

Algoritmos Evolutivos - 2025

Asignación de Salones para Exámenes

Martín Ochoa
Facultad de Ingeniería, UDELAR
Montevideo, Uruguay
Email: martin.ochoa@fing.edu.uy

Mateo Vargas
Facultad de Ingeniería, UDELAR
Montevideo, Uruguay
Email: mateo.vargas@fing.edu.uy

Resumen—En este informe se presenta una implementación de un algoritmo evolutivo que busca optimizar la asignación de salones a exámenes, considerando la separación temporal entre materias del mismo semestre, minimizando los recursos humanos necesarios para cada examen.

I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo aborda el problema de la **asignación de salones para exámenes** dentro de un periodo máximo de 25 días. El objetivo es generar un cronograma que respete las restricciones de aforo y horarios disponibles, maximice la distancia temporal entre materias de un mismo semestre (basándonos en la curricula sugerida de cada carrera), buscando además un uso eficiente de los recursos humanos.

II. JUSTIFICACIÓN DE USAR AE

Este tipo de problema pertenece a la categoría de *problemas de optimización combinatoria con restricciones*, caracterizado por un espacio de búsqueda de gran tamaño y múltiples objetivos en conflicto.

Tomando en consideración lo anterior, el uso de un algoritmo evolutivo se presenta como una alternativa apropiada para abordar este problema. Estos algoritmos destacan por su capacidad de explorar de manera eficiente amplios espacios de búsqueda, identificando soluciones de buena calidad en tiempos de ejecución razonables. Además, permiten tratar problemas con múltiples objetivos de forma natural, mediante enfoques como el frente de Pareto, que posibilitan obtener soluciones de compromiso entre diferentes criterios sin requerir la formulación de una única función objetivo.

III. ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN

A. Representación

Dado un conjunto de exámenes $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ y un conjunto de salones $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$, se busca asignar a cada examen:

- Un día $d_i \in [0, 24]$ (máximo 25 días),
- Una franja horaria
- Una asignación de salones $C_i \subseteq S$ tal que el aforo total de C_i cubra la cantidad de inscriptos en e_i .

El espacio de búsqueda se representa mediante un vector basado en *slots*. Cada slot corresponde a una posible asignación de examen y contiene la siguiente información:

$$\text{slot} = [\text{examen_index}, \text{dia}, \text{salon}_1, \text{salon}_2, \text{salon}_3, \text{salon}_4]$$

Donde:

- **examen_index**: Índice del examen (0 a $n - 1$, donde n es el número de materias). El valor n representa un slot vacío.
- **dia**: Índice del día preferido (0 a 24, correspondiente al período máximo de 25 días).
- **salon_i**: Índice del salón i (0 a $m - 1$, donde m es el número de salones). El valor m representa "sin salón adicional".

El vector completo tiene tamaño $n \times 6$, donde n es el número de exámenes (un slot por cada examen posible) y 6 corresponde al tamaño de cada slot (1 examen + 1 día + 4 salones).

La **decodificación** se realiza procesando cada slot en orden:

- 1) Si el examen es vacío, se ignora el slot.
- 2) Se obtienen los salones válidos (excluyendo el valor "sin salón").
- 3) Se busca el horario más temprano en el día preferido donde **todos** los salones estén libres simultáneamente.
- 4) Si no hay disponibilidad en el día preferido, se intenta en días cercanos.
- 5) Se asigna el examen a ese horario en todos los salones especificados.

Esta estrategia garantiza que todos los salones de un mismo examen compartan el mismo día y horario, cumpliendo la restricción de simultaneidad.

B. Funciones objetivo

Se definen dos funciones objetivo principales:

1) Minimizar cantidad de salones utilizados

$$f_1 = \sum_{k=1}^n C_k$$

donde C_k es la cantidad de salones asignados al examen e_k . Este objetivo busca minimizar el número total de asignaciones materia-salón, promoviendo un uso eficiente de los recursos.

2) Maximizar separación entre exámenes del mismo semestre

$$f_2 = -\frac{1}{|S|} \sum_{(i,j) \in S} |d_i - d_j|$$

donde S es el conjunto de pares de exámenes pertenecientes al mismo semestre y d_i, d_j son los días asignados a cada examen. El signo negativo se debe a que jMetal minimiza, por lo que se minimiza $-f_2$ para maximizar la separación promedio.

C. Restricciones

Las restricciones que definen la validez de una solución son:

- **Aforo:** el conjunto de salones asignado debe cubrir los inscriptos. Se penaliza el déficit de capacidad.
- **Disponibilidad:** un salón no puede usarse en dos exámenes a la vez. Esto se garantiza durante la decodificación.
- **Límite temporal:** el período total no puede superar los 25 días.
- **Asignación simultánea:** Si un examen requiere más de un salón, todos deben compartir el mismo día y horario. Esto se garantiza por la estrategia de decodificación.
- **Asignación completa:** todas las materias deben estar asignadas. Se penaliza la cantidad de materias no asignadas.

Las restricciones se manejan mediante:

- **Decodificación inteligente** que busca horarios disponibles automáticamente.
- **Restricciones en jMetal** que penalizan soluciones infactibles (déficit de capacidad y materias no asignadas).
- Un **operador de reparación** que reasigna exámenes conflictivos cuando es posible.

D. Operadores evolutivos

Los operadores seleccionados son:

- **Inicialización:** aleatoria con combinaciones válidas de salones.
- **Selección:** Para la selección de los individuos de la población usaremos BinaryTournamentSelection, usado típicamente en metodologías como NSGA-II que ha demostrado dar buenos resultados para problemas multiobjetivo.
- **Cruce:** Para la parte de cruzamiento usaremos el método de cruzamiento de dos puntos. individuos.
- **Mutación:** IntegerPolynomialMutation, alterando salón y/o posición del examen en el salón.

E. Técnicas avanzadas,

Dado que se trata de un problema multiobjetivo y se empleará un modelo basado en el frente de Pareto para su resolución, resulta indispensable incorporar un mecanismo que mantenga la diversidad en la población, permitiendo así un muestreo adecuado del frente de Pareto. En particular, dado que el algoritmo utilizado es NSGA-II, se empleará el mecanismo de crowding distance provisto por este, el cual asegura una distribución equilibrada de las soluciones a lo largo del frente.

IV. PROPUESTA DE EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

A. Generación de instancias

Se considerarán las instancias correspondientes a los períodos de exámenes de las carreras de Ingeniería, tomando en cuenta los tres períodos de exámenes del año 2024:

- **Febrero (02)**
- **Julio (07)**
- **Diciembre (12)**

Además, se definirá una **cuarta instancia promedio**, obtenida a partir del promedio del número de inscriptos en cada uno de los tres períodos anteriores. Esta instancia servirá como un caso general representativo.

Cada instancia incluirá la siguiente información:

- **Conjunto de exámenes:** materia, cantidad de inscriptos y duración del examen.
- **Relaciones entre materias:** vínculos entre asignaturas del mismo semestre, según la currícula sugerida.
- **Salones disponibles:** listado de aulas y sus respectivas capacidades.
- **Ventana temporal:** duración total del período de exámenes (máximo 25 días).

B. Comparación con otras técnicas

Para evaluar la calidad de las soluciones obtenidas mediante el algoritmo evolutivo, se implementará un algoritmo *greedy* que asignará exámenes secuencialmente en función de su tamaño y restricciones, siguiendo una heurística simple.

El *greedy* servirá como *baseline* o referencia comparativa frente a las soluciones multiobjetivo obtenidas con el AE.

