

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de un sistema de planificación de recursos para el Curso de Nivelación de
Admisiones en una Institución de Educación Superior

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingenieras Industriales

Presentado por:

Paula Noemi Granda Rocafuerte

Domenica Nathalia Idrovo Salazar

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Pedro y Miryam, por siempre creer más en mí de lo que yo lo hacía. Porque es más fácil ser valiente cuando sé que están a mi lado. Espero se sientan tan afortunados de ser mis padres como yo me siento de ser su hija.

A mi hermana, Bianca, por las risas, la complicidad y por ser mi apoyo incondicional, incluso en los días más difíciles.

Y a mi gato, Miau, con quien compartí largas horas de estudio y desvelo. Aunque no llegó al final de esta etapa, sé que siempre estará presente en mi corazón.

Paula Granda

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Pedro y Tanya, por brindarme la mejor educación posible y enseñarme a construir mis metas sin perder el enfoque.

A mi hermana Pierina, mi primera maestra, quien desde que era niña me enseñó con paciencia y dedicación. Este logro también es tuyo, porque compartimos el mismo sueño.

A mi hermano Pedro, mi cómplice incondicional y compañero de risas a lo largo de este camino, quien me ofreció sus consejos cuando más lo necesitaba.

A mi hermana Nathalie, quien, aunque ya no esté físicamente con nosotros, vive en cada paso que doy. Su hijo, mi sobrino, es mi mayor inspiración y el motor que me impulsa a seguir adelante, esforzándome cada día para asegurar su camino.

Domenica Idrovo

Agradecimientos

Agradezco a mi Padre Celestial por ser mi guía en el camino hacia la titulación. A mis padres, Pedro y Miryam, por ser mi soporte incondicional y fuente de inspiración. Gracias por brindarme educación, valores y amor.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y a mis profesores, por ser la base de los conocimientos y habilidades que aplicaré en el ámbito profesional.

A mi tutora, MSc. María Isabel Alcívar, por nunca cortarnos las alas en este proyecto. Gracias por sus valiosos consejos, confianza y su linda actitud.

A mis compañeros de carrera que se convirtieron en amigos, gracias por hacer más llevadero y divertido este proceso.

Y, por último, pero no menos importante, gracias a mí misma por no rendirme cuando el camino se hizo difícil y por demostrarme que soy capaz de más de lo que imaginaba.

Paula Granda

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por ser mi luz y guía en cada paso de este camino, por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), institución que me brindó el conocimiento para crecer profesionalmente.

A mi tutora, MSc. María Isabel Alcívar, por su invaluable guía durante la elaboración de este proyecto, por su calidez y dedicación, que hicieron de este proceso una experiencia enriquecedora.

A la empresa en la que tengo el honor de trabajar y a mis jefes, por la confianza depositada en mí, por darme la oportunidad de desarrollar mi carrera profesional mientras culminaba mis estudios, y por su constante apoyo en este proceso.

A todos los que, de una u otra manera, han sido parte de este logro, mi más sincero agradecimiento.

Domenica Idrovo

Declaración Expresa

Yo/Nosotros Domenica Nathalia Idrovo Salazar y Paula Noemi Granda Rocafuerte acuerdo/acordamos y reconozco/reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autores/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 11 de octubre del 2024.



Domenica Nathalia
Idrovo Salazar



Paula Noemi Granda
Rocafuerte

Evaluadores

Sofía López I., MSc.

Profesor de Materia

María Isabel Alcívar G., MSc.

Tutor de proyecto

Resumen

Este estudio aborda el diseño de un sistema de planificación académica para la asignación óptima de recursos en el curso de nivelación de una universidad. Se propone un modelo híbrido que combina Redes Neuronales Artificiales para la predicción de la demanda y Programación Entera para la asignación de horarios, cursos y docentes. El objetivo principal es mejorar la eficiencia en la distribución de recursos académicos, considerando la variabilidad en los datos, la limitada capacidad de respuesta y el impacto del rendimiento cognitivo en la planificación. El modelo fue evaluado bajo distintos escenarios de sensibilidad analizando cambios en la demanda, la disponibilidad de docentes y la asignación de horarios en función del nivel cognitivo requerido. Los resultados muestran que la implementación del sistema permite reducir el tiempo de planificación de 40 a 8 horas, optimizando el uso de recursos y facilitando la toma de decisiones en situaciones imprevistas. Se concluye que este enfoque mejora la eficiencia operativa del proceso de nivelación y contribuye a una gestión académica más ágil y adaptable.

Palabras clave: Planificación académica, optimización, nivelación universitaria, rendimiento cognitivo.

Abstract

This study addresses the design of an academic planning system for the optimal allocation of resources in the leveling course of a university. A hybrid model is proposed that combines Artificial Neural Networks for demand prediction and Integer Programming for the assignment of schedules, courses and teachers. The main objective is to improve efficiency in the distribution of academic resources, considering the variability in the data, the limited responsiveness and the impact of cognitive performance on planning. The model was evaluated under different sensitivity scenarios, analyzing changes in demand, teacher availability, and schedule assignment based on the required cognitive level. The results show that the implementation of the system reduces planning time from 40 to 8 hours, optimizing the use of resources and facilitating decision-making in unforeseen situations. It is concluded that this approach improves the operational efficiency of the leveling process and contributes to a more agile and adaptable academic management.

Keywords: *Academic planning, optimization, university leveling, cognitive performance.*

Índice

Resumen	I
<i>Abstract</i>	II
Índice de figuras	V
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Justificación del Problema	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	7
1.5 Marco teórico	7
Capítulo 2	11
2. Metodología	12
1.1 Definición	12
1.1.1 Alcance	12
1.1.2 Voz del cliente (VOC)	12
1.1.3 Casa de la Calidad (QDF)	16
1.1.4 Punto de vista (POV)	18
1.2 Recolección de datos	18
1.2.1 Plan de recolección de datos	18
1.2.2 Verificación de los datos	23
1.3 Análisis	29
1.3.1 Evaluación de opciones de diseño	29
1.3.2 Análisis financiero	31

1.3.3	Matriz de Pugh	33
1.3.4	Modelo matemático	34
Capítulo 3	.....	36
3. Resultados y análisis	.....	37
3.1	Resultados del modelo de redes neuronales artificiales (RNA).....	37
3.2	Resultados del modelo de programación entera	39
3.3	Análisis de sensibilidad.....	41
3.3.1	Escenario 1	41
3.3.2	Escenario 2	42
3.3.3	Escenario 3	42
3.4	Análisis del Impacto Social, Económico y Ambiental	43
3.4.1	Impacto Social	43
3.4.2	Impacto Económico	45
3.4.3	Impacto Ambiental	45
Capítulo 4	.....	47
4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	48
4.1.1	<i>Conclusiones</i>	48
4.1.2	<i>Recomendaciones</i>	49
Referencias	.....	50

Índice de figuras

Figura 1	9
Figura 2	12
Figura 3	13
Figura 4	14
Figura 5	15
Figura 6	15
Figura 7	17
Figura 8	19
Figura 9	19
Figura 10	20
Figura 11	20
Figura 12	20
Figura 13	21
Figura 14	21
Figura 15	21
Figura 16	22
Figura 17	22
Figura 18	23
Figura 19	24
Figura 20	24
Figura 21	25
Figura 22	25
Figura 23	26
Figura 24	26
Figura 25	27
Figura 26	27
Figura 27	28
Figura 28	28

Figura 29	29
Figura 30	29
Figura 31	31
Figura 32	32
Figura 33	32
Figura 34	32
Figura 35	33
Figura 36	33
Figura 37	38
Figura 38	39
Figura 39	39
Figura 40	41
Figura 41	42
Figura 42	42
Figura 43	43
Figura 44	43
Figura 45	44
Figura 46	44
Figura 47	45
Figura 48	46

Capítulo 1

1.1 Introducción

Las instituciones educativas enfrentan cada periodo académico el desafío de organizar los horarios y asignar aulas para los cursos que ofrecen. Desde la perspectiva de la Investigación de Operaciones, esta problemática pertenece al ámbito conocido como Timetabling o planificación de horarios. Este campo abarca la distribución de eventos específicos en intervalos de tiempo determinados, cumpliendo con diversos requisitos y restricciones.

Dentro de esta categoría, Schaerf (1999) identifica una subcategoría llamada Class Scheduling, enfocada en la planificación de horarios para el sector educativo. En este contexto, se identifican tres principales tipos de problemas: Programación de horarios para exámenes y evaluaciones (Examination Timetabling), Programación de horarios de clases para escuelas (School Course Timetabling) y Programación de horarios académicos en universidades u otras instituciones de educación superior (University Course Timetabling).

La Dirección de Admisiones, responsable de ser la puerta de entrada a la mejor Universidad Pública del Ecuador, enfrenta el desafío de generar la programación horaria de sus cursos de nivelación y asignar las aulas correspondientes, clasificándolo dentro de la categoría conocida como University Course Timetabling.

La programación de horarios universitarios implica organizar las asignaturas dentro de un horizonte temporal específico, usualmente de una semana, para ser impartidas durante un periodo académico definido (como un año, semestre o trimestre). Este proceso debe considerar factores como profesores, aulas, estudiantes, días y un conjunto de restricciones y condiciones establecidas por cada institución. A pesar de su complejidad, esta labor suele realizarse de manera manual, lo que demanda un esfuerzo significativo y una considerable inversión de tiempo. Sin embargo, este método no garantiza que los horarios resultantes sean óptimos en términos de satisfacción para profesores, estudiantes, necesidades pedagógicas y disponibilidad de recursos materiales.

Este estudio desarrolla un modelo híbrido que combina redes neuronales y búsqueda tabú para la planificación académica. El modelo incorpora las restricciones esenciales y los objetivos clave definidos por Admisiones, garantizando el cumplimiento de las especificaciones de diseño.

1.2 Descripción del Problema

La Dirección de Admisiones ofrece cursos de nivelación como parte del proceso de acceso a una Institución de Educación Superior. Estos cursos se dividen en dos tipos: intensivo y regular, con opciones de modalidades virtuales y presenciales. El curso de nivelación intensivo tiene una duración aproximada de 8 semanas dedicadas a formación y 2 semanas a evaluación, mientras que la modalidad regular se extiende a 12 semanas de formación y 2 semanas de evaluación.

En promedio, cada periodo de nivelación incluye 109 paralelos, donde se imparten materias como: matemáticas, física, química, ciencias para arte y matemáticas básicas. La asignación de estudiantes a un paralelo se determina según la carrera a la que aspiran, lo que define el área de conocimiento correspondiente y las materias que deben cursar. Las áreas de conocimiento incluyen arte, ciencia biología, ciencias e ingenierías aplicadas grupo I, ciencias e ingenierías, educación comercial, humanidades, ingenierías aplicadas grupo II, salud y servicios. Este enfoque garantiza que cada estudiante reciba formación alineada con las competencias requeridas para su futuro académico.

Las clases se desarrollan de lunes a viernes en bloques de 2 horas, excepto los viernes, cuando se asigna adicionalmente un bloque de 1 hora. Las actividades académicas están distribuidas en dos jornadas: matutina y vespertina. La Dirección de Admisiones establece como condición deseable la reducción de los paralelos virtuales, así como la limitación del número de paralelos asignados en horario vespertino. Además, se requiere que cada paralelo mantenga un patrón de horario consistente a lo largo de todas las semanas del periodo de nivelación.

El edificio “Ing. Enrique Bayot Aráuz” ubicado en el Campus Prosperina, cuenta con 25 aulas, cada una con una capacidad máxima de 60 estudiantes. Es importante resaltar que las aulas son un recurso limitado, lo que añade complejidad a la planificación académica.

La Dirección de Admisiones dispone de 30 docentes con relación de dependencia y 18 bajo contrato civil. Sin embargo, la cantidad de docentes contratados bajo este último tipo de contrato puede variar en cada periodo, dependiendo del número de estudiantes. Los docentes tienen asignados paralelos específicos según la materia que imparten y poseen una disponibilidad horaria definida.

