conflictos evitados, restricciones respetadas.

Adicionalmente, se utilizaron dos métricas: el número de bloques ocupados, como indicador de eficiencia en la distribución horaria, y los puntos promedio obtenidos según la matriz de satisfacción, que reflejan el nivel de adecuación a las preferencias estudiantiles.

## III. RESULTADOS

A partir de los datos recolectados mediante la encuesta, se identificaron problemáticas claves relacionadas con la planificación académica. Como se observa en la Figura 1, el 31.4% de los encuestados reportaron conflictos entre asignaturas obligatorias, lo cual dificulta la inscripción eficiente. Además, el 54.9% manifestó que existe una disponibilidad limitada de horarios, lo que refleja una oferta insuficiente de franjas para cubrir la demanda académica. Por otra parte, un 13.7% señaló la asignación de clases en horarios poco deseables, como las primeras horas de la mañana o finales del día. Finalmente, la satisfacción global con los horarios ofertados obtuvo una calificación promedio de 2.1 sobre 5, lo que indica una percepción mayoritariamente negativa del sistema actual.

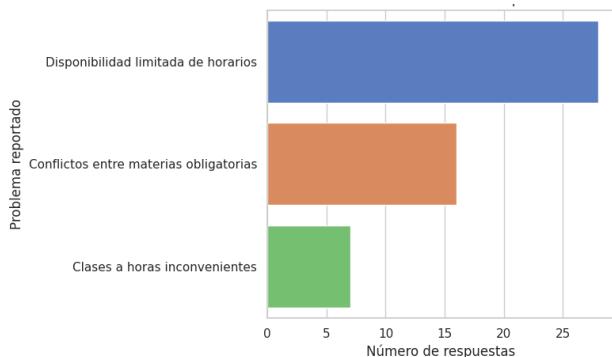


Fig. 1. Problemas más frecuentes identificados por los estudiantes.

En cuanto a las preferencias horarias, la Figura 2 muestra que los bloques comprendidos entre 8:00 a.m. y 12:00 p.m., así como entre 2:00 p.m. y 6:00 p.m., son los más valorados por los estudiantes, mientras que las franjas de las 7:00 a.m. y después de las 6:00 p.m. fueron las menos preferidas.

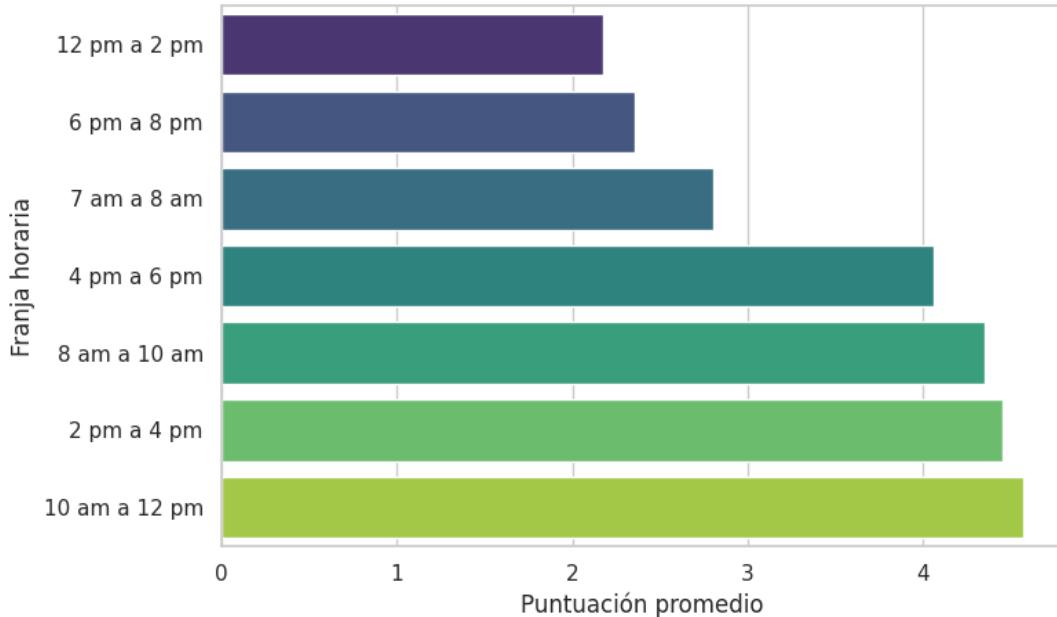


Fig. 2. Preferencia por franjas horarias de los estudiantes.