C. Calidad de soluciones

Se evaluará la calidad y eficiencia de las soluciones mediante las siguientes métricas:

- Separación promedio entre exámenes relacionados (calidad académica).
- Número total de salones utilizados (eficiencia de recursos).

- Tiempo de cómputo requerido por cada método y cantidad de generaciones necesarias.
- Valor de *fitness* (promedio, media, mejor y desviación) y cantidad de veces que se obtuvo.

D. Eficiencia computacional

La eficiencia computacional se evaluará mediante el tiempo de ejecución promedio (en segundos) obtenido a partir de múltiples ejecuciones independientes, complementado con su correspondiente desviación estándar para medir la variabilidad del desempeño.

V. DECISIONES DE IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación del algoritmo se usó Java 21 junto al framework de JMetal versión 6.6. El problema se modeló como un `IntegerProblem`, con operador de cruzamiento `TwoPointCrossover`, operador de mutación `IntegerPolynomialMutation` (con distribución polinomial de grado 5) y como operador de selección el `BinaryTournamentSelection` con el comparador `RankingAndCrowdingDistanceComparator`.

Para el algoritmo se creó una clase propia llamada `NSGAII_WithTelemetry`, basada en la clase de JMetal `NSGA-II`. Se introdujeron modificaciones como la integración de un *fitness tracker*, una clase que se creó llamada `EvolutionTracker` que se encarga de llevar y al finalizar guardar en un CSV la evolución del *fitness* del algoritmo, incluyendo métricas como el número de asignaciones, la separación entre exámenes relacionados y la cantidad de soluciones factibles por generación. Adicionalmente, se integró un operador de reparación `SolutionRepairOperator` que se ejecuta después de los operadores genéticos para mantener la factibilidad de las soluciones.

Para el modelado del problema se definió una clase llamada `ClassroomAssignmentProblem` extendiendo la clase `AbstractIntegerProblem`. El constructor recibe un objeto `ProblemInstance` como parámetro que representa la instancia del problema, es decir los exámenes con sus inscriptos y duraciones, los salones con sus capacidades, y las relaciones de conflicto entre materias. En base a esto define la cantidad de variables que serán evaluadas (número de exámenes multiplicado por el tamaño de cada slot, que es 6), define qué posición de los genes van a representar a qué examen, día y salones, y establece los rangos válidos para cada variable: el índice de examen puede ser de 0 a n (donde n representa vacío), el día de 0 a 24, y cada salón de 0 a m (donde m representa sin salón adicional).

Con el fin de optimizar lo más posible la función de *fitness* se establecieron una serie de estructuras para bajar el tiempo computacional de acceso a ciertos datos. Por ejemplo, se crearon listas pre-ordenadas de salones por capacidad (tanto ascendente como descendente), de forma que no hay que ordenarlos en cada iteración. A su vez se tiene un array

que contiene el mínimo de salones necesarios por materia, calculado mediante una estrategia greedy, y otro array con los bloques necesarios por materia. Estas estructuras permiten accesos rápidos durante la decodificación y evaluación de soluciones.

Dado que se utiliza un evaluador secuencial `SequentialSolutionListEvaluator` y considerando que la función de decodificación y evaluación requiere acceso a estructuras de datos compartidas (como la matriz de ocupación durante la decodificación), se decidió ejecutar el algoritmo en un solo núcleo, evitando el overhead de sincronización entre hilos y garantizando la consistencia de los datos.

VI. CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS

En esta sección se detallan las pruebas realizadas para buscar la mejor configuración de parámetros del algoritmo evolutivo. Los parámetros que se van a probar junto con sus valores posibles son los siguientes:

TABLE I
CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL ALGORITMO EVOLUTIVO

Parámetro	Valores	Total
Tamaño de población	50, 100, 200	3
Probabilidad de cruzamiento	0.6, 0.7, 0.8	3
Probabilidad de mutación	0.1, 0.01, 0.001	3
Combinaciones totales		27

En base a estas configuraciones, se generan 27 combinaciones para realizar con cada instancia del problema.

A. Metodología estadística

Para evaluar estadísticamente los resultados obtenidos, se siguió el siguiente procedimiento:

1) *Test de normalidad*: Primero se realizó un test de normalidad de Shapiro-Wilk sobre los valores de hipervolumen obtenidos para cada configuración paramétrica. Este test evalúa si los datos siguen una distribución normal, lo cual es un requisito para aplicar tests paramétricos como el ANOVA.

Los resultados del test de Shapiro-Wilk mostraron que algunos casos no siguen una distribución normal (p -valor < 0.05), por lo que se procedió a utilizar tests no paramétricos para el análisis estadístico.

2) *Test de Kruskal-Wallis*: Dado que algunos grupos no cumplen con el supuesto de normalidad, se aplicó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar las diferencias entre grupos. Este test es el equivalente no paramétrico del ANOVA de una vía y permite comparar si hay diferencias significativas entre tres o más grupos independientes sin requerir normalidad ni homocedasticidad.

El test de Kruskal-Wallis evalúa las siguientes hipótesis:

- H_0 : Las medianas de todos los grupos son iguales.
- H_1 : Al menos un grupo tiene una mediana diferente.

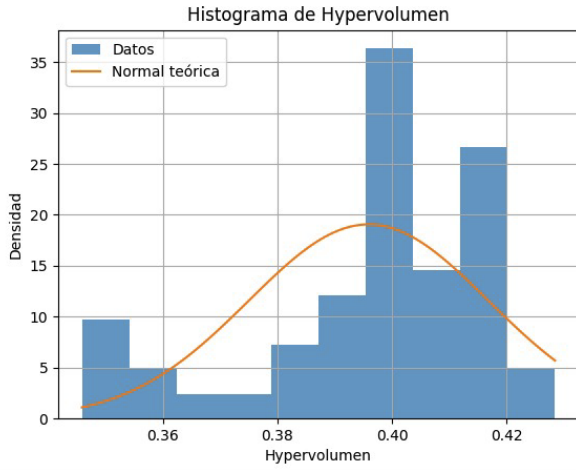


Fig. 1. Histograma de distribución de valores de hipervolumen.

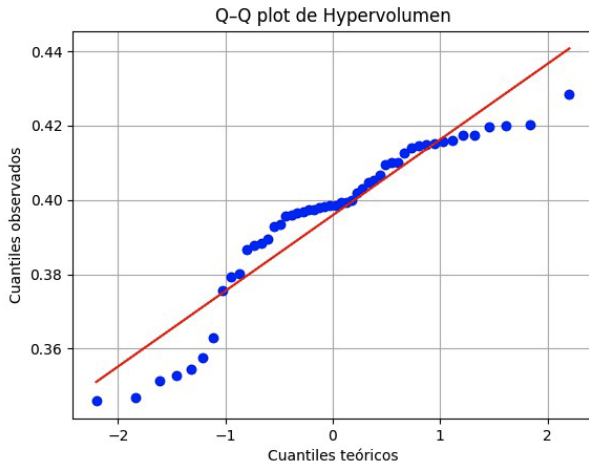


Fig. 2. Gráfico Q-Q para verificar normalidad de los valores de hipervolumen.

Los resultados del test de Kruskal-Wallis mostraron un estadístico $H = 772.89$ con un p-valor de 3.52×10^{-146} , indicando que existen diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes configuraciones de parámetros evaluadas ($p\text{-valor} < 0.05$).