Actualmente, la planificación académica de los cursos de nivelación es realizada manualmente por la coordinación académica, lo que requiere un promedio de 40 horas laborales. Este método, además de ser laborioso, no está exento de errores, lo que en ocasiones genera ineficiencias en el uso de recursos disponibles y demanda horas adicionales para corregir los inconvenientes detectados.

A partir de los antecedentes expuestos, la planificación académica para los cursos de nivelación es una tarea altamente compleja que demanda una considerable inversión de tiempo y recursos. Debido a esto, el modelo híbrido propuesto, que combina redes neuronales y búsqueda tabú, tiene como objetivo estructurar de manera adecuada los requerimientos establecidos por la Dirección de Admisiones, mediante la formulación de este modelo se busca optimizar la planificación académica, generando horarios y asignaciones de aulas que maximicen la eficiencia y cumplan con los criterios establecidos, logrando así una solución óptima en función de los objetivos planteados.

Los requerimientos para el modelo se dividen en dos categorías: requerimientos obligatorios (duros) y requerimientos deseables (blandos). Los primeros deben cumplirse sin excepción, mientras que los segundos representan preferencias establecidas por la Dirección de Admisiones. Los requerimientos blandos se incluyen en la función objetivo, la cual busca

minimizar el incumplimiento de estas condiciones, asignando una penalización cada vez que no se logren satisfacer.

Requerimientos obligatorios

1. Cada paralelo debe asignarse a un aula que disponga de capacidad suficiente para la demanda estimada de estudiantes.
2. En una misma aula, durante un mismo día y horario, solo puede impartirse una clase.
3. Un docente no puede estar asignado a más de una clase en un mismo bloque horario.
4. Se debe respetar la disponibilidad horaria de los docentes.
5. Los horarios asignados a los estudiantes no deben presentar conflictos, asegurando que no tengan que asistir a más de una clase al mismo tiempo.
6. Las materias asignadas a un mismo estudiante dentro de una franja horaria (matutina o vespertina) deben dictarse de manera consecutiva y en la misma aula.

Requerimientos deseables

1. Reducir la cantidad de paralelos ofrecidos en modalidad virtual.
2. Limitar el número de paralelos asignados en horario vespertino.

1.3 Justificación del Problema

La planificación académica para los cursos de nivelación constituye un elemento crucial dentro del proceso de acceso a la educación superior, dado que organiza los recursos necesarios para garantizar una formación adecuada y equiparar el perfil de egreso de los bachilleres con el perfil de ingreso a las diferentes carreras. Sin embargo, el método actual, que se realiza manualmente, presenta limitaciones significativas. Este proceso, además de demandar un promedio de 40 horas laborales, es susceptible a errores que derivan en ineficiencias en el uso de recursos, conflictos en los horarios, y un incremento de tiempo y esfuerzo para corregir inconvenientes.

Resolver este problema es fundamental porque una planificación académica eficiente tiene un impacto directo en la calidad del proceso formativo, optimización del uso de aulas, docentes y horarios disponibles. Adicionalmente, ayuda a subir los porcentajes de aprobación ya que afecta indirectamente a la experiencia estudiantil al evitar conflictos de horarios y mejorar la estructura de las clases, contribuyendo a un mejor rendimiento académico.

La complejidad del problema radica en la interacción de múltiples restricciones y objetivos: asignación de aulas limitadas, disponibilidad de docentes, cumplimiento de requisitos obligatorios, y condiciones deseables, como la reducción de paralelos virtuales y la minimización de actividades vespertinas. Esta problemática se intensifica debido al constante incremento en la demanda de aspirantes durante cada periodo de nivelación, lo que genera una mayor presión sobre los recursos disponibles, como aulas, docentes y horarios.

El modelo híbrido propuesto, que combina redes neuronales y búsqueda tabú, es una solución innovadora que permitirá estructurar de manera adecuada los requerimientos establecidos por la Dirección de Admisiones. Este enfoque busca no solo automatizar el proceso, sino también optimizarlo, generando horarios y asignaciones de aulas que maximicen la eficiencia y cumplan con los criterios definidos. Al integrar los requerimientos obligatorios y deseables, el modelo garantizará una planificación académica efectiva que responda a las necesidades institucionales y mejore la experiencia educativa de los estudiantes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de planificación de recursos eficiente y flexible para el Curso de Nivelación de Admisiones mediante la aplicación de técnicas y herramientas de Lean Six Sigma y Design Thinking, que optimice el uso de recursos humanos y físicos, permitiendo una respuesta ágil y precisa ante fluctuaciones en la demanda, cambios en modalidades de estudio y

deserción estudiantil, mejorando la satisfacción tanto de los estudiantes como del personal involucrado, en un plazo de 4 meses.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar las necesidades actuales en la planificación académica y los recursos del curso de nivelación en el área de Admisiones, mediante entrevistas y análisis de datos históricos para la comprensión de los desafíos clave garantizando que el diseño propuesto tenga alta capacidad de respuesta.
2. Determinar las especificaciones técnicas del sistema de planificación basadas en las necesidades de los usuarios clave (personal administrativo, docentes y estudiantes), recopilando y analizando datos sobre la cantidad de personal, espacio y recursos necesarios, para que se garantice que el sistema pueda adaptarse a las fluctuaciones históricas y la variabilidad proyectada.
3. Diseñar un sistema de planificación que incluya mecanismos de control cuantificables, flexibilidad y actualización en tiempo real, analizando los costos, tiempos y viabilidad técnica para la medición del desempeño en la gestión de recursos.
4. Validar el sistema de planificación implementado mediante pruebas piloto y prototipo, evaluando la satisfacción de los usuarios, la eficiencia del sistema y realizando los ajustes necesarios para la mejora de su desempeño.

1.5 Marco teórico

Se pueden utilizar varios modelos y técnicas de optimización para afrontar el problema de la planificación de recursos en el curso de nivelación de admisiones de una institución de educación superior, cada uno cuenta con distintas características para enfrentar el entorno.

La Generación de Columnas divide el problema en subproblemas más manejables por lo que permite resolver problemas como la planificación de horarios y la distribución óptima de

recursos (Desrosiers & Lübbecke, 2005). Utilizando técnicas de programación lineal se debe formular el problema maestro restringido, que es un subconjunto más pequeño de variables. El subproblema se resuelve a través de la búsqueda de la columna que tiene el mayor valor reducido negativo, en caso de que se encuentre, se agrega al problema maestro para ser resuelta nuevamente. El proceso se debe repetir hasta que no se encuentren columnas con valores reducidos negativos y concluye cuando no es posible mejorar la solución al añadir nuevas columnas, siendo esta la óptima para el problema original (Qualizza, A., & Serafini, P., 2004).

Los Algoritmos Genéticos, al basarse en el proceso de selección natural, proporcionan una estrategia sólida para la optimización de diversas variables y la mejora continua de soluciones. Al ser un modelo efectivo para resolver problemas en grandes espacios de búsqueda de manera eficiente, se convierte en una opción a considerar ante la necesidad de la planificación de los recursos en instituciones educativas (Holland, 1992). Cada solución potencial será representada como un cromosoma, una cadena de valores que codifican la solución, de manera aleatoria se genera una población inicial de cromosomas y se evalúa cada uno de estos a través de una función de aptitud que mide qué tan buena es la solución codificada en ese cromosoma, los que tienen mejor aptitud tendrán mayor probabilidad de ser seleccionados para la reproducción. Si se combinan dos cromosomas seleccionados intercambian partes de sus genes para crear nuevas soluciones, con el propósito de mantener la diversidad genética, se introducen pequeñas alteraciones aleatorias en algunos cromosomas y los nuevos reemplazan a los menos aptos de la población. El proceso se repite durante varias generaciones hasta alcanzar la solución satisfactoria (Goldberg, D. E., 1989).

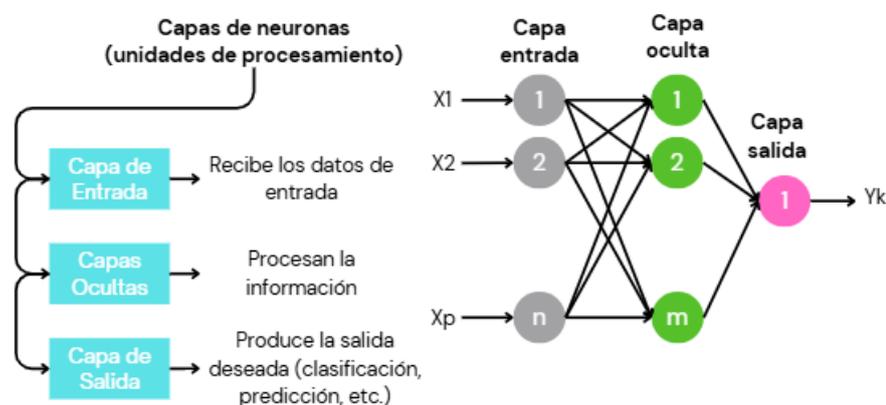
La Programación Entera es de gran utilidad donde las soluciones continuas no son viables, como en la asignación de recursos discretos, el diseño de horarios o cualquier tipo de planificación, el enfoque de las soluciones son realistas y responde las restricciones del mundo real (Winston, 2004). Esta rama de programación matemática permite encontrar la solución

óptima, garantizando que se respeten todas las restricciones establecidas, lo que la convierte en una herramienta valiosa para la toma de decisiones en contextos de planificación y optimización (Hillier & Lieberman, 2010):

Las Redes Neuronales se convirtió en una herramienta valiosa, al momento de tomar decisiones en la asignación de recursos, por su efectividad al predecir patrones y tendencias a partir de grandes volúmenes (LeCun et al., 2015). Para el desarrollo de este, tenemos considerar las siguientes capas: capa de entrada, capas ocultas y capa de salida. Como fase inicial tenemos el preprocesamiento de datos, seguido por la etapa donde se entrenan los pesos de las conexiones para, de esa manera, minimizar el error.

Figura 1

Diagrama de Redes Neuronales



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con L. A. López. (2015) y LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015), en el preprocesamiento de datos se normalizan y dividen estos en conjuntos de entrenamiento, posteriormente se define la estructura que está conformada por capas y neuronas para utilizar un algoritmo a manera de entrenamiento que servirá para ajustar los pesos de las conexiones neuronales en función de de un error que se evaluará con datos de prueba. Una vez que se entrena la red, esta puede predecir nuevas salidas a partir de datos de entrada desconocidos. Es importante mencionar que, la red se ajusta a través de iteraciones y se optimiza en cada ciclo.

Finalmente, el GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) fusiona la creación de soluciones viables a través de un enfoque voraz con la búsqueda adaptativa, esto resulta útil para hallar soluciones de alta calidad en la organización de los recursos (Feo & Resende, 1995). Para llevarlo a cabo, se debe tener en consideración dos fases: la fase constructiva en donde se establece una solución inicial de manera iterativa al incorporar elementos a la solución en base a un criterio de selección voraz, pero introduciendo un elemento aleatorio para prevenir la codificación de la misma solución constantemente, y la búsqueda local que conlleva la mejora de la fase constructiva a través de la exploración del vecindario de la solución actual para su posterior modificación en pequeñas partes. Esto se repite múltiples veces y se almacena la mejor solución encontrada en todas las iteraciones. (Alva-Manchego, F., 2015).

Capítulo 2

2. Metodología.

2.1 Definición

2.1.1 Alcance

La metodología empleada se basó en un diseño desde cero, también conocido como Design Thinking. Para su desarrollo, se procedió a recolectar información detallada sobre la Dirección de Admisiones con el objetivo de comprender a profundidad sus procedimientos. Como parte de este análisis, se elaboró un diagrama SIPOC para representar gráficamente el proceso actual de planificación académica.

El alcance del proyecto abarcó desde el momento en que la coordinadora académica, responsable de este proceso, recibe las directrices generales y el consolidado de aspirantes (incluyendo novatos y repetidores por materia), hasta que la planificación es aprobada e ingresada en el Sistema de Control de Admisiones del Gobierno, cumpliendo con el plazo establecido de cinco días calendario antes del inicio del proceso de matriculación.