Para el desarrollo del sistema se definieron las siguientes variables: carga horaria máxima permitida por docente según su tipo de contrato, actividades adicionales (investigación o gestión administrativa), y la intensidad horaria semanal de las asignaturas. Estas variables permitieron establecer restricciones duras, como la no superación de las horas máximas semanales, y criterios de priorización, como favorecer docentes de planta sobre contratistas ocasionales.

El sistema permite crear grupos de asignaturas mediante dos modos: manual y automático. En el modo manual, el usuario asigna un docente y bloques específicos, y el sistema valida que no existan cruces. En el modo automático, se aplica un algoritmo que inicia seleccionando la asignatura y el semestre correspondiente. Luego identifica docentes elegibles mediante una consulta a la base de datos, considerando disponibilidad, tipo de vinculación laboral y prioridad por tipo de contrato.

Una vez seleccionado el docente óptimo, el sistema busca combinaciones de bloques horarios disponibles. Estas se ajustan a reglas de distribución: por ejemplo, una asignatura de 4 horas requiere dos bloques en días distintos; una de 6 horas, tres bloques distribuidos en diferentes días. A cada combinación se le asigna una puntuación según una matriz de preferencias horarias estudiantiles obtenida por encuesta, y se penalizan los horarios con espacios excesivos entre clases ( $>3$  bloques).

Finalmente, se selecciona la combinación con mejor puntuación total y se almacena como horario del grupo. El sistema permite visualizar los horarios generados por semestre,

por docente y por asignatura (Figura 3), e incluye módulos de gestión básica de entidades académicas para facilitar su uso por el personal administrativo.

Posteriormente, se realizó una comparación entre el horario generado por el sistema propuesto y el real del primer semestre de 2025 obteniendo los resultados de la Tabla I.

TABLA I  
RESULTADOS DE APLICACIÓN DE MÉTRICAS A LOS HORARIOS

Métrica	Generado por el Sistema	Horario UPTC I.2025
Bloques horarios ocupados	35	54
Puntuación promedio de satisfacción (estimada)	245.41	215.69

La puntuación promedio fue calculada aplicando la matriz de valoración estudiantil sobre las franjas asignadas, lo cual sugiere que el sistema propuesto mejora la alineación entre oferta horaria y preferencias reales de los estudiantes.

Los resultados del sistema indican mejoras sustanciales en tres aspectos clave:

- Concentración horaria: El sistema evita la dispersión de clases en bloques extremos (7:00 a.m., 8:00 p.m., 12:00 p.m.), favoreciendo la agrupación coherente de asignaturas.
- Optimización de franjas: Las asignaciones automáticas priorizan las franjas preferidas por los estudiantes, particularmente en los rangos de mayor demanda (10:00–11:00 a.m. y 2:00–3:00 p.m.).

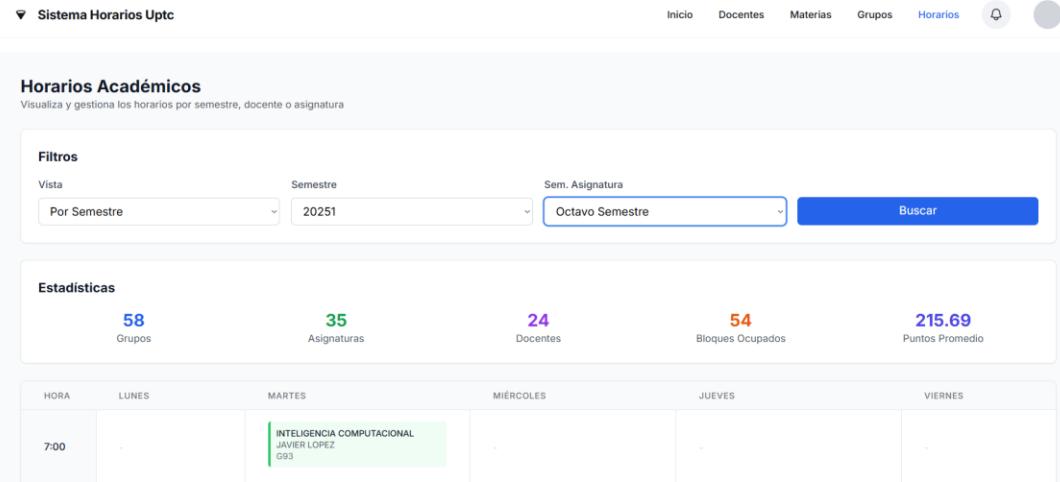


Fig. 3. Visualización de Horarios Académicos

#### IV. DISCUSIÓN

La revisión de experiencias en otras universidades permitió identificar buenas prácticas que fueron adaptadas al contexto UPTC. Por ejemplo, el uso de algoritmos evolutivos o matemáticos demuestra que no existe una única solución, sino que esta debe ajustarse a las condiciones particulares de cada institución.