Para determinar la configuración paramétrica que mejor se comporta, pero sin ser demasiado optimista tomando únicamente la mejor solución individual, se calculó la media del hipervolumen de las 27 combinaciones y se seleccionó la configuración con la mejor media. Esto resultó en la siguiente configuración:

- Tamaño de población: 100
- Probabilidad de cruzamiento: 0.8
- Probabilidad de mutación: 0.001

Esta configuración será utilizada de aquí en adelante para todas las evaluaciones posteriores.

VII. COMPARACIÓN ENTRE EL ALGORITMO GREEDY Y NSGA-II

En esta sección se comparan los resultados obtenidos mediante un algoritmo Greedy determinista (Best-Fit) y el algoritmo evolutivo multiobjetivo NSGA-II, aplicados al problema de asignación de salones para exámenes. La comparación se realiza considerando tanto la calidad de las soluciones obtenidas como el costo computacional asociado a cada enfoque.

A. Instancia promedio

1) *Algoritmo Greedy*: El algoritmo Greedy implementado sigue una estrategia determinista de asignación Best-Fit, priorizando la minimización del número total de asignaciones de salones y garantizando la factibilidad de la solución.

Para la instancia analizada, el algoritmo Greedy obtuvo los siguientes resultados:

- Asignaciones totales: 294
- Separación promedio entre exámenes: 8.44 días
- Déficit de capacidad: 0
- Materias sin asignar: 0
- Solución factible: Sí
- Tiempo de ejecución: 23 ms

Estos resultados evidencian que el enfoque Greedy es altamente eficiente desde el punto de vista computacional y logra soluciones factibles con un uso mínimo de recursos. Sin embargo, al tratarse de un enfoque mono-objetivo implícito, no optimiza explícitamente la separación temporal entre exámenes, lo cual impacta negativamente en la calidad del cronograma resultante desde el punto de vista académico.

2) *Algoritmo NSGA-II*: Para el algoritmo NSGA-II se seleccionó la configuración paramétrica con mejor desempeño promedio en términos de hipervolumen, identificada como:

- Tamaño de población: 100
- Probabilidad de cruzamiento: 0.8
- Probabilidad de mutación: 0.001

El algoritmo fue ejecutado durante 101 generaciones, con un total de 100 000 evaluaciones. El tiempo total de ejecución fue de aproximadamente 215 segundos.

Desde el punto de vista evolutivo, el algoritmo presenta un comportamiento estable y consistente. En la Figura 3 se observa la evolución de ambos objetivos a lo largo de las generaciones. Mientras que el objetivo de minimizar asignaciones se mantiene estable en torno al valor inicial (294), el objetivo de maximizar la separación promedio muestra una mejora progresiva y sostenida, pasando de 8.96 días a 14.36 días, lo que representa una mejora del 60.3%.

Asimismo, el porcentaje de soluciones factibles alcanza el 100% en las primeras generaciones y se mantiene constante hasta el final de la ejecución, lo que indica que el algoritmo

logra respetar de forma efectiva las restricciones duras del problema.

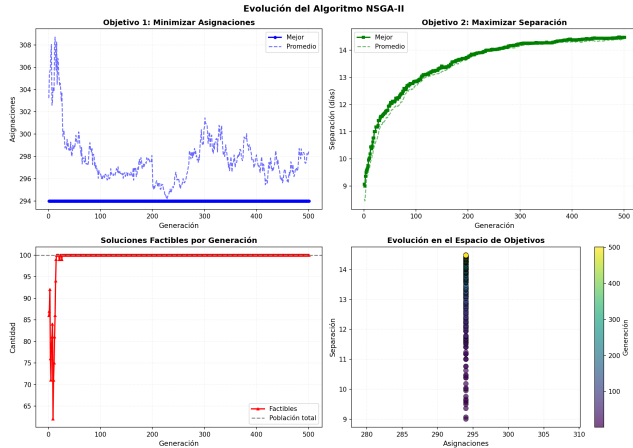


Fig. 3. Evolución del algoritmo NSGA-II para la instancia promedio: objetivos, factibilidad y espacio de búsqueda.

3) *Análisis del Frente de Pareto:* El algoritmo NSGA-II produce un conjunto de soluciones no dominadas que representan distintos compromisos entre los objetivos en conflicto. En la Figura 4 se muestra el frente de Pareto aproximado obtenido para la última generación, compuesto por 10 soluciones factibles.

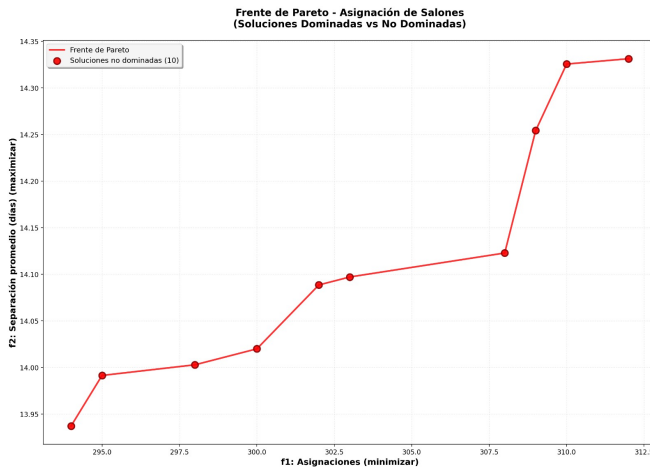


Fig. 4. Frente de Pareto aproximado obtenido por NSGA-II.

El frente evidencia claramente el trade-off entre ambos objetivos: a medida que se incrementa la separación promedio entre exámenes, aumenta también el número de asignaciones de salones requeridas. Este comportamiento no puede ser capturado por el enfoque Greedy, el cual retorna una única solución puntual.

Como solución representativa del frente se seleccionó un punto de compromiso con los siguientes valores:

- Asignaciones totales: 302
- Separación promedio: 14.09 días

- Déficit de capacidad: 0
- Materias sin asignar: 0
- Solución factible: Sí

4) *Comparación Global:* La Tabla II resume la comparación directa entre el algoritmo Greedy y la solución de compromiso obtenida mediante NSGA-II.

TABLE II
COMPARACIÓN ENTRE GREEDY Y NSGA-II

Métrica	Greedy	NSGA-II
Asignaciones reales	294	302
Exceso de salones	0	8
Separación promedio (días)	8.44	14.09
Tiempo de ejecución (ms)	23	215898
Solución factible	Sí	Sí

Del análisis se desprende que el algoritmo NSGA-II logra una mejora sustancial en la separación temporal entre exámenes (incremento del 66.9%), a costa de un aumento moderado en el número de asignaciones (2.7%) y un costo computacional significativamente mayor. Esto refleja claramente la diferencia entre un enfoque determinista orientado a eficiencia y un enfoque evolutivo multiobjetivo orientado a la calidad global de la solución.

En síntesis, mientras que el algoritmo Greedy resulta adecuado cuando se prioriza la rapidez de ejecución y el uso mínimo de recursos, el algoritmo NSGA-II permite explorar compromisos más equilibrados entre objetivos en conflicto, generando cronogramas de mayor calidad académica, especialmente en contextos donde la separación entre evaluaciones es un factor relevante.

TABLE III
RESULTADOS AGREGADOS PARA LA INSTANCIA PROMEDIO (30 EJECUCIONES)

Métrica	Objetivo 1	Objetivo 2	Hipervolumen
Media	294.20	-14.78	0.4396
Desviación estándar	0.61	0.41	0.0156
Mejor valor	294.00	-15.27	0.4556
Peor valor	297.00	-13.23	0.3963

B. Resultados para la instancia Febrero

Para la instancia correspondiente al período de febrero, el algoritmo Greedy (Best-Fit) obtiene una solución factible en un tiempo de ejecución muy reducido (52 ms), logrando asignar la totalidad de las materias sin déficit de capacidad y con una separación promedio de 8.21 días. Este resultado sirve como línea base eficiente, aunque limitada en términos de calidad multiobjetivo.