Figura 2

Proceso actual de la planificación académica de los cursos de nivelación (SIPOC)



Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Voz del cliente (VOC)

Se llevó a cabo la recolección de información relacionada con comentarios, experiencias, percepciones y recomendaciones de los clientes directos e indirectos mediante la realización de

ocho entrevistas. Los clientes directos incluyeron a la Coordinadora Académica, la Coordinadora General, el Decanato de Grado y la Asistente Académica de Admisiones. Por su parte, los clientes indirectos correspondieron al personal auxiliar, los docentes y los estudiantes.

Con el objetivo de identificar los momentos positivos y negativos de la experiencia de los clientes, se elaboró un Journey Map, lo que permitió trazar un plan de acción enfocado en resolver problemas específicos, mejorar la eficiencia y reducir los puntos de dolor a través de la automatización y mejor gestión de datos.

Se identificaron diversos insights (Figura 2.) relacionados con la experiencia de las personas encargadas de la planificación académica, lo que permitió reconocer puntos críticos, tales como la sobrecarga de trabajo, la falta de transparencia en los datos y los esfuerzos adicionales de última hora. Asimismo, se detectaron necesidades clave, entre ellas la automatización y la flexibilidad en el proceso.

Figura 3

Journey Map de la Planificación Académica

	DATA COLLECTION	RESOURCE EVALUATION	ADJUSTMENTS	REDISTRIBUTION AND EXECUTION	RESULTS EVALUATION
ACTIONS	Revisión de datos históricos para predecir el comportamiento de los cursos de nivelación.	Estimación de aulas, docentes y materiales.	Ajustes basados en los resultados de la comisión de ingresos y la aprobación de estudiantes.	Redistribución de aulas y horarios para evitar problemas de capacidad.	Revisión de la planificación y ajustes en la asignación de los cursos y materiales.
TOUCH POINTS	Plataforma Excel y Power BI.	Comunicación con talento humano y facultades.	Comisión de ingreso, aprobación de exámenes de ingreso y cursos previos, planificación.	Redistribución de estudiantes a diferentes cursos por distintos tipos de limitaciones que se presenten.	Evaluación de la eficiencia de la planificación y asignación de los recursos.
EXPERIENCE	Sobrecarga de trabajo debido a la falta de automatización. 	Gestión poco precisa, muy dependiente de supuestos. 	Frustración por falta de tiempo y transparencia en los datos. 	Esfuerzo adicional debido a ajustes de última hora. 	Insatisfacción con la evaluación de los resultados. 
PAIN POINTS	Falta de herramientas de automatización, depender de Excel para planificar.	Estimaciones basadas en supuestos, no en datos concretos.	Cambios imprevistos debido a la falta de claridad en los datos finales de los exámenes de ingreso.	Falta de docentes y materiales.	No se cuenta con KPIs ni sistemas automatizados que permitan medir con precisión la efectividad del proceso y realizar ajustes efectivos.
NEEDS	Uso de Python y de data procesada para facilitar la planificación.	Implementación de KPIs para medir recursos.	Limpieza de datos históricos y mejora en la transparencia de la información.	Mejora en la proyección de necesidades para el siguiente periodo.	Desarrollar un sistema de planificación que maneje KPIs claros y medibles para ajustar el proceso.

Fuente: Elaboración propia

El journey map del personal de limpieza (Figura 3.) evidenció problemas clave, entre los cuales se destacaron fallas en la conectividad y dificultades para acceder al enlace de planificación. Estas limitaciones ocasionaron que el personal tuviera que memorizar la planificación, lo que, en caso de cambios, generaba falta de actualización en la información y, como consecuencia, un desperdicio de recursos.

Figura 4

Journey Map de la rutina diaria del personal de limpieza

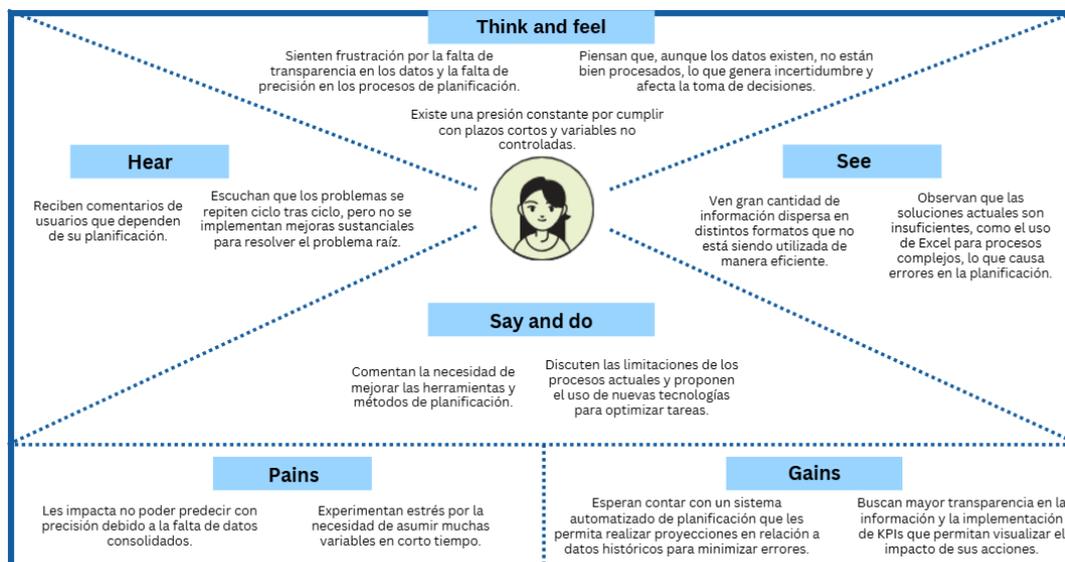
	VALIDACIÓN DE PLANIFICACIÓN	APERTURA Y PREPARACIÓN DE AULAS	MONITOREO DURANTE LA JORNADA	CIERRE DE AULAS
ACTIONS	Verificar el horario en el link de Power BI compartido.	Encender el aire acondicionado y proyector 20 minutos antes de que llegue el docente.	Verificar que el proyector y aire acondicionado funcionen correctamente durante la clase.	Apagar los dispositivos y asegurar el aula al finalizar la clase.
TOUCH POINTS	Revisión de horarios.	Aire acondicionado y proyector en aula.	Funcionamiento correcto de los equipos.	Procedimiento de cierre y seguridad
EXPERIENCE	Limitaciones digitales. 	 Facilidad al encender.	Problemas técnicos. 	 Cierre correcto.
PAIN POINTS	Fallas en la conectividad o extravío del link.	Posibles desperfectos al encender los dispositivos.	Equipos dejan de funcionar correctamente.	Posible mala práctica al apagar los dispositivos.
SOLUTIONS	Comunicación más amigable de las actualizaciones en la planificación.	Mantenimiento preventivo.	Soporte técnico accesible.	Validación de apagado y cierre.

Fuente: Elaboración propia

El mapa de empatía sobre el proceso de planificación (Figura 4.) evidenció que las personas involucradas experimentaron frustración debido a la falta de transparencia y al inadecuado procesamiento de los datos, lo que generó incertidumbre al momento de tomar decisiones. Asimismo, se identificó una constante presión por cumplir con plazos ajustados y gestionar variables no controladas. Entre los principales dolores se encontraron el estrés provocado por la necesidad de manejar múltiples variables en un periodo reducido y la imposibilidad de realizar proyecciones precisas debido a la ausencia de datos consolidados.

Figura 5

Mapa de empatía sobre el proceso de Planificación Académica

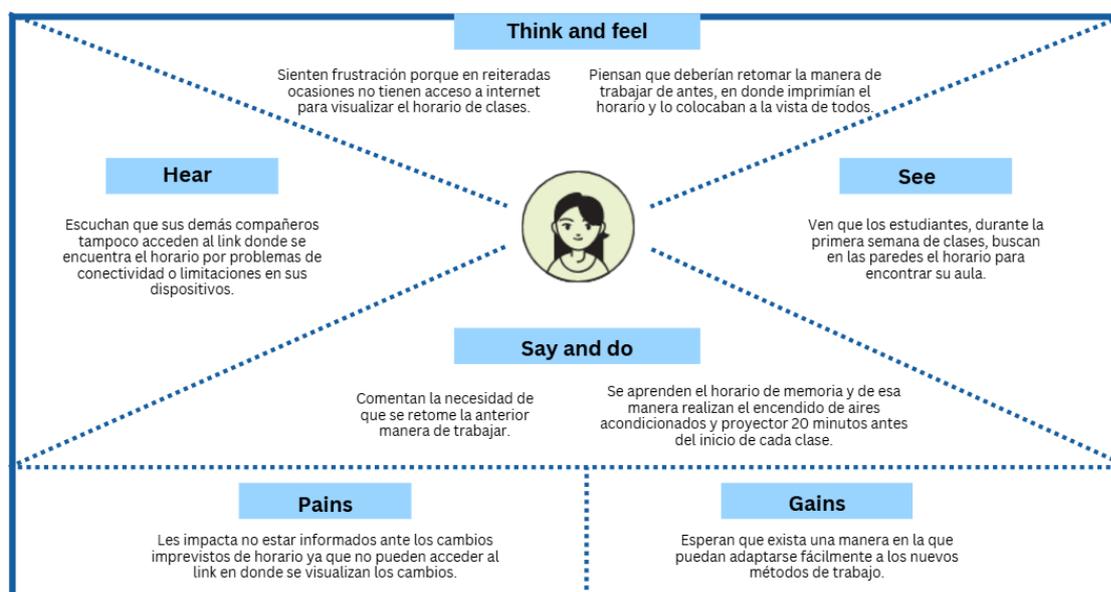


Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el mapa de empatía del personal de limpieza (Figura 5.) reveló que la práctica de memorizar horarios generaba riesgos en la capacidad de respuesta ante cambios imprevistos. También se identificó frustración debido a problemas con el acceso a Internet, así como la necesidad de contar con una comunicación más clara y efectiva.

Figura 6

Mapa de empatía del personal de limpieza



Fuente: Elaboración propia

A través del uso de estas herramientas se logró captar la voz del cliente, lo que permitió identificar las siguientes necesidades claves como: gestionar eficientemente el volumen de estudiantes, garantizar la transparencia de la información, aumentar la capacidad de respuesta, proporcionar flexibilidad en la planificación para adaptarse a cambios de última hora, optimizar la asignación de recursos, mejorar la precisión en la predicción de la demanda estudiantil y reducir el tiempo requerido para la planificación.