Uno de los aportes más relevantes fue el uso de matrices de satisfacción estudiantil como criterio para priorizar bloques horarios. Esta idea, vista en el caso de ESPOL, fue incorporada en el sistema desarrollado, permitiendo una asignación más alineada con las preferencias reales de los estudiantes. Asimismo, se evidenció que variables como la duración de las clases, los tipos de contrato docente y la infraestructura tecnológica influyen directamente en la viabilidad de los algoritmos implementados.

Respecto al sistema desarrollado, aunque mostró resultados positivos, también se identificaron limitaciones importantes:

- La definición del número de grupos por asignatura se sigue haciendo de forma manual, ya que depende de proyecciones de matrícula no disponibles al momento del cálculo.
- No se incluye la asignación de aulas, ya que esta es competencia de otra dependencia institucional.
- La encuesta estudiantil tuvo una muestra reducida ( $n=51$ ), lo cual limita la generalización de los resultados; sin embargo, fue útil como exploración inicial.
- El sistema aún no está integrado con las plataformas académicas oficiales, lo cual sería necesario para su adopción institucional.
- Se requerirá capacitación y acompañamiento para que el personal administrativo pueda usar y confiar en la herramienta.

Se espera que el sistema contribuya a mejorar la planificación académica mediante:

- reducción de conflictos entre materias obligatorias.
- mayor satisfacción estudiantil al asignar clases en horarios preferidos y reducir la dispersión entre bloques.
- mejor utilización de recursos docentes y humanos, al respetar restricciones contractuales y priorizar horarios más eficientes.

#### V. CONCLUSIONES

El estudio abordó la complejidad del problema de generación de horarios académicos mediante una solución automatizada basada en criterios reales de satisfacción estudiantil y restricciones institucionales. El análisis de casos internacionales sirvió como punto de partida para identificar enfoques válidos y adaptables, especialmente en lo relacionado con el uso de algoritmos y la inclusión de factores humanos en el proceso de planificación.

La herramienta desarrollada demostró mejoras significativas frente al horario actualmente ofertado, tanto en términos de eficiencia operativa como de satisfacción proyectada. La reducción en el número de bloques utilizados, la priorización de franjas preferidas por los estudiantes y la disminución de conflictos entre asignaturas obligatorias respaldan la utilidad del sistema.

Además, la metodología aplicada (que combinó diagnóstico institucional, levantamiento de información, desarrollo algorítmico y validación con datos reales) es replicable en otras escuelas y universidades con ajustes mínimos. Los resultados evidencian la necesidad de adoptar sistemas automatizados en lugar de métodos manuales o basados en decisiones subjetivas, particularmente en contextos académicos con alta variabilidad y múltiples restricciones.

#### VI. TRABAJO FUTURO Y RECOMENDACIONES

Para avanzar en la implementación práctica del sistema y mejorar su utilidad institucional, se proponen las siguientes acciones:

1. Implementación piloto en la Escuela de Ingeniería de Sistemas, con acompañamiento de personal administrativo y evaluación de su desempeño en condiciones reales.
2. Extensión progresiva a otras escuelas de la UPTC, ajustando parámetros como franjas horarias, estructura curricular y restricciones específicas de cada programa académico.
3. Integración de nuevas variables como aulas especializadas, preferencias horarias de los docentes y disponibilidad institucional, para mejorar la representatividad del modelo.
4. Desarrollo de algoritmos de estimación de demanda que permitan calcular automáticamente el número óptimo de grupos por asignatura, evitando decisiones manuales e incrementando la eficiencia del proceso.

#### REFERENCIAS

- [1] S. Even, A. Itai, and A. Shamir, “On the complexity of timetable and multicommodity flow problems,” *SIAM Journal on Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 691-703, 1976.
- [2] P. A. C. Daniel, “Asignación de horarios de clases universitarias mediante algoritmos evolutivos,” Tesis de Grado, *Universidad del Norte*, 2009. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/80>
- [3] M. T. J. Rafael, “Programación de horarios y asignación de aulas de clases universitarias,” Tesis de Grado, *Universidad De La Sabana*, 2013. <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/9346>
- [4] M. R. D. Karina, “Diseño de un modelo de optimización para la elaboración de horarios de clases de una carrera universitaria,” Tesis de Grado, *ESPOL*, 2019. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52897>
- [5] O. D. Castrillón, “Combinación entre algoritmos Genéticos y Aleatorios para la programación de horarios de clases basado en ritmos cognitivos,” *Información Tecnológica*, vol. 25, no. 4, pp. 51-62, 2014. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000400008>