Al aplicar NSGA-II, partiendo de una población inicial parcialmente factible, el algoritmo logra alcanzar un frente de Pareto completamente factible al final de la evolución. Si bien el objetivo asociado a las asignaciones no presenta mejora—convergiendo siempre al mismo valor mínimo de 282—, se observa una mejora sustancial en el segundo objetivo,

correspondiente a la separación temporal entre exámenes, con un incremento del 52.8% respecto al valor inicial.

El mejor compromiso multiobjetivo identificado por NSGA-II logra una separación promedio de 14.03 días, superando ampliamente al Greedy, a costa de un leve incremento en el uso de salones (284 asignaciones frente a 282). La estabilidad del primer objetivo, reflejada en una desviación estándar nula, indica que este criterio está fuertemente restringido y presenta un óptimo global estable, mientras que la variabilidad del desempeño se concentra en el segundo objetivo.

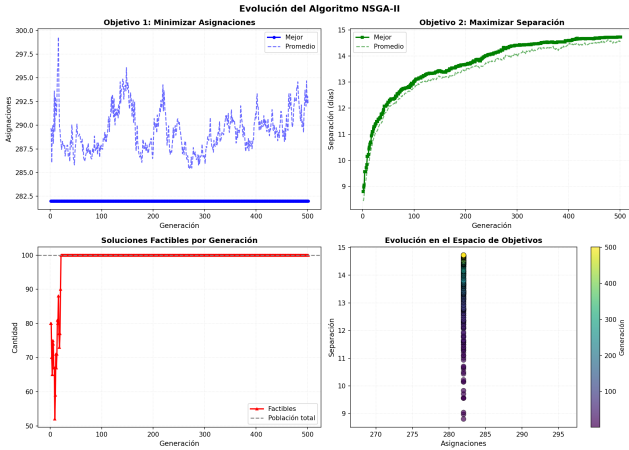


Fig. 5. Evolución del algoritmo NSGA-II para la instancia Febrero: objetivos, factibilidad y espacio de búsqueda.

El análisis de hipervolumen confirma un desempeño consistente del algoritmo, con una mediana de 0.3908 y una desviación estándar reducida, lo que evidencia una buena robustez inter-ejecución.

TABLE IV
RESULTADOS AGREGADOS PARA LA INSTANCIA FEBRERO (30 EJECUCIONES)

Métrica	Objetivo 1	Objetivo 2	Hipervolumen
Media	282.00	-12.75	0.3871
Desviación estándar	0.00	0.78	0.0240
Mejor valor	282.00	-13.86	0.4227
Peor valor	282.00	-11.27	0.3414

C. Resultados para la instancia Julio

Para la instancia correspondiente al período de julio, el algoritmo Greedy (Best-Fit) obtiene nuevamente una solución factible en un tiempo de ejecución muy reducido (22 ms), logrando asignar la totalidad de las materias sin déficit de capacidad y con una separación promedio de 7.63 días. Al igual que en la instancia de febrero, el enfoque Greedy actúa como una línea base eficiente pero limitada en términos de optimización multiobjetivo.

La aplicación de NSGA-II muestra una mejora significativa en el segundo objetivo, correspondiente a la separación temporal entre exámenes, con un incremento del 62.8% respecto

al valor inicial. Sin embargo, a diferencia de la instancia de febrero, el algoritmo no logra preservar la factibilidad al final del proceso evolutivo: ninguna de las soluciones del frente de Pareto final cumple con las restricciones de capacidad, registrándose un déficit acumulado de 423 unidades en la mejor solución no factible.

El primer objetivo, asociado a las asignaciones, converge nuevamente a un valor constante de 288 en todas las ejecuciones, lo que se refleja en una desviación estándar nula y confirma la estabilidad estructural de este criterio. La mejora en la separación se obtiene a costa de violaciones de factibilidad, evidenciando un conflicto más severo entre ambos objetivos en esta instancia particular.

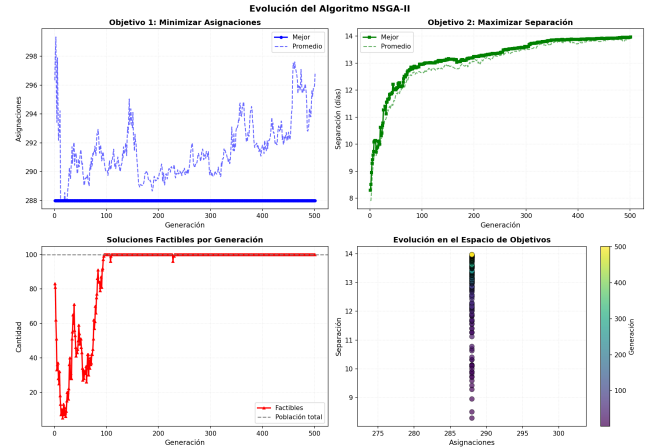


Fig. 6. Evolución del algoritmo NSGA-II para la instancia julio: objetivos, factibilidad y espacio de búsqueda.

El análisis de hipervolumen indica un desempeño consistente del algoritmo en términos de diversidad y convergencia, con una mediana de 0.4018 y una baja desviación estándar. No obstante, este resultado debe interpretarse con cautela, dado que el hipervolumen se calcula sobre soluciones no factibles, lo que refuerza la necesidad de mecanismos más estrictos de manejo de restricciones para esta instancia.

TABLE V
RESULTADOS AGREGADOS PARA LA INSTANCIA JULIO (30 EJECUCIONES)

Métrica	Objetivo 1	Objetivo 2	Hipervolumen
Media	288.00	-13.26	0.4001
Desviación estándar	0.00	0.38	0.0107
Mejor valor	288.00	-13.93	0.4182
Peor valor	288.00	-12.40	0.3752

D. Resultados para la instancia Diciembre

Para la instancia correspondiente al período de diciembre, el algoritmo Greedy (Best-Fit) obtiene una solución factible en un tiempo de ejecución reducido (31 ms), asignando la totalidad de las materias sin déficit de capacidad y alcanzando una separación promedio de 8.48 días. Este resultado constituye nuevamente una línea base eficiente, aunque limitada en términos de optimización del segundo objetivo.

La aplicación de NSGA-II muestra un comportamiento particularmente favorable en esta instancia. Al finalizar la evolución, el algoritmo alcanza un frente de Pareto completamente factible, compuesto por diez soluciones no dominadas que reflejan un trade-off progresivo entre número de asignaciones y separación temporal. A diferencia de la instancia de julio, la factibilidad se mantiene en toda la población final.

El primer objetivo, asociado a las asignaciones, converge nuevamente a un valor mínimo constante de 277 en todas las ejecuciones, lo que se traduce en una desviación estándar nula y confirma la estabilidad estructural de este criterio. La mejora se concentra en el segundo objetivo, donde se observa un incremento del 56.9% en la separación promedio respecto al valor inicial.

El mejor compromiso multiobjetivo identificado presenta una separación promedio de 13.46 días, superando ampliamente al Greedy, a costa de un incremento marginal en el número de asignaciones (278 frente a 277). El análisis de hipervolumen respalda estos resultados, con una mediana de 0.4135 y una desviación estándar reducida, evidenciando un desempeño robusto y consistente del algoritmo en esta instancia.