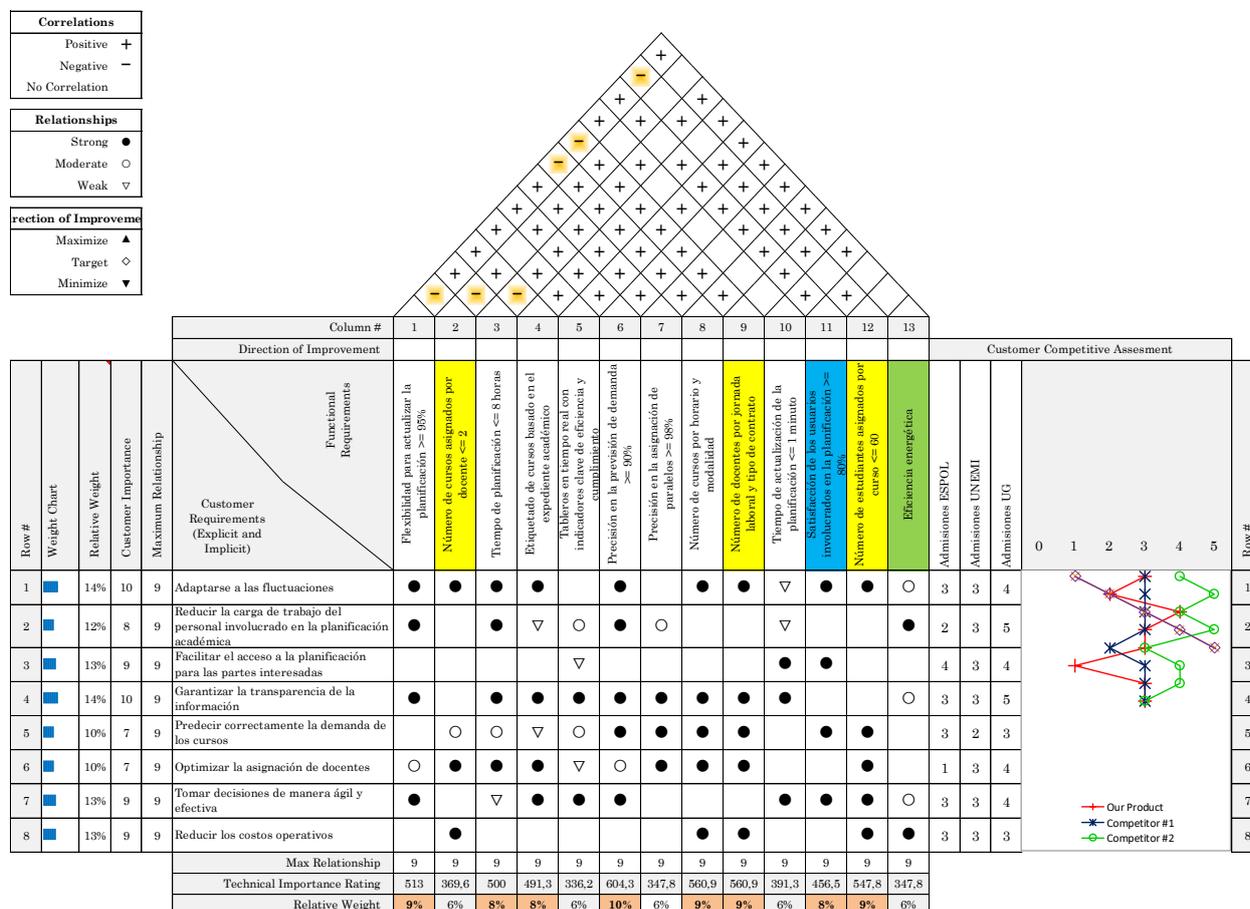
2.1.3 Casa de la Calidad (QDF)

Una vez identificadas las necesidades del cliente, estas se tradujeron en especificaciones de diseño. Para cuantificar la importancia de cada requerimiento, se empleó la metodología QFD (Figura 6.) en el que se asignaron ponderaciones según la relación entre la necesidad y el requerimiento: 9 para una relación fuerte, 3 para una relación media, 1 para una relación débil y 0 si no existía relación.

Como requerimientos críticos de diseño se seleccionaron aquellos cuya importancia osciló entre un rango del 8% al 10%. Estos incluyeron: flexibilidad para actualizar la planificación ($\geq 95\%$), tiempo de planificación (≤ 8 horas), etiquetado de cursos basado en el expediente académico, precisión en la previsión de demanda ($\geq 90\%$), número de cursos por horario y modalidad, número de docentes por jornada laboral y tipo de contrato, satisfacción de los usuarios involucrados en la planificación ($\geq 80\%$) y número de estudiantes asignados por curso (≤ 60).

Figura 7

Quality Function Deployment (QFD)



Fuente: Elaboración propia

Además, se definieron métricas específicas dentro del marco del enfoque Triple Bottom Line. Las métricas económicas incluyeron: número de cursos asignados por docente (≤ 2), número de docentes por jornada laboral y tipo de contrato, y número de estudiantes asignados por curso (≤ 60). La métrica social se basó en la satisfacción de los usuarios involucrados en la planificación ($\geq 80\%$), mientras que la métrica ambiental correspondió a la eficiencia energética.

El proyecto estuvo alineado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 4: Educación de calidad, buscando contribuir a la mejora de los procesos educativos y la optimización de recursos.

2.1.4 Punto de vista (POV)

El punto de vista (POV) se construyó integrando a los usuarios, sus necesidades y un insight clave identificado durante la definición del proyecto, lo que dio como resultado el siguiente enunciado: “La Coordinadora Académica, la Coordinadora General y la Asistente del área de Admisiones necesitan mejorar la planificación académica y la capacidad de respuesta frente a las fluctuaciones en la demanda de cursos de nivelación, lo que implica adaptarse a variaciones en la asistencia, modalidades, deserción estudiantil y restricciones de infraestructura, mientras optimizan el uso de los recursos disponibles y minimizan los reprocesos porque el proceso actual de planificación es manual, requiere un esfuerzo considerable y puede extenderse durante varios días. Además, se caracteriza por su falta de flexibilidad y su alta dependencia de Excel, lo que genera ineficiencias y dificulta una respuesta ágil ante cambios inesperados. Esta situación impacta negativamente tanto en la satisfacción como en el uso adecuado de los recursos humanos y físicos”.

2.2 Recolección de datos

En esta fase se llevó a cabo la recopilación y validación de información, obtenida como resultado de una planificación minuciosa mediante el plan de recolección de datos.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Para la recopilación de la información, se desarrollaron entrevistas en donde se pudo identificar la información que tenía disponible el personal encargado, así como también una métrica deseable para ellos.

Figura 8*Plan de recolección de datos*

¿QUIÉN?	¿QUÉ?	¿CUÁNDO?	¿DÓNDE?	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?	MÉTODO DE VERIFICACIÓN			
Responsable	Definición operacional	Unidad de medición	Tipo de dato	Fecha	Lugar-Origen	Uso futuro	Método de observación	Método de recolección	MÉTODO DE VERIFICACIÓN
Paula Granda & Domenica Idrovo	Número total de cursos ofertados por cada franja horaria (mañana, tarde) y por modalidad (presencial o virtual).	Cantidad de cursos	Cuantitativo-Discreto	Desde el 25 de octubre del 2024	Sistema de planificación	Conocer cuantos y en que modalidades se manejan los cursos para analizar la distribución de la oferta de cursos y asegurar un balance entre horarios y modalidades	Entrevista-Revisión documental	Descargar la distribución de cursos por horario y modalidad de los últimos 3 cursos de nivelación.	Comparar con el histórico de cursos de años anteriores
Paula Granda & Domenica Idrovo	Número de profesores por jornada laboral y tipo de contrato.	Cantidad de profesores	Cuantitativo-Discreto	Desde el 25 de octubre del 2024	Base de datos de recursos humanos	Asegurar una adecuada distribución de carga de trabajo entre los profesores y su relación con la cantidad de cursos ofertados	Entrevista-Revisión documental	Descarga la distribución de docentes y datos de asignación de docentes para comparar con la planeación.	Verificar que la asignación de profesores sea coherente con las jornadas y tipos de contratos establecidos
Paula Granda & Domenica Idrovo	Número total de estudiantes por subárea.	Estudiantes/curso	Cuantitativo-Discreto	Desde el 25 de octubre del 2024	Sistema de planificación	Asegurar que la distribución de estudiantes no sobrepase la capacidad, para garantizar una correcta distribución de recursos	Revisión documental	Extraer del sistema de planeación el número de estudiantes asignados por subárea.	Comparar con la restricción de <= 60 estudiantes por curso
Paula Granda & Domenica Idrovo	Porcentaje de cursos correctamente etiquetados.	%	Cuantitativo-Discreto	Desde el 2 de enero del 2024	Sistema de planificación	Asegurar que los cursos estén correctamente etiquetados de acuerdo al historial académico del estudiante	Revisión documental	Extraer las etiquetas de los cursos de la base de datos y cruzalas con el historial académico.	Comparar las etiquetas asignadas automáticamente con la precisión esperada en el historial
Paula Granda & Domenica Idrovo	Porcentaje de usuarios involucrados satisfechos con la planificación.	%	Cuantitativo-Discreto	Desde el 25 de octubre del 2024	Encuesta	Evaluar la percepción de los estudiantes respecto a la planificación y asignación de cursos	Google Forms	Aplicar encuestas de satisfacción a los usuarios involucrados en la planificación.	Comparar los resultados de las encuestas con la meta establecida del 80% de satisfacción
Paula Granda & Domenica Idrovo	Tiempo total que toma completar el proceso de planificación.	Horas	Cuantitativo-Continuo	Desde el 25 de octubre del 2024	Sistema de planificación	Validar que el proceso completo de planificación no exceda las 8 horas	Observación	Medir el tiempo que tarda el sistema en completar el proceso de planeación a partir de la entrada de datos.	Comparar los registros de tiempos de planificación con la meta de <= 8 horas
Paula Granda & Domenica Idrovo	Porcentaje de coincidencia entre el pronóstico y la demanda real.	%	Cuantitativo-Continuo	Desde el 25 de octubre del 2024	Sistema de planificación	Asegurar que las predicciones de demanda reflejen la realidad con un margen de error mínimo	Revisión documental	Descargar los pronósticos de los 3 cursos anteriores y compáralos con los resultados reales.	Comparar los pronosticos con la demanda real de los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallará cada definición operacional mostradas en la Figura 7:

1. Número total de cursos ofertados por cada franja horaria (mañana, tarde) y por modalidad (presencial o virtual).

Figura 9*Número total de cursos ofertados por franja horaria de manera presencial*

Presencial	oct-23	feb-24	may-24
07:00 - 09:00	28		
09:00 - 10:00			1
09:00 - 11:00	30		
11:00 - 12:00			1
11:00 - 13:00	24		
13:00 - 14:00	5	3	
14:00 - 16:00	30		
14:30 - 16:30	1		
16:00 - 18:00	23		
08:00 - 10:00		20	26
09:00 - 12:00		1	
10:00 - 12:00		17	29
11:00 - 12:00			1
12:00 - 13:00		4	11
13:00 - 15:00		12	20
14:00 - 15:00			1
15:00 - 16:00		2	
15:00 - 17:00		7	24
17:00 - 18:00		1	3
Total	141	67	117

Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Número total de cursos ofertados por franja horaria de manera virtual

Virtual	oct-23	feb-24	may-24
07:00 - 09:00	10		
09:00 - 10:00			
09:00 - 11:00	6		
11:00 - 12:00			
11:00 - 13:00	5		
13:00 - 14:00	2		
14:00 - 16:00	10		
14:30 - 16:30			
16:00 - 18:00	10		
08:00 - 10:00		1	1
09:00 - 12:00			
10:00 - 12:00		2	3
11:00 - 12:00			
12:00 - 13:00			1
13:00 - 15:00		1	
14:00 - 15:00			
15:00 - 16:00		1	
15:00 - 17:00		2	2
17:00 - 18:00		1	
Total	43	8	7

Fuente: Elaboración propia

2. Número de profesores por jornada laboral y tipo de contrato.

Figura 11

Número total de docentes por jornada laboral con contrato civil

Contrato civil	oct-23	feb-24	may-24	oct-24
Medio tiempo	19	0	10	6
Tiempo completo	18	0	7	3
Tiempo parcial		0	4	4
Total	37	0	21	13

Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Número total de docentes por jornada laboral con contrato de relación de dependencia

Relación de dependencia	oct-23	feb-24	may-24	oct-24
Medio tiempo	11	1	1	1
Tiempo completo	35	29	29	29
Tiempo parcial		0	0	0
Total	46	30	30	30

Fuente: Elaboración propia

3. Número total de estudiantes por subárea asignada.

Figura 13*Número total de estudiantes por subárea en octubre 2023*

Octubre 2023		3724
SUBAREA		Total
ARTE		224
CIENCIA BIOLOGÍA		110
CIENCIA E INGENIERÍAS APLICADAS GRUPO I		788
EDUCACION COMERCIAL		263
HUMANIDADES		37
INGENIERÍAS APLICADAS GRUPO II		18
INGENIERÍAS TRADICIONALES		2028
SALUD		201
SERVICIOS		55
Total		3724

Fuente: Elaboración propia

Figura 14*Número total de estudiantes por subárea en febrero 2024*

Febrero 2024		2020
SUBAREA		Total
ARTE		36
CIENCIA BIOLOGÍA		117
CIENCIA E INGENIERÍAS APLICADAS GRUPO I		350
EDUCACION COMERCIAL		123
HUMANIDADES		20
INGENIERÍAS APLICADAS GRUPO II		45
INGENIERÍAS TRADICIONALES		1298
SALUD		31
Total		2020

Fuente: Elaboración propia

Figura 15*Número total de estudiantes por subárea en mayo 2024*

Mayo 2024		5523
SUBAREA		Total
ARTE		211
CIENCIA BIOLOGÍA		184
CIENCIA E INGENIERÍAS APLICADAS GRUPO I		1094
CIENCIAS E INGENIERÍAS		3082
EDUCACION COMERCIAL		347
INGENIERÍAS APLICADAS GRUPO II		349
SALUD		92
SERVICIOS		164
Total		5523

Fuente: Elaboración propia

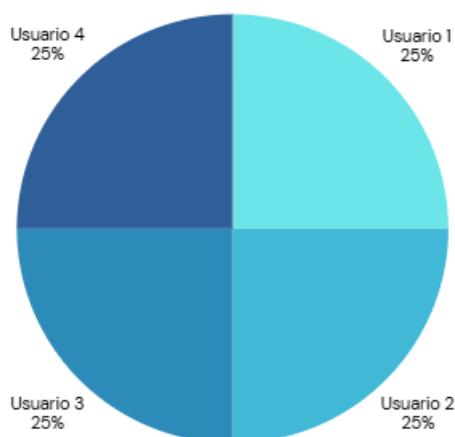
4. Porcentaje de cursos correctamente etiquetados.

Esta métrica se planea implementar en el nuevo sistema de planificación, por lo que en la fecha mostrada en la Figura 7 se especifica que será el 2 de enero del 2025.

5. Porcentaje de usuarios involucrados satisfechos con la planificación.

Figura 16

Porcentaje de satisfacción de los usuarios involucrados en la planificación



Fuente: Elaboración propia

6. Tiempo total que toma completar el proceso de planificación.

Figura 17

Tiempo de planificación en horas por periodo académico

Periodo	Tiempo de planificación (horas)
oct-23	41
feb-24	35
may-24	39
oct-24	45
Promedio	40

Fuente: Elaboración propia

7. Porcentaje de coincidencia entre el pronóstico y la demanda real.

Figura 18

Porcentaje de coincidencia entre el pronóstico y la demanda por periodo académico

Periodo	% Pronóstico vs demanda
oct-23	4%
feb-24	74%
may-24	74%
oct-24	30%
Promedio	46%

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Verificación de los datos

En cualquier proceso de análisis, la verificación de los datos representó un factor clave para garantizar la precisión y veracidad de los resultados obtenidos. La calidad de la información impactó en las conclusiones y decisiones que se tomaron a partir de ellas. A continuación, se presentó un desglose de las evidencias de la información recopilada en el plan de recolección de datos.

En el sistema utilizado para subir la planificación académica llamado Sistema de Control de Admisiones Gobierno (SCA Gobierno), se evidenció la confiabilidad de la información presentada en las Figuras 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

Figura 19

Registro de planificación por paralelo

Planificación Paralelo - Modificar Registro

Nuevo Grabar Eliminar Salir

Paralelo N° ING33

Profesor Principal: 0924182132 CHRISTIAN JHONNY CONTRERAS ROCHA Definir Profesor

Asesor: Definir Asesor

Materia: ADM001081 MATEMÁTICAS (2020) Es Examen

Método Calificación: MÉTODO CURSO OCTUBRE 2023 Ver Detalle Usar Metodo por curso

Tipo Materia: Teórica/Práctica N° Horas Teóricas: 5 N° Horas Prácticas: 5

Total Horas Teóricas: 5 Total Horas Prácticas: 5 Número Créditos: 0.00

Nota Tope Evaluación: 10.00 Porc. Aprob Materia: 0.00

Información de Cupo

Mínimo: 0 Máximo: 49 Disponible: 6 N°. Registrados: 43 Cupo Novato: 45 Cupo Repetidor: 4

Es Aprendizaje Activo? Tiene Mejoramiento

Información General Horario de Clases Horario de Exámenes Fechas Ingreso Calificaciones Profesores Colaboradores

Fecha Inicio: 23/9/2024 Fecha Fin: 10/1/2025

Realiza la actividad en: OFADM OFICINA DE ADMISIONES

Es Presencial Es Híbrido Es E-learning Es Modalidad Virtual

Fuente: SCA gobierno

Figura 20

Planificación de cursos por periodo académico, área y horario

Planificación de Cursos

Nuevo Bloque Eliminar Bloque Crear Paralelo Salir

Periodo Académico: E024 NIVELACIÓN DE CARRERA SEPTIEMBRE 2024

Bloques	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
EDC5 EDUCACION COMERCIAL	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6	H-7
EDC6 EDUCACION COMERCIAL	H-8	H-9	H-10	H-11	H-12	H-13	H-14
EDC7 EDUCACION COMERCIAL	H-15	H-16	H-17	H-18	H-19	H-20	H-21
EDC8 EDUCACION COMERCIAL	H-22	H-23	H-24	H-25	H-26	H-27	H-28
ING1 CIENCIAS E INGENIERÍAS	H-29	H-30	H-31	H-32	H-33	H-34	H-35
ING10 CIENCIAS E INGENIERÍAS	H-36	H-37	H-38	H-39	H-40	H-41	H-42
ING11 CIENCIAS E INGENIERÍAS	MATEMÁTICAS (2020) Par.-ING33 AULA:AULA VIRTUAL 8	MATEMÁTICAS (2020) Par.-ING33 AULA:AULA VIRTUAL 8	MATEMÁTICAS (2020) Par.-ING33 AULA:AULA VIRTUAL 8	MATEMÁTICAS (2020) Par.-ING33 AULA:AULA VIRTUAL 8	MATEMÁTICAS (2020) Par.-ING33 AULA:AULA VIRTUAL 8	H-48	H-49
ING12 CIENCIAS E INGENIERÍAS						H-55	H-56
ING13 CIENCIA BIOLOGÍA						H-62	H-63
ING14 CIENCIA E INGENIERÍA...						H-69	H-70
ING15 CIENCIA E INGENIERÍA...	H-71	H-72	H-73	H-74	H-75	H-76	H-77
ING16 CIENCIA E INGENIERÍA...	H-78	H-79	H-80	H-81	H-82	H-83	H-84
ING17 CIENCIAS E INGENIERÍAS	H-85	H-86	H-87	H-88	H-89	H-90	H-91
ING18 CIENCIA E INGENIERÍA...	H-92	H-93	H-94	H-95	H-96	H-97	H-98
ING19 CIENCIA E INGENIERÍA...	H-99	H-100	H-101	H-102	H-103	H-104	H-105
ING2 CIENCIAS E INGENIERÍAS	H-106	H-107	H-108	H-109	H-110	H-111	H-112
	H-113	H-114	H-115	H-116	H-117	H-118	H-119

Fuente: SCA gobierno

Figura 23

Registro de planificación por paralelo donde se evidencia el número de estudiantes registrados por curso

Planificación Paralelo - Modificar Registro

Nuevo Grabar Eliminar Salir

Paralelo Nº ING33

Profesor Principal: 0924182132 CHRISTIAN JHONNY CONTRERAS ROCHA Definir Profesor

Asesor: Definir Asesor

Materia: ADM001081 MATEMÁTICAS (2020) Es Examen

Método Calificación: MÉTODO CURSO OCTUBRE 2023 Usar Metodo por curso

Tipo Materia: Teórica/Práctica Nº Horas Teóricas: 5 Nº Horas Prácticas: 5

Total Horas Teóricas: 5 Total Horas Prácticas: 5 Número Créditos: 0.00

Nota Tope Evaluación: 10.00 Porc. Aprob Materia: 0.00

Información de Cupo

Mínimo: 0 Máximo: 49 Disponible: 6 Nº. Registrados: 43 Cupo Novato: 45 Cupo Repetidor: 4

Es Aprendizaje Activo? Tiene Mejoramiento

Información General Horario de Clases Horario de Exámenes Fechas Ingreso Calificaciones Profesores Colaboradores

Nuevo Eliminar

Día	Hora Inicio	Hora Fin	Aula
Lunes	10:00	12:00	AULA VIRTUAL 8
Martes	10:00	12:00	AULA VIRTUAL 8
Miércoles	10:00	12:00	AULA VIRTUAL 8
Jueves	10:00	12:00	AULA VIRTUAL 8
Viernes	10:00	12:00	AULA VIRTUAL 8

Fuente: SCA gobierno

Figura 24

Reporte de estudiantes registrados por paralelo donde se evidencia la subárea a la que este pertenece

AP0000002 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Página 1 de 78
 SISTEMA ACADÉMICO 2024-11-13 12:08 a.11.p.11.

espol

PARALELOS Y CUPOS PLANIFICADOS
 TÉRMINO ACADÉMICO: NIVELACIÓN DE CARRERA SEPTIEMBRE

BLOQUE ING33 **INGENIERÍAS APLICADAS GRUPO II**

CÓDIGO : ADM001081 MATERIA : MATEMÁTICAS (2020)

PARALELO ING33 PROFESOR CONTRERAS ROCHA CHRISTIAN JHONNY

CUPOS : 49 #REGISTRADO: 43

HORARIO DE CLASES

FECHA	DIA	HORA INICIO	HORA FIN	AULA
	MARTES	10:00:00	12:00:00	AULA VIRTUAL 8
	LUNES	10:00:00	12:00:00	AULA VIRTUAL 8
	MIERCOLES	10:00:00	12:00:00	AULA VIRTUAL 8
	JUEVES	10:00:00	12:00:00	AULA VIRTUAL 8
	VIERNES	10:00:00	12:00:00	AULA VIRTUAL 8

Fuente: SCA gobierno

La información presentada en la figura 15 se puede verificar a través de los resultados de la encuesta realizada a los usuarios involucrados en la planificación.

Figura 25

Resultados de la pregunta 8 correspondiente a la encuesta de satisfacción realizada a los usuarios involucrados en la planificación

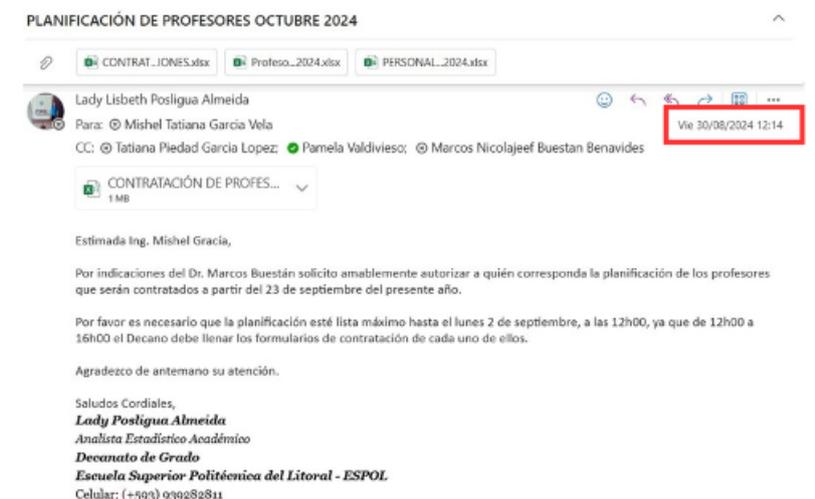


Fuente: Google Forms

El tiempo promedio de planificación que se encuentra en la Figura 16 se calculó considerando el intervalo de tiempo desde que se solicita la planificación hasta que esta se envía a través de correo electrónico.

Figura 26

Solicitud de planificación académica para el periodo correspondiente a octubre del 2024.



Fuente: Outlook

Figura 27

Envío de planificación académica del periodo octubre 2024 por parte de la persona responsable



Fuente: Outlook

El porcentaje de coincidencia del pronóstico y la demanda por periodo académico fue calculado a partir de la información compartida vía correo electrónico por la persona responsable de considerar la oferta académica, para llevar a cabo el proceso de planificación.