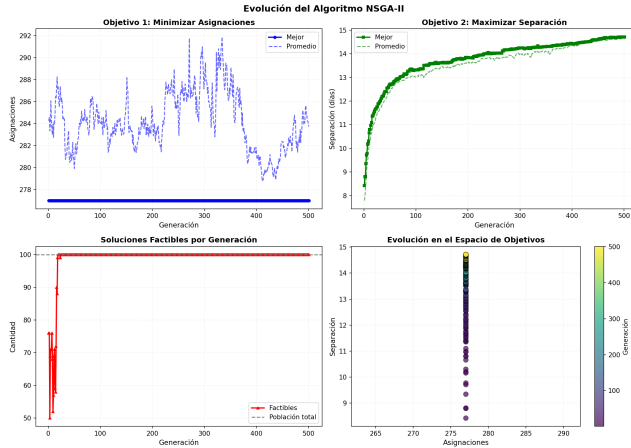


Fig. 7. Evolución del algoritmo NSGA-II para la instancia Diciembre: objetivos, factibilidad y espacio de búsqueda.

El hipervolumen obtenido en esta instancia (0.4140) representa el valor más alto entre todas las instancias evaluadas, lo que indica una mejor cobertura del espacio objetivo y una mayor calidad del frente de Pareto aproximado.

TABLE VI
RESULTADOS AGREGADOS PARA LA INSTANCIA DICIEMBRE (30 EJECUCIONES)

Métrica	Objetivo 1	Objetivo 2	Hipervolumen
Media	277.00	-13.64	0.4140
Desviación estándar	0.00	0.25	0.0095
Mejor valor	277.00	-14.18	0.4364
Peor valor	277.00	-13.21	0.3933

VIII. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una implementación del algoritmo NSGA-II para resolver el problema de asignación de salones para exámenes, modelado como un problema de optimización multiobjetivo con restricciones. Los resultados obtenidos demuestran la efectividad del enfoque evolutivo para explorar compromisos entre objetivos en conflicto, específicamente entre minimizar el número de asignaciones y maximizar la separación temporal entre exámenes.

El análisis comparativo entre el algoritmo Greedy y NSGA-II revela claramente las fortalezas y limitaciones de cada enfoque. El algoritmo Greedy proporciona soluciones factibles en tiempos de ejecución extremadamente reducidos (22–52 ms), siendo adecuado para contextos donde la rapidez es prioritaria. Sin embargo, su naturaleza determinista limita su capacidad para explorar soluciones de mayor calidad académica. Por el contrario, NSGA-II, aunque requiere un costo computacional significativamente mayor, logra mejoras sustanciales en la separación temporal entre exámenes (incrementos del 52.8% al 66.9% según la instancia), con impactos moderados en el número de asignaciones.

Los resultados experimentales sobre las cuatro instancias evaluadas (Promedio, Febrero, Julio y Diciembre) muestran un comportamiento consistente del algoritmo NSGA-II. En todas las instancias, el primer objetivo (número de asignaciones) converge a valores mínimos estables, reflejando la estructura restringida de este criterio. La variabilidad se concentra principalmente en el segundo objetivo, donde el algoritmo demuestra su capacidad para explorar diferentes compromisos en el frente de Pareto. La instancia de Diciembre destaca por alcanzar el mayor hipervolumen (0.4140) y mantener factibilidad completa, mientras que la instancia de Julio presenta desafíos particulares al generar soluciones no factibles en el frente final, sugiriendo la necesidad de mecanismos más estrictos de manejo de restricciones.

La implementación realizada, basada en JMetal 6.6 y Java 21, demuestra la viabilidad de utilizar frameworks especializados para resolver problemas de optimización combinatoria complejos. La codificación basada en slots, junto con la decodificación inteligente y el operador de reparación, permite manejar eficientemente las restricciones del problema. El análisis estadístico mediante pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y comparación no paramétrica (Kruskal-Wallis) proporciona una base sólida para la selección de parámetros y la evaluación de resultados.

Como trabajo futuro, se propone explorar estrategias más avanzadas de manejo de restricciones para mejorar la factibilidad en instancias problemáticas como Julio, investigar la paralelización del algoritmo para reducir tiempos de ejecución, y extender el modelo para considerar restricciones adicionales del dominio real, como preferencias de horarios o restricciones de recursos humanos.

REFERENCES

- [1] JMetal Framework Documentation. *Operators*. <https://jmetal.readthedocs.io/en/latest/operators.html>.
- [2] B. Bassimir y R. Wanka. "On the computation of robust examination timetables: methods and experimental results". *Journal of Scheduling*, vol. 28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10951-024-00815-y>.
- [3] Material teórico del curso de Algoritmos Evolutivos. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, 2025.

IX. ANEXO

En esta sección se presenta una muestra de la asignación de salones y exámenes obtenida mediante el algoritmo NSGA-II para la instancia promedio, ordenada por día, salón y horario de inicio.

TABLE VII: Asignación de salones y exámenes

Día	Salón	Hora Inicio	Hora Fin	Materia	Inscriptos
1	115	8:00	12:00	FUNDAMENTOS DE ROBOTICA INDUSTRIAL	1
1	116	8:00	12:00	CALCULO Y AJUSTE DE LAS OBSERVACIONES	4
1	116	12:00	16:00	INT. AL CONTROL INDUSTRIAL	1
1	116	16:00	20:00	ESTRUCTURAS DE BUQUES	1
1	307	8:00	11:00	CALCULO DIF. E INTEGRAL EN UNA VARIABLE	527
1	307	11:00	14:00	METODOS NUMERICOS	165
1	309	8:00	12:00	MANTENIMIENTO DE BUQUES	1
1	310	8:00	12:00	SISTEMAS OPERATIVOS	15
1	310	12:00	16:00	MATERIALES Y ENSAYOS	12
1	310	16:00	19:00	PROYECTO	12
1	312	8:00	11:00	PROBABILIDAD Y ESTADISTICA	94
1	703	8:00	11:00	PROBABILIDAD Y ESTADISTICA	94
1	722	8:00	12:00	GESTION DE CALIDAD	9
1	722	12:00	16:00	SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION	8
1	727	8:00	11:30	ELECTRONICA FUNDAMENTAL	17
1	727	11:30	14:30	COMPUTACION 1	20
1	A01	8:00	12:00	HIDRODINAMICA NAVAL	1
1	A01	12:00	15:30	COMPORTAMIENTO MECANICO DE MATERIALES 2	2
1	A12	8:00	12:00	MATEMATICA INICIAL	116
1	A12	12:00	16:00	ELEMENTOS DE TOPOGRAFIA	6
1	B01	8:00	11:00	CALCULO DIF. E INTEGRAL EN UNA VARIABLE	527
1	B01	11:00	15:00	ECONOMIA	269
1	B01	15:00	18:00	RESISTENCIA DE MATERIALES 2	2
1	B12	8:00	12:00	INT. A LA PREVENCION DE RIESGOS LABOR...	3
1	B21	8:00	12:00	FLUIDODINAMICA	39
1	C01	8:00	11:00	CALCULO DIF. E INTEGRAL EN UNA VARIABLE	527
1	C01	11:00	15:00	ECONOMIA	269
1	C21	8:00	12:00	TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA 2	24
1	C21	12:00	13:30	INT. A LA CIENCIA DE MATERIALES	25
1	C22	8:00	11:00	FISICA 3	102
2	116	8:00	12:00	TRANSPORTE POR CARRETERA	4
2	116	12:00	16:00	GESTION DE CALIDAD AMBIENTAL	3
2	116	16:00	20:00	INT. A LA EVAL.DE LA CAL.DE LA INF.GE...	1
2	305	8:00	10:30	ELECTROTECNICA I	34
2	310	8:00	12:00	INT. A LA INGENIERIA BIOQUIMICA	15
2	310	12:00	15:00	ELECTRONICA AVANZADA 1	12
2	310	15:00	18:00	INT. A LAS ECUACIONES DIFERENCIALES	11
2	501	8:00	11:00	APLICACIONES DEL ALGEBRA LINEAL	2
2	722	8:00	12:00	ELECTRONICA DE POTENCIA	8
2	722	12:00	16:00	GEODESIA 1	2
2	722	16:00	18:00	HORMIGON ESTRUCTURAL 2	9
2	727	8:00	12:00	TRANSFERENCIA DE CALOR 1	17
2	A22	8:00	12:00	INT. AL TRANSPORTE	1
2	B01	8:00	11:00	GEOMETRIA Y ALGEBRA LINEAL 1	385
2	B01	11:00	14:30	GEOMETRIA Y ALGEBRA LINEAL 2	298
2	C01	8:00	11:00	GEOMETRIA Y ALGEBRA LINEAL 1	385
2	C01	11:00	14:30	GEOMETRIA Y ALGEBRA LINEAL 2	298
2	C01	14:30	18:30	INT. A LA INGENIERIA SANITARIA	2
3	102	8:00	12:00	INGLES CONVERSACIONAL (ACT.COMPL.2)	1
3	116	8:00	12:00	COSTOS	16
3	116	12:00	16:00	AVALUACIONES 3	5