Figura 28

Envío de planificación por periodo y oferta académica por parte del responsable



Fuente: Outlook

Figura 29

Archivo de Excel con la oferta y demanda por periodo académico

Fuente: Excel

Figura 30

Cálculo del porcentaje de coincidencia del pronóstico y la demanda

CARRERAS	FACULTAD	SUBAREA	AREA	CURSO OCTUBRE 2023				
				TOTAL CUPOS OFERTADOS NIVELACIÓN CUPO 25-2023	TOTAL CUPOS ACEPTADOS NIVELACIÓN CUPO 25-2023	MATRICULADOS CON CUPO 25-2023	MATRICULADOS OTROS CUPOS	PORCENTAJE DE COINCIDENCIA OCTUBRE 2023
AUDITORIA Y CONTROL DE GESTIÓN	FCSH	UCACION COMERCIO	EDUCACION COMERCIAL	80	80	77	$=(ABS(1-ABS((80-77)/80)))$	

Fuente: Excel

2.3 Análisis

Para la fase de análisis se hizo una revisión bibliográfica de los diversos modelos de asignación de horarios universitarios. A partir de esta revisión se evaluó las ventajas y desventajas de cada uno con el propósito de seleccionar el modelo más adecuado.

2.3.1 Evaluación de opciones de diseño

Durante la revisión de la literatura, se encontró diversos modelos de asignación de planificación horaria universitaria, tales como: Redes Neuronales, Generación de Columnas, Búsqueda Tabú, Algoritmos Genéticos y GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure). Sin embargo, ninguno de estos modelos, cuando se consideraban de forma aislada, cumplió con todas las especificaciones de diseño críticas, especialmente en términos de la precisión para la previsión de la demanda. Por esta razón, se decidió desarrollar como opciones

de diseño las combinaciones de los modelos. En estas combinaciones, las Redes Neuronales se utilizaron como punto de partida (input) para alimentar los demás enfoques, a excepción de la combinación específica de GRASP con Programación Entera, que se diseñó de manera independiente.

Como primera opción de diseño se obtuvo la combinación de Redes Neuronales y la Generación de Columnas, ya que permitió abordar problemas de gran escala al dividirlos en subconjuntos más manejables. La principal ventaja de este modelo fue que ofreció una solución altamente optimizada para problemas complejos con muchas variables, sin embargo, presentó una desventaja como la elevada complejidad computacional ya que demandó tiempos prolongados de procesamiento y mostró una estructura rígida.

La segunda opción de diseño que se consideró fue Redes Neuronales y Programación Entera que proporcionó un equilibrio entre precisión y velocidad, debido a que las Redes Neuronales facilitaron la predicción de patrones y la Programación Entera permitió encontrar la mejor solución posible maximizando los beneficios. Las ventajas fueron mayor flexibilidad y capacidad para adaptarse a cambios en las restricciones. Por otro lado, este modelo presentó limitaciones ya que se tuvo que ajustar múltiples parámetros para evitar soluciones subóptimas.

La siguiente opción fue las Redes Neuronales y los Algoritmos Genéticos que destacó por su capacidad para explorar un amplio espacio de soluciones y encontrar configuraciones óptimas en escenarios con alta variabilidad. Esta combinación potenció la adaptabilidad y permitió una planificación robusta, pero entre sus desventajas estuvieron un mayor tiempo de procesamiento y una menor capacidad para gestionar restricciones específicas de forma precisa.

Como última opción, GRASP y Búsqueda Tabú, que combinó la capacidad de GRASP para generar soluciones iniciales de alta calidad con la eficacia de la búsqueda tabú en la optimización local. Ofreció ventajas en términos de simplicidad y velocidad de implementación,

pero no fue tan efectivo para problemas con un gran número de restricciones duras, ya que alcanzaba soluciones subóptimas en comparación con otros modelos.

2.3.2 Análisis financiero

Para evaluar los beneficios económicos de cada opción de diseño, se realizó un análisis financiero detallado en donde se asumió una vida útil de 5 años con una tasa de descuento del 10%. En este análisis, se determinó el costo inicial en función de las horas requeridas para desarrollar cada modelo, así como el costo estimado por hora. Para cuantificar el beneficio anual se consideraron tanto los beneficios directos como los indirectos.

En cuanto a los beneficios directos, se utilizó el tiempo actual de planificación estimado en 40 horas (worst case) y se comparó con el tiempo requerido por el modelo propuesto. La diferencia entre ambos tiempos representó el ahorro en horas, el cual se multiplicó por el costo por hora y por el número de periodos académicos en el año.

Por otro lado, los beneficios indirectos se calcularon considerando el nivel de satisfacción y eficiencia logrados. Para ello, se utilizó el costo por estudiante, la cantidad promedio de estudiantes y el porcentaje de mejora en la satisfacción estudiantil basado en investigaciones que indican que una planificación académica eficiente influye en el rendimiento de los estudiantes reflejándose en mayores tasas de aprobación. A esto se añadió el ahorro en recursos tales como materiales de impresión, personal y otros elementos operativos.

Figura 31

Redes Neuronales + Generación de Columnas

Horas de trabajo estimadas	350 horas	Tiempo de planificación actual	40 horas
Costo por hora estimado	30 \$/h	Tiempo de planificación con el método propuesto	8 horas
Costo inicial	\$ 10.500,00	Costo por hora de trabajo manual	30 \$/h
Beneficio anual estimado	\$ 4.461,83	Numero de cursos de nivelacion	3 cursos/año
VPN	\$ 6.413,83	Beneficios directos (tiempo y errores)	\$ 2.880,00 \$/año
TIR	20%	Costo por estudiante	\$ 252,17 \$/estudiante
		Cantidad promedio de estudiantes	2109 estudiantes
		Costos de recursos	\$ 1.050,00 \$/año
		Beneficios indirectos (satisfacción y eficiencia)	\$ 1.581,83 \$/año
		Total de beneficios	\$ 4.461,83 \$/año

Fuente: Elaboración propia

La primera opción de diseño (Figura 31.) fue excelente para escenarios con alta complejidad, pero implicó un costo inicial elevado.

Figura 32

Redes Neuronales + Algoritmos Genéticos

Horas de trabajo estimadas	250 horas	Tiempo de planificación actual	40 horas
Costo por hora estimado	20 \$/h	Tiempo de planificación con el método propuesto	9 horas
Costo inicial	\$ 5.000,00	Costo por hora de trabajo manual	30 \$/h
Beneficio anual estimado	\$ 4.371,83	Numero de cursos de nivelacion	3 cursos/año
VPN	\$ 11.572,66	Beneficios directos (tiempo y errores)	\$ 2.790,00 \$/año
TIR	67%	Costo por estudiante	\$ 252,17 \$/estudiante
		Cantidad promedio de estudiantes	2109 estudiantes
		Costos de recursos	\$ 1.050,00 \$/año
		Beneficios indirectos (satisfacción y eficiencia)	\$ 1.581,83 \$/año
		Total de beneficios	\$ 4.371,83 \$/año

Fuente: Elaboración propia

La segunda opción de diseño (Figura 32.) fue buena para problemas muy complejos, aunque resultó menos eficiente en escenarios con escalabilidad media.

Figura 33

Redes Neuronales + Programación Entera

Horas de trabajo estimadas	300 horas	Tiempo de planificación actual	40 horas
Costo por hora estimado	30 \$/h	Tiempo de planificación con el método propuesto	6 horas
Costo inicial	\$ 9.000,00	Costo por hora de trabajo manual	30 \$/h
Beneficio anual estimado	\$ 9.428,27	Numero de cursos de nivelacion	3 cursos/año
VPN	\$ 26.740,54	Beneficios directos (tiempo y errores)	\$ 3.060,00 \$/año
TIR	83%	Costo por estudiante	\$ 252,17 \$/estudiante
		Cantidad promedio de estudiantes	2109 estudiantes
		Costos de recursos	\$ 1.050,00 \$/año
		Beneficios indirectos (satisfacción y eficiencia)	\$ 6.368,27 \$/año
		Total de beneficios	\$ 9.428,27 \$/año

Fuente: Elaboración propia

La tercera opción de diseño (Figura X.) fue la mejor opción balanceando el costo inicial, la rapidez y los beneficios anuales.

Figura 34

GRASP + Programación Entera

Horas de trabajo estimadas	275 horas	Tiempo de planificación actual	40 horas
Costo por hora estimado	20 \$/h	Tiempo de planificación con el método propuesto	7 horas
Costo inicial	\$ 5.500,00	Costo por hora de trabajo manual	30 \$/h
Beneficio anual estimado	\$ 4.551,83	Numero de cursos de nivelacion	3 cursos/año
VPN	\$ 11.755,00	Beneficios directos (tiempo y errores)	\$ 2.970,00 \$/año
TIR	62%	Costo por estudiante	\$ 252,17 \$/estudiante
		Cantidad promedio de estudiantes	2109 estudiantes
		Costos de recursos	\$ 1.050,00 \$/año
		Beneficios indirectos (satisfacción y eficiencia)	\$ 1.581,83 \$/año
		Total de beneficios	\$ 4.551,83 \$/año

Fuente: Elaboración propia

La tercera opción de diseño (Figura X.) fue el más rentable y rápido, pero menos preciso en comparación con los modelos híbridos de redes neuronales.

2.3.3 Matriz de Pugh

Para seleccionar la mejor opción de diseño, se utilizó la matriz de Pugh que permitió comparar todas las opciones de diseño con el sistema de planificación actual (modelo base). Cada alternativa fue evaluada, según las especificaciones de diseño críticas y otros criterios relevantes, mediante una puntuación basada en su comparación con el modelo base, donde se asignó un valor de (+1) si la alternativa resultaba mejor que el modelo base, 0 si era igual y (-1) si era peor.

Figura 35

Matriz de Pugh

Criterio	Peso	Planificación Manual (Base)	Redes Neuronales + Generación de Columnas	Redes Neuronales + Algoritmo Genético	Redes Neuronales + Programación Entera	Redes Neuronales
Flexibilidad para actualizar la planificación	9	0	1	1	1	1
Etiquetado de cursos según récord académico	7	0	1	1	1	1
Precisión de la previsión de la demanda	10	0	1	1	1	-1
Asignación de cursos, docentes y estudiantes	9	0	1	0	1	0
Satisfacción de los usuarios involucrados en la planificación	8	0	1	0	1	0
Rapidez de resolución (Tiempo de planificación <= 8 horas)	10	0	0	0	1	0
Cantidad de variables de respuesta	8	0	1	0	0	1
Escalabilidad	9	0	0	1	1	1
Facilidad de implementación	10	0	0	0	1	0
Mantenimiento del sistema	7	0	0	1	1	0
Robustez frente a incertidumbres	9	0	1	0	1	0
Puntajes			60	42	88	23

Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Tabla de ponderaciones

Mejor	(+1)
Igual	0
Peor	(-1)

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se determinó que la opción de diseño basada en Redes Neuronales y Programación Entera fue la solución más adecuada para el sistema de planificación académica, ya que cumplía con todas las especificaciones de diseño críticas y brindaba el mayor beneficio económico entre las alternativas evaluadas.

2.3.4 Modelo matemático

A continuación, se detallará la construcción del modelo considerando los conjuntos, parámetros y restricciones que se deben utilizar.

1. Definición de conjuntos

I Conjunto de materias {1 = Matemáticas, 2 = Física, 3 = Química}

J Conjunto de paralelos {1, ..., n}

T Conjunto de periodos {08:00 – 10:00, 10:00 – 12:00, 12:00 – 14:00, 14:00 – 16:00}

D Conjunto de días {1 = Lunes, ..., 5 = Viernes}

2. Parámetros

H_i Horas semanales requeridas por la materia i {Matemáticas: 10, Física: 6, Química: 4}

$C_{i,t}$ Costo de asignar la materia i en el periodo t (costos de preferencia cognitiva)

	1	2	3	4
Matemáticas	1	5	1000000	1000000
Física	5	1	1000000	1000000
Química	1000000	1000000	1	1000000

Indica en qué horarios deben evitarse la asignación.