Continúa en la página siguiente

TABLE VII – continuación de la página anterior

Día	Salón	Hora Inicio	Hora Fin	Materia	Inscriptos
3	116	16:00	20:00	MAQUINAS PARA FLUIDOS II	3
3	303	8:00	12:00	SISTEMAS DE REFERENCIA EN GEODESIA	3
3	310	8:00	12:00	COSTOS	16
3	310	12:00	15:00	BASES DE DATOS PARA INGENIERIA	11
3	A12	8:00	12:00	SISTEMAS OLEOHIDRAULICOS Y NEUMATICOS	2
3	A22	8:00	12:00	TECNOLOGIA DEL HORMIGON	1
4	116	8:00	12:00	HIDRAULICA FLUVIAL Y MARITIMA	5
4	116	12:00	16:00	ORDENAMIENTO TERRITORIAL 1	6
4	116	16:00	20:00	SISTEMAS DE CONDUCCION EN ING.SANITARIA	3
4	307	8:00	11:00	INT. A LA TERMODINAMICA	5
4	310	8:00	12:00	TERMODINAMICA APL. A LA ING.DE PROCESOS	15
4	725	8:00	12:00	HIDRAULICA FLUVIAL Y MARITIMA	5
4	725	12:00	16:00	ELECTROMAGNETISMO	16
4	B01	8:00	11:00	FISICA 1	354
4	C01	8:00	11:00	FISICA 1	354
5	116	8:00	12:00	GENERADORES DE VAPOR	6
5	116	12:00	16:00	REDES DE ACCESO	2
5	116	16:00	20:00	DISEÑO DE REDES DE COND.EN ING.SANITARIA	2
5	31	8:00	12:00	CATASTRO	1
5	312	8:00	12:00	MICROBIOLOGIA GENERAL	1
5	722	8:00	12:00	INT. A LA MECANICA DE LOS FLUIDOS	10
5	727	8:00	12:00	HIDROLOGIA E HIDRAULICA APLICADAS	19
5	A21	8:00	12:00	ESTRUCTURAS DE MADERA	5
5	B01	8:00	12:00	CALCULO DIF. E INTEGRAL EN VARIAS VAR...	304
5	B01	12:00	16:00	GEODESIA ASTRONÓMICA	1
5	B22	8:00	12:00	TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA 1	32
5	C01	8:00	12:00	CALCULO DIF. E INTEGRAL EN VARIAS VAR...	304
6	116	8:00	12:00	INT. AL ANALISIS RURAL	1
6	116	12:00	16:00	AVALUACIONES 1	1
6	116	16:00	20:00	PROYECTO DE INVERSION	1
6	307	8:00	12:00	TOPOGRAFIA 2	1
6	502	8:00	12:00	INSTALACIONES GENERALES DE GASES COMB...	1
6	A01	8:00	10:30	ADMINISTRACION DE OPERACIONES	3
6	B01	8:00	12:00	OPTICA	1
6	B11	8:00	12:00	TIEMPOS Y METODOS	2
6	C01	8:00	12:00	GEOESTADISTICA APLICADA	1
7	116	8:00	12:00	ELEMENTOS DE NAVEGACION	1
7	116	12:00	16:00	DISEÑO DE PROCESOS QUIMICOS	1
7	116	16:00	20:00	TECNOLOGIAS DE REDES Y SERVICIOS DE T...	1
7	303	8:00	11:00	REDES DE COMPUTADORAS	74
7	309	8:00	12:00	ENSAYOS ELECTRICOS Y EQUIPOS DE MEDIA...	4
7	31	8:00	12:00	DISEÑO HIDROLOGICO	4
7	310	8:00	12:00	SISTEMAS Y CONTROL	16
7	727	8:00	12:00	INGENIERIA DE LAS REACCIONES QUIMICAS 1	17
7	B01	8:00	11:00	ELECTRONICA AVANZADA 2	4
8	116	8:00	12:00	INT. A LA FISICA MODERNA	6
8	116	12:00	16:00	INT. A LA EVALUACION Y GESTION AMBIENTAL	3
8	116	16:00	20:00	LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL HORMIGON	3
8	311	8:00	12:00	TEORIA DE LENGUAJES	27
8	311	12:00	16:00	INT. A LA COMBUSTION	1
8	727	8:00	12:00	RESISTENCIA DE MATERIALES 1	18
8	727	12:00	16:00	INT. A LOS MICROPROCESADORES	12
8	727	16:00	20:00	SUBESTACIONES EN MEDIA TENSION	3

Continúa en la página siguiente

TABLE VII – continuación de la página anterior

Día	Salón	Hora Inicio	Hora Fin	Materia	Inscriptos
8	A22	8:00	11:00	FUND. DE LA PROD. DE CELULOSA Y PAPEL	5
9	116	8:00	12:00	AGRIMENSURA LEGAL 2	3
9	116	12:00	16:00	TEORIA DE ERRORES 2	2
9	116	16:00	20:00	TECNOLOGIA DE SERVICIOS AUDIOVISUALES	1
9	307	8:00	12:00	TOPOMETRIA	1
9	A01	8:00	10:00	ESTRUCTURAS DE ACERO	6
9	B01	8:00	12:00	TECNOLOGIA Y SERV. INDUSTRIALES 2	1
9	B11	8:00	12:00	REDES DE DATOS 2	2
9	B11	12:00	16:00	INT. A LA EVAL.DE LA CAL.DE LA INF.GE...	2
9	C01	8:00	12:00	MECANICA ESTRUCTURAL	1
10	116	8:00	12:00	DISEÑO CATASTRAL	3
10	116	12:00	16:00	TEORIA DE ERRORES 1	2
10	116	16:00	20:00	DISEÑO Y MONTAJE DE LAS INDUSTRIAS DE...	1
10	307	8:00	12:00	INT. A LA CORROSION DEL HORMIGON ARMADO	1
10	727	8:00	10:00	PATOLOGIA DE LAS ESTRUCTURAS	4
10	A01	8:00	12:00	LEGISLACION TERRITORIAL	1
10	B01	8:00	12:00	ADMINISTRACION DE INFRAESTRUCTURAS	1
10	B12	8:00	12:00	INT. A LA GEODESIA Y SIST. DE POS. GL...	1
10	C01	8:00	12:00	ASTRONOMIA GEODESICA	1
11	116	8:00	12:00	COMERCIALIZACION	1
11	116	12:00	16:00	BASES DE DATOS I	1
11	116	16:00	20:00	HIDROLOGIA AVANZADA II	1
11	307	8:00	12:00	GEODESIA 2	1
11	A01	8:00	12:00	TALLER DE CARTOGRAFIA	1
11	B01	8:00	12:00	HIDRAULICA Y NEUMATICA	1
11	B12	8:00	12:00	TALLER DE CALIDAD DE DATOS GEOGRAFICOS	1
11	C01	8:00	12:00	PRINCIPIOS DE PROGRAMACION	1
11	C12	8:00	10:00	GEODESIA GEOMETRICA	4
12	116	8:00	12:00	PRODUCCION CARTOGRAFICA	1
12	116	12:00	16:00	GEODESIA FÍSICA	1
12	116	16:00	20:00	COMPL.ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS	1
12	307	8:00	12:00	MATEMATICA DISCRETA Y LOGICA 1	1
12	310	8:00	10:00	INT. AL DERECHO	4
12	A01	8:00	12:00	MODULO TALLER EXTENSION ING.AMBIENTAL 2	1
12	B01	8:00	12:00	TRANSPORTE INDUSTRIAL	1
12	B12	8:00	12:00	MEDIDAS ELECTRICAS EN INGENIERIA DE P...	1
12	C01	8:00	12:00	TRANSPORTE DE ENERGIA ELECTRICA	1
13	116	8:00	12:00	MAQUINAS PARA FLUIDOS	5
13	116	12:00	16:00	EJERCICIOS DE INGENIERIA SANITARIA	1
13	116	16:00	20:00	INGENIERIA AMBIENTAL PARA LA INDUSTRI...	1
13	31	8:00	12:00	HIGIENE Y SERV. DE PLANTAS PROC. DE A...	1
13	722	8:00	12:00	PUENTES	7
13	Actos	8:00	12:00	ELEMENTOS DE MAQUINAS	2
13	B01	8:00	12:00	INT. AL SISTEMA CLIMATICO	1
13	C01	8:00	12:00	MODULO TALLER EXTENSION ING.AMBIENTAL 1	1
14	116	8:00	12:00	GESTION DE LOS RRHH. EN LA PROD. DE B...	4
14	116	12:00	16:00	ENERGIA 2:GEN ENERG PLANTAS VAPOR Y GAS	4
14	116	16:00	20:00	ANTENAS Y PROPAGACION	3
14	307	8:00	12:00	MECANICA DE LOS FLUIDOS	6
14	312	8:00	11:00	PROGRAMACION 2	77
14	722	8:00	11:30	INT. A LA OPTICA	10
14	722	11:30	14:30	INT. A LA ELECTROTECNIA	8
14	722	14:30	17:30	GEOMETRIA Y ALGEBRA LINEAL 1 INTERACTIVA	8

Continúa en la página siguiente

TABLE VII – continuación de la página anterior

Día	Salón	Hora Inicio	Hora Fin	Materia	Inscriptos
14	A11	8:00	12:00	RELACIONES PERSONALES Y LABORALES	1
14	B01	8:00	12:00	SISTEMAS DE INFORMACION GEOGR. AVANZADO	1
14	Hall	8:00	12:00	COMUNICACIONES DIGITALES	2
14	Hall	12:00	15:30	COMPORTAMIENTO MEC. DE MATERIALES	5
15	116	8:00	12:00	INGLES TECNICO	3
15	116	12:00	16:00	TALLER DE DATOS ESPAC.Y SIST.DE INF.GEO.	2
15	116	16:00	20:00	PLANEAMIENTO ESTRATEGICO Y ESTRATEGIA...	2
15	307	8:00	12:00	TEORIA DE RESTRICCIONES	1
15	310	8:00	12:00	TOPOGRAFIA 1	1
15	312	8:00	11:00	CALCULO VECTORIAL	83
15	A01	8:00	12:00	HIDROGENO VERDE: PRODUCCIÓN Y USOS	1
15	B01	8:00	12:00	ESTRUCTURAS DE DATOS Y ALGORITMOS	1
15	C01	8:00	12:00	MATEMATICA	1
16	116	8:00	12:00	TRANSPORTE FLUVIAL Y MARITIMO	3
16	116	12:00	16:00	CARTOGRAFÍA TEMÁTICA (ÁREA)	1
16	116	16:00	20:00	CALIDAD DE AGUAS	1
16	312	8:00	12:00	LOGICA	81
16	703	8:00	12:00	PROGRAMACION AVANZADA	2
16	703	12:00	16:00	REFRIGERACION INDUSTRIAL	1
16	722	8:00	10:00	REDES DE DATOS 1	9
16	B01	8:00	12:00	MATEMATICA DISCRETA Y LOGICA 2	1
16	C01	8:00	12:00	MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL	5
17	116	8:00	12:00	TALLER REPR. Y COM. GRAFICA - MODULO..	2
17	116	12:00	16:00	CARTOGRAFÍA TEMÁTICA	1
17	116	16:00	20:00	CONTABILIDAD (ACT.COMPL.4)	1
17	310	8:00	11:30	INT. A LA MECANICA DE SUELOS	16
17	312	8:00	11:00	PROGRAMACION 3	78
17	A11	8:00	12:00	TEC.Y UTILIZACION DE GASES COMBUSTIBLES	2
17	B21	8:00	12:00	INGLES TECNICO 1 (ACT.COMPL.1)	1
17	B23	8:00	12:00	METALURGIA FISICA	4
17	C21	8:00	12:00	INGENIERIA DE SOFTWARE	2
18	102	8:00	12:00	TRANSPORTE URBANO	5
18	102	12:00	16:00	TEORIA DE INSTRUMENTAL	1
18	102	16:00	19:00	INSTRUMENTACION Y CONTROL	3
18	116	8:00	12:00	TRANSFERENCIA DE CALOR	5
18	116	12:00	16:00	DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR	2
18	116	16:00	20:00	GEOFISICA	1
18	31	8:00	12:00	INT. A LOS SIST. DE PROT. DE SIST. EL...	3
18	B01	8:00	12:00	TEORIA DE MAQUINAS Y MECANISMOS	1
18	C11	8:00	11:00	COMUNICACION ORAL Y ESCRITA (ACT.COMPL3)	13
19	116	8:00	12:00	MAQUINAS Y EQUIPOS PARA TRANSPORTE	1
19	116	12:00	16:00	ANALISIS DE ALIMENTOS	1
19	116	16:00	20:00	DINAMICA DE MAQUINAS Y VIBRACION	1
19	307	8:00	11:00	REDES ELECTRICAS	3
19	312	8:00	12:00	INT. A LA INGENIERIA DE PROCESOS	15
19	502	8:00	12:00	GEODESIA 3	5
19	B01	8:00	12:00	REPRESENTACION GRAFICA PARA INDUSTRIA...	1
19	B11	8:00	12:00	GESTION DEL MANTENIMIENTO	5
19	C01	8:00	11:00	PROGRAMACION 1	182
20	116	8:00	12:00	OBRAS HIDRAULICAS	3
20	116	12:00	16:00	AGRIMENSURA LEGAL 3	2
20	116	16:00	20:00	ELEMENTOS DE GESTION LOGISTICA	1