D_i Demanda total de la materia i {Matemáticas: 693, Física: 615, Química: 385}

K Capacidad máxima por paralelo {45}

NT_c Número de profesores asignados por materia i {Matemáticas: 17, Física: 6, Química: 5}

3. Variables de decisión

$X_{i,j,d,t} \begin{cases} 1, & \text{Si la materia } i \text{ es asignada al paralelo } j \text{ el día } d \text{ en el periodo } t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

4. Función objetivo

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} C_{i,t} * X_{i,j,d,t}$$

La función objetivo minimiza asignaciones de horarios en periodos no ideales para cada asignatura.

s.t.

$$\sum_{d \in D} \sum_{t \in T} X_{i,j,d,t} = \frac{H_i}{2}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad \text{Cumplimiento de horas semanales por materia}$$

$$\sum_{t \in T} X_{i,j,d,t} \leq 1, \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall d \in D \quad \text{Máximo un periodo por día por materia y paralelo}$$

Garantizan que cada materia reciba el número exacto de horas necesarias en cada paralelo.

$$\sum_{d \in D} \sum_{t \in T} X_{i,j,d,t} = \frac{H_i}{2}, \quad \forall_i \in I, \forall_j \in J \text{ Todas las materias deben ser asignadas en cada paralelo}$$

Asegura que todos los paralelos tengan todas las materias asignadas.

$$\sum_{i \in \{\text{Matemáticas y Física}\}} X_{i,j,d,t} \geq \sum_{i \in \{\text{Matemáticas y Física}\}} X_{i,j,d,t+1} \quad \forall_j \in J, \forall_d \in D, \forall_t \in T \in \{1,2,3\}$$

Consecutividad entre materias (Matemáticas y Física)

*Para Química no se requiere consecutividad

$$x_{\text{Química},j,d,t} + x_{\text{Química},j,d,t+1} \leq 1 \quad \forall_j \in J, \forall_d \in D, \forall_t \in T \in \{1,2,3\}$$

$$\sum_{i \in I} X_{i,j,d,t} \leq 1, \quad \forall_j \in J, \forall_d \in D, \forall_t \in T \text{ Evita superposición}$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{t \in T} X_{i,j,d,t} = 2, \quad \forall_j \in J, \forall_d \in D \text{ Máximo 2 materias por día por paralelo}$$

$$X_{i,j,d,t} \in \{0,1\}, \quad \forall_i \in I, \forall_j \in J, \forall_d \in D, \forall_t \in T \text{ Restricción de tipo de variable}$$

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Resultados del modelo de redes neuronales artificiales (RNA)

Para la predicción de la demanda de cursos en el proceso de nivelación, se desarrolló el modelo en el lenguaje de programación Python. El modelo fue entrenado utilizando la biblioteca MLPRegressor de scikit-learn, configurado con dos capas ocultas de 100 y 50 neuronas, respectivamente y con la función de activación ReLU y optimizador Adam.

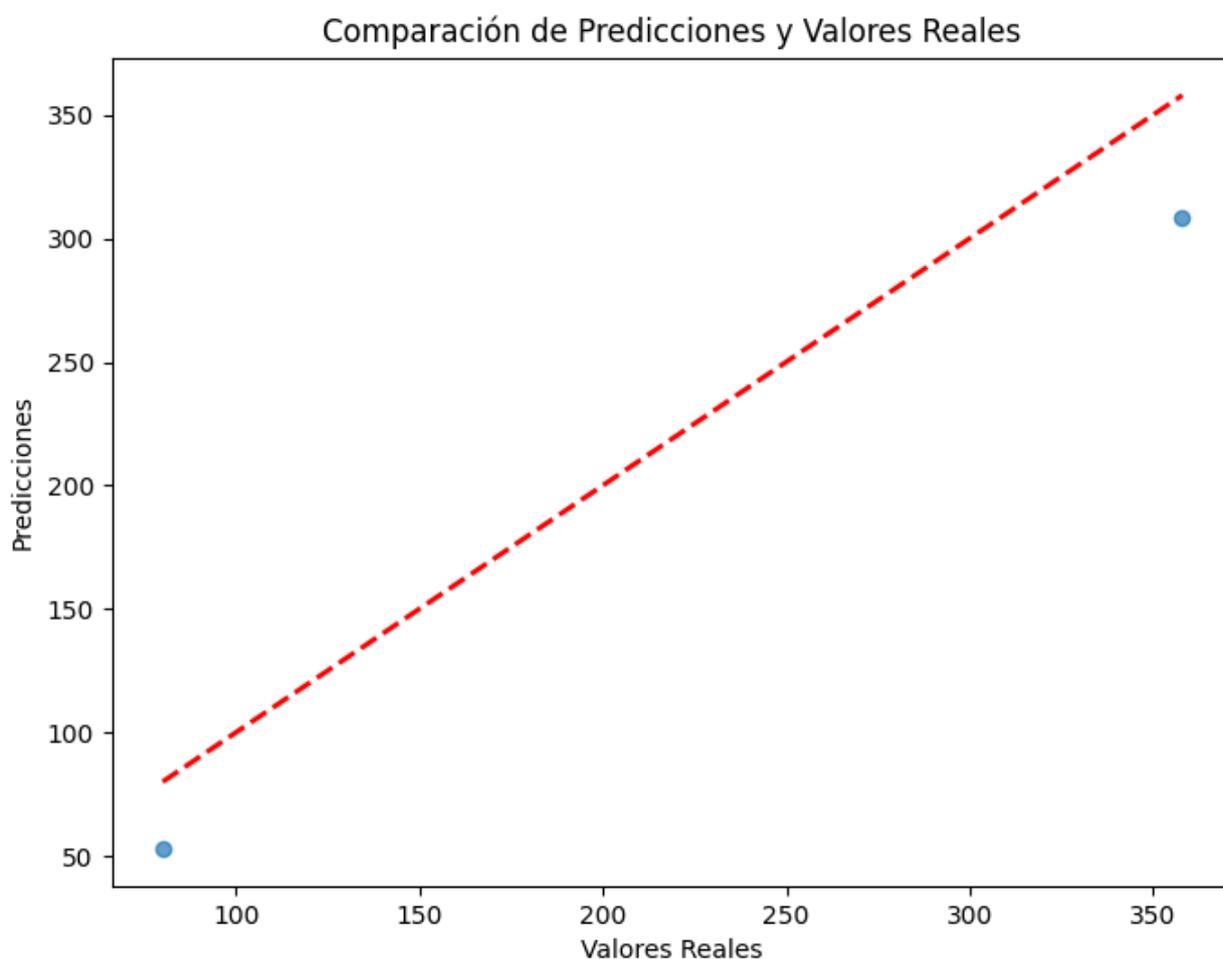
Los datos que se utilizaron para el entrenamiento son las variables como: el número de inscritos y asistentes al examen de ingreso, el número de cupos ofertados y aceptados en nivelación, la cantidad de estudiantes novatos y repetidores, el porcentaje de aprobados, la modalidad y el año. Estos datos fueron divididos en un conjunto de entrenamiento (80%) y un conjunto de prueba (20%) para evaluar el desempeño del modelo.

Para asegurar la correcta normalización de las variables, se aplicó un escalado mediante StandardScaler. Posteriormente, el modelo fue entrenado y validado utilizando las métricas de Error Absoluto Medio (MAE), Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y Coeficiente de Determinación (R^2).

Los resultados obtenidos muestran que el modelo logra una predicción precisa de la demanda de cursos con un R^2 de 0.917, lo que indica que el modelo explica el 91.7% de la variabilidad aproximadamente en la demanda de cursos. Además, se obtuvo un MAE de 38.270 y una RMSE de 39.928 estos valores reflejan una baja desviación en las predicciones. La Figura X presenta la comparación entre los valores reales y las predicciones generadas por el modelo lo que evidencia una fuerte correlación entre ambos.

Figura 37

Comparación de predicciones y valores reales



Fuente: Elaboración propia

El alto valor de R^2 se debe a que el modelo fue entrenado únicamente con los datos del curso de nivelación de febrero 2024. Si bien existen datos de años anteriores, las condiciones del proceso de admisión y nivelación han cambiado debido a un quiebre estructural, lo que impide su uso directo. Sin embargo, al alimentar al código con los datos suficientes se obtendrán resultados que validarán la capacidad del modelo para predecir la demanda de cursos en función de las variables consideradas, permitiendo una planificación académica más precisa y eficiente.

3.2 Resultados del modelo de programación entera

Se desarrolló el modelo en el lenguaje de programación Python, utilizando la biblioteca PuLP y ejecutándolo en Google Colab. El tiempo de resolución del modelo fue de 2.64 segundos con la versión del solver 2.9.0. En la Tabla X se presentan los datos utilizados para la construcción del modelo.

Figura 38

Demanda académica y recursos por asignatura

Parámetro	Matemáticas	Física	Química	Total
Demanda	693	615	385	1,693
Paralelos	16	14	9	16
Profesores	17	6	5	28
Horas por semana	10	6	4	-
Aulas disponibles	-	-	-	25
Capacidad del aula	-	-	-	45

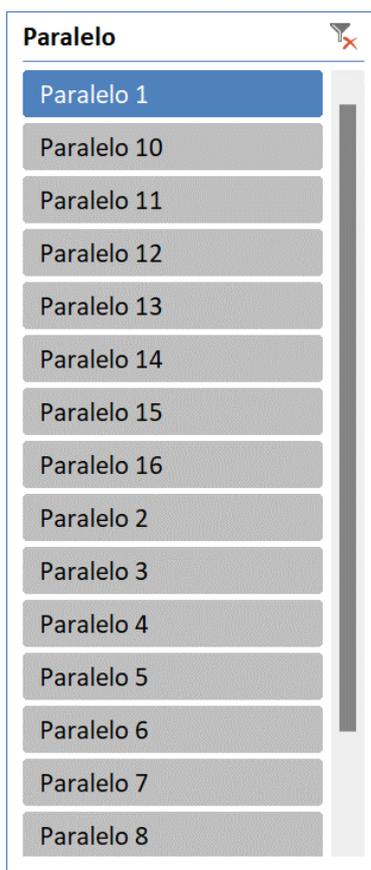
Fuente: Elaboración propia

El modelo genera como resultado un archivo Excel con la asignación de materias, paralelos, horarios y días. A partir de esta información, se estructuró una tabla dinámica para visualizar de manera más similar a un horario. El modelo nos da el siguiente horario para el paralelo 1:

Figura 39

Horario semanal de clases para el paralelo 1 en las asignaturas de matemáticas, física y química

Paralelo	Paralelo 1				
Máx. de Auxl	Semana				
Franja	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
08:00-10:00	Matemáticas	Matemáticas	Matemáticas	Matemáticas	Matemáticas
10:00-12:00	Física		Física		Física
12:00-14:00		Química		Química	



Fuente: Elaboración propia

El horario académico obtenido cumple con todas las restricciones establecidas como el cumplimiento de las horas semanales requeridas por materia, la consecutividad entre materias dentro de un mismo paralelo, la prevención de superposición, la asignación de un máximo de dos materias por día en cada paralelo y la consideración del rendimiento cognitivo de los estudiantes. Por ejemplo, las materias que requieren un mayor nivel de concentración como Matemáticas y Física se programaron en los periodos matutinos, mientras que Química, que es una materia de menor carga cognitiva, se le asignó en la jornada vespertina.

La ejecución del modelo toma aproximadamente 3 segundos. Sin embargo, para estimar el tiempo total de planificación, se estima un periodo de 8 horas, distribuidas de la siguiente manera:

- Recolección inicial de datos: 2 horas
- Definición de restricciones y prioridades: 1 hora

- Ejecución del modelo y ajustes (preferencias horarias, sobrecarga, espacios innecesarios): 2 horas
- Coordinación con profesores: 2 horas
- Publicación de horarios y ajustes finales: 1 hora

Lo que representa una reducción significativa en el tiempo de planificación académica, pasando de 40 horas con el proceso manual a solo 8 horas con el modelo propuesto.

3.3 Análisis de sensibilidad

Para evaluar la robustez del modelo y su comportamiento ante variaciones en las condiciones iniciales, se plantearon tres escenarios de sensibilidad:

3.3.1 Escenario 1

En este escenario se aumentó en un 20% la demanda de cada materia lo que dió como resultado en un incremento del número de paralelos en cada materia, manteniendo constante el número de profesores. La función objetivo aumentó de 131.19 a 155.79, reflejando la necesidad de más recursos académicos. Este resultado indica que el modelo logra adaptarse eficientemente a variaciones en la demanda, aunque produce una mayor carga operativa.