Continúa en la página siguiente

TABLE VII – continuación de la página anterior

Día	Salón	Hora Inicio	Hora Fin	Materia	Inscriptos
20	310	8:00	12:00	INSTRUMENTACION INDUSTRIAL	11
20	310	12:00	15:00	MATEMATICA 3	6
20	703	8:00	12:00	INT. A LA CONSTRUCCION	12
20	727	8:00	12:00	DISEÑO LOGICO	17
20	B22	8:00	12:00	QUIMICA DE ALIMENTOS	2
20	C21	8:00	12:00	TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y RESIDUOS S...	3
21	116	8:00	12:00	CARTOGRAFIA MATEMATICA	2
21	116	12:00	16:00	CAPTURA DE DATOS POR PERCEPCION REMOTA	1
21	116	16:00	20:00	BASES DE DATOS II	1
21	310	8:00	12:00	ECONOMÍA (AREA)	4
21	310	12:00	15:00	INT. A LA INGENIERIA DE SOFTWARE	14
21	703	8:00	12:00	AGRIMENSURA LEGAL 4	2
21	722	8:00	11:00	ASPECTOS BASICOS DE REDES DE COMPUT	4
21	722	11:00	13:00	PROCEDIMIENTOS CONST.PARA ESTRUCTURAS	8
21	A01	8:00	12:00	INSTALACIONES ELECTRICAS	9
21	B01	8:00	11:00	MATEMATICA DISCRETA 1	375
21	C01	8:00	11:00	MATEMATICA DISCRETA 1	375
21	C21	8:00	12:00	INGENIERIA DE LOS PROCESOS ELECTROQUIL...	1
22	116	8:00	12:00	VIBRACIONES Y ONDAS	5
22	116	12:00	16:00	TEORIA DEL BUQUE	1
22	116	16:00	20:00	AUTOMATAS PROGRAMABLES	1
22	307	8:00	10:30	MAQUINAS ELECTRICAS	4
22	312	8:00	12:00	MECANICA NEWTONIANA	82
22	722	8:00	12:00	SEÑALES ALEATORIAS Y MODULACION	8
22	A21	8:00	11:00	MATEMATICA 2	7
22	B01	8:00	12:00	SEGURIDAD INDUSTRIAL	1
22	C01	8:00	12:00	TRANSPORTE FERROVIARIO	1
23	116	8:00	12:00	PROYECTO DE INGENIERIA MECANICA	3
23	116	12:00	16:00	TECNOLOGIA Y SERV. INDUSTRIALES 1	2
23	116	16:00	20:00	ALISTAMIENTO NAVAL	1
23	311	8:00	12:00	FENOMENOS DE TRANSPORTE EN ING. DE PR...	27
23	312	8:00	11:00	MATEMATICA DISCRETA 2	89
23	501	8:00	13:30	HORMIGON ESTRUCTURAL 3	6
23	601	8:00	12:00	PRINCIPIOS DE QUIMICA GENERAL	60
23	722	8:00	11:00	MATEMATICA 1	8
23	725	8:00	11:00	TOPOGRAFIA PLANIMETRICA	20
23	A01	8:00	12:00	TRATAMIENTO DE EFLUENTES	2
23	B01	8:00	12:00	INT. A LA INGENIERIA NAVAL	2
23	B01	12:00	16:00	METEOROLOGIA DINAMICA Y SINOPTICA	1
23	B12	8:00	11:00	MECANICA APLICADA (ING.QUÍM)	15
23	B12	11:00	14:00	ELECTROTECNICA	15
23	C01	8:00	12:00	POTABILIZACION DE AGUAS	4
23	C21	8:00	11:30	SEÑALES Y SISTEMAS	25
23	Hall	8:00	12:00	GEOLOGIA DE INGENIERIA	15
23	Piso	8:00	11:00	FISICA 2	65
23	Piso	11:00	15:00	ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2	1
24	116	8:00	12:00	MET. COMPUT.APLIC.AL CALCULO ESTRUCTURAL	3
24	116	12:00	16:00	AGRIMENSURA LEGAL 1	3
24	116	16:00	20:00	MAQUINARIA NAVAL	2
24	303	8:00	12:00	TOPOGRAFIA 3	2
24	501	8:00	10:00	LEGISLACION Y RELACIONES INDUSTRIALES	36
24	501	10:00	13:00	MOTORES DE COMBUSTION INTERNA	3
24	601	8:00	11:00	ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS	54

Continúa en la página siguiente

TABLE VII – continuación de la página anterior

Día	Salón	Hora Inicio	Hora Fin	Materia	Inscriptos
24	A22	8:00	12:00	FOTOGRAMETRIA	2
24	B11	8:00	12:00	INT. A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES	45
24	B11	12:00	15:00	ELEMENTOS DE MECANICA DE LOS FLUIDOS	44
24	B22	8:00	11:00	TEORIA DE CIRCUITOS	30
24	C21	8:00	12:00	MEDIDAS ELECTRICAS	16
24	C22	8:00	12:00	ESTUDIO DEL TRABAJO	1
25	116	8:00	12:00	INGENIERIA BIOQUIMICA	6
25	116	12:00	16:00	ELASTICIDAD	4
25	116	16:00	20:00	METALURGIA DE TRANSFORMACION	3
25	301	8:00	11:00	ELECTROTECNICA II	14
25	305	8:00	11:00	ENERGIA 1- COMBUSTION	33
25	305	11:00	14:00	COMPORTAMIENTO MECANICO DE MATERIALES 1	11
25	309	8:00	12:00	AVALUACIONES 2	1
25	310	8:00	12:00	CAMINOS Y CALLES 1	11
25	310	12:00	15:30	HORMIGON ESTRUCTURAL 1	13
25	310	15:30	18:30	FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS	11
25	311	8:00	12:00	INGENIERIA LEGAL	26
25	311	12:00	15:30	FISICA TERMICA	27
25	311	15:30	17:00	INT. A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES	7
25	601	8:00	11:00	PROGRAMACION 4	55
25	722	8:00	12:00	REFRIGERACION	10
25	722	12:00	16:00	COSTOS PARA INGENIERIA	9
25	722	16:00	17:30	PROCEDIMIENTOS CONST. OBRAS VIALES Y ...	10
25	725	8:00	12:00	TRANSPORTE AEREO	2
25	727	8:00	12:00	CONTROL DE CALIDAD	18
25	727	12:00	16:00	GESTION DE MANTENIMIENTO	17
25	727	16:00	19:00	FUNCIONES DE VARIABLE COMPLEJA	13
25	727	19:00	21:00	INGENIERIA DE LAS REACCIONES QUIMICAS 2	18
25	B01	8:00	11:30	ESTRUCTURAS DE MADERA 1	14
25	B22	8:00	12:00	TRANSFERENCIA DE CALOR 2	30
25	B22	12:00	16:00	TEORÍA Y ANÁLISIS DE ERRORES	12
25	B22	16:00	19:00	TOPOGRAFIA ALTIMETRICA	25
25	C21	8:00	12:00	ELEMENTOS DE INGENIERIA AMBIENTAL	1
25	C21	12:00	15:00	MAQUINAS PARA FLUIDOS I	21
25	Hall	8:00	12:00	MOTORES DE COMB. INT. Y TURBINAS DE GAS	1