Figura 40

Comparación del modelo base y escenario 1 en la planificación académica

Parámetro	MODELO BASE				ESCENARIO 1				
	Matemáticas	Física	Química	Total	Matemáticas	Física	Química	Total	
Demanda	693	615	385	1,693	831.60	738	462	2031.60	
Paralelos	16	14	9	16	19	17	11	19	
Profesores	17	6	5	28	17	6	5	28	
Horas por semana	10	6	4	-	10	6	4	-	
Aulas disponibles	-	-	-	25	-	-	-	25	
Capacidad del aula	-	-	-	45	-	-	-	45	
Función Objetivo				131.19	Función Objetivo				155.79

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Escenario 2

En el segundo escenario se redujo la disponibilidad de profesores por materia, lo que impactó significativamente la asignación de horas de clase por semana. Obteniendo que la carga horaria de cada materia disminuyó, lo que evidencia que el número de docentes no es suficiente para cubrir la demanda de estudiantes por materia.

Figura 41

Comparación del modelo base y escenario 2 en la planificación académica

Parámetro	MODELO BASE				ESCENARIO 2			
	Matemáticas	Física	Química	Total	Matemáticas	Física	Química	Total
Demanda	693	615	385	1,693	693	615	385	1,693
Paralelos	16	14	9	16	16	14	9	16
Profesores	17	6	5	28	14	4	2	20
Horas por semana	10	6	4	-	4	4	2	-
Aulas disponibles	-	-	-	25	-	-	-	25
Capacidad del aula	-	-	-	45	-	-	-	45

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Escenario 3

Por último, se ajustó la distribución horaria de las materias en función de las preferencias del nivel cognitivo de los estudiantes sin alterar la cantidad de paralelos ni el número de profesores.

Figura 42

Costos de preferencia cognitiva del modelo base

Materias	08:00-10:00	10:00-12:00	12:00-14:00	14:00-16:00
Matemáticas	\$ 1	\$ 5	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
Física	\$ 5	\$ 1	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
Química	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 1	\$ 1,000,000

Fuente: Elaboración propia

Figura 43*Costos de preferencia cognitiva del escenario 3*

Materias	08:00-10:00	10:00-12:00	12:00-14:00	14:00-16:00
Matemáticas	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1	\$ 5
Física	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 5	\$ 1
Química	\$ 1	\$ 1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000

Fuente: Elaboración propia

Como resultado, la función objetivo alcanzó un valor muy alto de 128,000,032, lo que sugiere que el cambio en el costo del rendimiento cognitivo de los estudiantes afecta considerablemente en la eficiencia del modelo.

Figura 44*Comparación del modelo base y escenario 3 en la planificación académica*

Parámetro	MODELO BASE				ESCENARIO 3			
	Matemáticas	Física	Química	Total	Matemáticas	Física	Química	Total
Demanda	693	615	385	1,693	693	615	385	1,693
Paralelos	16	14	9	16	16	14	9	16
Profesores	17	6	5	28	17	6	5	28
Horas por semana	10	6	4	-	10	6	4	-
Aulas disponibles	-	-	-	25	-	-	-	25
Capacidad del aula	-	-	-	45	-	-	-	45
Función Objetivo				131.19	Función Objetivo			128,000,032.00

Fuente: Elaboración propia

3.4 Análisis del Impacto Social, Económico y Ambiental

3.4.1 Impacto Social

El impacto social se evaluó en dos aspectos: la reducción del tiempo de planificación académica y el nivel de satisfacción. En primer lugar, el tiempo de planificación se redujo en un 85 % pasando de 40 horas a tan solo 8 horas. Esto liberó 32 horas permitiendo que la

coordinadora académica se enfoque en actividades que aporten mayor valor a la calidad educativa.

Figura 45

Comparación del tiempo de planificación entre el proceso manual y propuesto

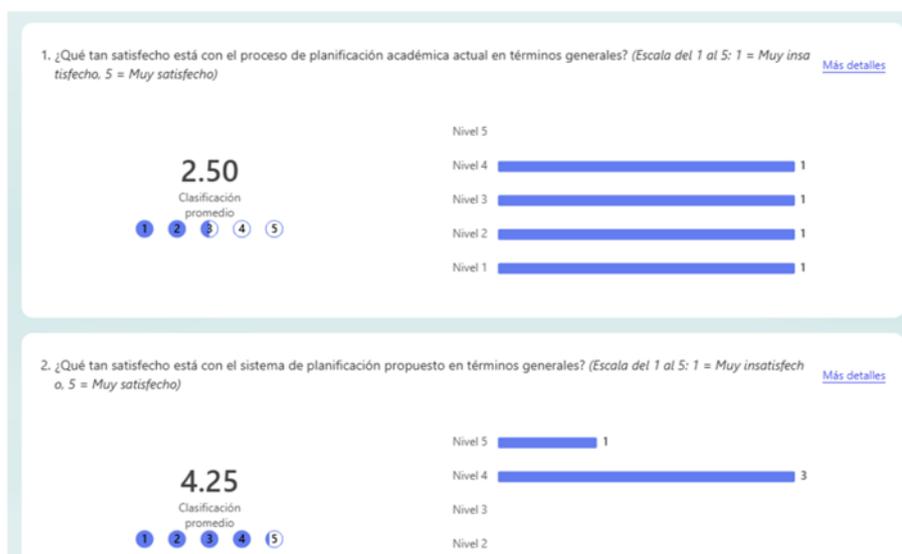


Fuente: Elaboración propia

Para medir el nivel de satisfacción, inicialmente se realizó una encuesta sobre el uso del modelo manual, la cual reflejó un 60 % de satisfacción. Luego de recibir la retroalimentación de los usuarios sobre el funcionamiento del modelo propuesto, el nivel de satisfacción aumentó al 85 % lo que implica una mejora del 25 %.

Figura 46

Resultados de la encuesta de satisfacción de usuarios involucrados en la planificación académica



Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Impacto Económico

El sistema de planificación académica propuesto tiene un impacto directo en la tasa de aprobación del curso de nivelación.

Figura 47

Mejora en la tasa de aprobación con el proceso propuesto

	Actual	Propuesto
Número de aspirantes	1,693	1,693
Tasa de aprobación	30%	45%
Número de aprobados	508	762

Fuente: Elaboración propia

Con el sistema actual, tienen una tasa de aprobación del 30% lo que equivale a 508 estudiantes aprobados. Sin embargo, con el sistema propuesto la tasa aumentaría al 45% lo que equivale a 762 estudiantes aprobados. Esto representa un incremento de 254 estudiantes adicionales que no tendrían que repetir el curso de Nivelación.

Este aumento se traduce en un beneficio económico significativo para los estudiantes y sus familias ya que en el sistema de la Institución de Educación Superior actual la primera matrícula es gratuita, pero en caso de reprobación, el estudiante debe pagar el valor correspondiente a la segunda matrícula.

El sistema propuesto evita la repetición del curso para 254 aspirantes, lo que reduce el gasto educativo de esos estudiantes, aliviando la carga económica y fomentando una mayor eficiencia en el proceso de admisión.

3.4.3 Impacto Ambiental

La optimización en la planificación académica no solo generó beneficios económicos y operativos, sino que también tiene un impacto ambiental significativo. Con el método actual, se planificaron 23 paralelos para cubrir la demanda mientras que, con el sistema propuesto, esta

misma demanda se atendió con 16 paralelos, lo que representa una reducción del 30% en el número de cursos necesarios.

Figura 48

Reducción del consumo energético con el proceso propuesto

	Actual	Propuesto
Número de paralelos	23	16
Consumo energético (kWh)	26,506.07	18,439.04

Fuente: Elaboración propia

Lo que significa un menor consumo energético ya que con el método actual el gasto estimado es de 26,506.07 kWh, mientras que con el propuesto se reducirá a 18,439.04 kWh, lo que equivale a un ahorro del 8,067.03 kWh.

$$\text{Ahorro (\%)} = \left(\frac{\text{Consumo actual} - \text{Consumo propuesto}}{\text{Consumo actual}} \right) \times 100$$

$$\text{Ahorro (\%)} = \left(\frac{26,506.07 - 18,439.04}{26,506.07} \right) \times 100$$

$$\text{Ahorro (\%)} = \left(\frac{8,067.03}{26,506.07} \right) \times 100$$

$$\text{Ahorro (\%)} = 30.44 \%$$

La disminución en el uso de electricidad conlleva una menor huella de carbono, alineándose con prácticas más sostenibles y contribuyendo a la reducción del impacto ambiental de la Institución.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

Una vez cumplida la aplicación de las fases necesarias en el desarrollo de nuestro proyecto, se lograron identificar y evaluar los aspectos clave del sistema de planificación académica. A partir de este análisis, se presentan las siguientes conclusiones:

- A través de entrevistas con personas clave y el análisis de datos históricos, se identificaron las principales necesidades en la planificación académica del curso de nivelación en el área de Admisiones. Esto permitió comprender los desafíos más relevantes y se propuso un diseño de sistema altamente adaptable, capaz de ajustarse a fluctuaciones y mejorar la eficiencia en la distribución de recursos.
- Se realizó un análisis detallado de los usuarios involucrados para determinar las especificaciones técnicas del sistema de planificación, garantizando que pueda adaptarse tanto a fluctuaciones históricas como a variaciones proyectadas. Este enfoque aseguró que el sistema fuera flexible y escalable para responder a futuras necesidades.
- Se diseñó un sistema de planificación que incorporó mecanismos de control cuantificables, permitiendo una gestión eficiente de los recursos, flexibilidad y una alta capacidad de respuesta ante cambios repentinos. Luego de analizar costos, tiempos y viabilidad técnica, se concluyó que el sistema es sostenible y proporciona una medición precisa del desempeño en la gestión de recursos.
- El sistema fue validado mediante pruebas piloto y prototipos, lo que permitió evaluar la satisfacción de los usuarios y la eficiencia general del sistema. Luego de las pruebas, se identificaron oportunidades de mejora y se realizaron los ajustes necesarios. Los resultados indicaron que el sistema satisface las necesidades de los usuarios y cumple eficazmente con las especificaciones técnicas establecidas.

4.1.2 Recomendaciones

- Se recomienda aumentar la cantidad de datos históricos disponibles para el entrenamiento del modelo de planificación académica. Un mayor volumen de datos permitirá capturar mejor las variaciones estacionales, los patrones de comportamiento de los estudiantes y los cambios en la oferta y demanda de cursos, mejorando la precisión de las predicciones a largo plazo.
- Se sugiere mejorar la interfaz de usuario del sistema para hacerla más intuitiva y accesible para los administradores académicos. La implementación de un panel visual en Power BI que muestre el estado de los horarios, las aulas disponibles y las asignaciones pendientes facilitará la toma de decisiones y aumentará la eficiencia en la gestión del sistema.
- Se recomienda integrar el modelo propuesto con los sistemas de gestión académica existentes, como aquellos utilizados para el registro de estudiantes o la asignación de aulas. Esta integración permitirá una mayor sincronización de datos y una automatización más fluida en la programación, evitando la duplicación de esfuerzos administrativos.

Referencias

- Qualizza, A., & Serafini, P. (2004, August). A column generation scheme for faculty timetabling. In International conference on the practice and theory of automated timetabling (pp. 161-173). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Desrosiers, J., & Lübbecke, M. E. (2005). Branch-and-price: Column generation for solving huge integer programs. In 50 years of integer programming 1958–2008 (pp. 309-335). Springer.
- Goldberg, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley.
- Holland, J. H. (1992). Adaptation in Natural and Artificial Systems. MIT Press.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). Introduction to operations research (9th ed.). McGraw-Hill.
- Winston, W. L. (2004). *Operations research: Applications and algorithms* (4th ed.). Duxbury Press.
- L. A. López. (2015). Redes neuronales aplicadas a la predicción de la demanda de energía. Revista de Ingeniería Eléctrica.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Schaerf, A. (1999). A survey of automated timetabling. *Artificial intelligence review*, 13, 87-127.
- Alva-Manchego, F. (2015). Generación inteligente de horarios utilizando GRASP con búsqueda tabú. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Feo, T. A., & Resende, M. G. C. (1995). Greedy Randomized Adaptive Search Procedures. *Journal of Global Optimization*, 6(2), 109-133.