

Aplicación del algoritmo colonia de hormigas en la determinación de horarios de clases bajo múltiples restricciones y limitaciones

Dr. Sergio M. Ramírez Campos¹, M.C. Mónica A. de la Cruz Guadarrama², M.C. Korina Lyliana Contreras Íñiguez³, Ing. Ramiro Reyes Luna⁴

Resumen: Se presenta el diseño y aplicación del método colonia de hormigas (CH) en un caso real de determinación de horarios de clases, el cual se atendió anteriormente con un algoritmo genético (AG) por Ramírez et al. (2019) y con el método de recocido simulado (RS) por Ramírez et al. (2020). Los resultados se compararon y se encontró que el algoritmo CH arrojó, de manera significativa, una mejor solución que el RS y el AG bajo las mismas condiciones: atender una demanda de 275 cursos, lo cual implica impartir 1,313 horas presenciales por semana. La planta de maestros fue de 15 docentes de tiempo completo, 5 de tres cuartos de tiempo, 4 de medio tiempo, y 42 de menos de medio tiempo (sin incluir docentes eventuales). Esto representó contar con un total máximo de 976 horas semanales para impartir clase. La utilidad de estas horas se reduce aún más al considerar la diversidad de jornadas de trabajo (lo que provoca que el intervalo o intervalos para impartir clase de cada docente fueran muy variables), así como las horas establecidas para cada curso, las cuales se fijaron para formar bloques de horas de los cursos para que el alumno asistiera a clases en un horario compactado. Ello limitó las horas alternas que se pudieran considerar para cada curso. También se incluyó, como restricción suave, que los horarios de cada docente también estuvieran compactados. Una restricción dura importante también es el hecho de que cada docente está preparado para impartir solo cierto tipo de cursos. Se encontró que CH asignó docentes al 75.3 por ciento de dichos cursos contra 55 por ciento de RS y un 54 por ciento de AG, a la vez que incrementó en 7.6 por ciento el número de docentes de planta asignados en relación al RS, es decir, asignó 60 docentes en lugar de los 55 que asignó RS, de un total de 66 docentes de planta.

Palabras clave: Colonia de hormigas, horarios de clase, recursos limitados

Class schedule creation utilizing ant colony optimization (ACO) under complex restrictions and limitations

Abstract The design and application of the ant colony optimization method (ACO) is presented in a case-study of class schedule determination, utilizing both a genetic algorithm (AG) by Ramírez et al. (2019) and the simulated annealing (SA) algorithm by Ramírez et al. (2020). We found that the SA algorithm was able to determine a better solution under the same conditions: to meet a demand of 275 courses and provides 1,313 classroom hours per week. The sample of teachers included 15 full-time teachers, 5 partial full-time (three-quarters time) teachers, 4 part-time teachers and 42 less than part-time teachers (not including eventual teachers). This meant having a maximum total of 976 hours per week to teach. The usable hours were reduced even more when considering the diversity of working hours (this causes the interval(s) to teach for each teacher to be variable), as well as the hours established for each course, which were set to form blocks of course hours for the student to attend classes in a compacted schedule. This limited the alternate hours that could be considered for each course. The schedules of each teacher were compacted (soft restriction). An important restriction in the present study is the fact that each teacher is prepared to teach only certain types of courses. We found that the SA algorithm assigned teachers to 55 percent of these courses while increasing the number of plant teachers assigned in relation to the AG by 41 percent, that is, assigned 55 teachers instead of the 28 assigned by the AG, of a total of 66 plant teachers.

Keywords: Ant colony optimization, class schedules, limited resources.

Introducción

El algoritmo de optimización colonia de hormigas (CH) fue dado a conocer por Colomi et al. (1991), en el cual se imita el comportamiento colaborativo de las hormigas de manera indirecta vía la feromona. Dicho algoritmo lo aplicaron en la solución de problemas computacionales NP-Hard. Desde entonces se ha utilizado con éxito en muy

¹ El Dr. Sergio M. Ramírez Campos es jefe de proyectos de investigación en el departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, sramirez@itsaltillo.edu.mx (autor correspondiente)

² La maestra Mónica A. de la Cruz Guadarrama es docente en el departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, monicaale777@hotmail.com

³ La maestra Korina L. Contreras Íñiguez es jefa de proyectos de docencia en el departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, kcontreras@itsaltillo.edu.mx

⁴ El maestro Ramiro Reyes Luna es docente en el departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México campus Saltillo, reyes@itsaltillo.edu.mx

diversas situaciones. Así, Sema B. et al. (2020) lo usaron para determinar los parámetros óptimos del vuelo de un dron modelado en dos dimensiones. Mediante una red neuronal difusa definen una función objetivo y con CH determinan el valor óptimo de dicha función.

Calabrò G. et al. (2020) aplicaron CH para determinar el conjunto óptimo de rutas para transportar frutas y vegetales de diferentes granjas hacia el almacén principal, minimizando la distancia total recorrida por los camiones. Ilustran su metodología en un caso real de grandes dimensiones. Saju S. S. y Vinod Ch. (2020) concluyen que las técnicas de CH son muy convenientes para controlar efectivamente el tráfico intenso en las ciudades, minimizando el congestionamiento de tráfico en redes de grandes dimensiones. El modelo que desarrollaron supera a otras técnicas de optimización.

Shuqing M. et al. (2021) presentan un algoritmo basado en CH para balancear el flujo de carga de los enlaces en el tráfico de una red en internet. Demuestran que el algoritmo propuesto mejora efectivamente la utilización de los enlaces y la salida de la red, así como la demora y la fluctuación en la misma comparado con los mecanismos tradicionales.

En la presente investigación, se desarrolla el diseño y aplicación del método CH en un caso real de determinación de horarios de clases, el cual se atendió anteriormente con dos algoritmos, un algoritmo genético (AG) por Ramírez et al. (2019) y con recocido simulado (RS) por Ramírez et al. (2020). La finalidad fue encontrar una mejor solución a través de CH, lo cual se logró ya que los resultados sí mejoraron de manera significativa. En las tablas 5 y 6 se muestran los resultados desglosados comparados con los de RS y AG.

Metodología

Antes de mostrar los pasos del algoritmo CH, es necesario considerar la siguiente nomenclatura:

1. Carga académica (**ca**). Estas son las horas por semana (**hs**) que un docente debe cubrir con impartición de clases y que se distribuyen en uno o más días dependiendo de la jornada del docente (ver anexo 1). Al asignar clases a un docente, deben estar dentro de la jornada de trabajo del docente y representa una restricción dura. Estas horas dependen del nombramiento del docente y pueden ser desde 4 **hs** hasta 24 **hs**.
2. Horas-clase (**hc**). Una clase puede consistir de 1 hasta 5 horas por semana y cubrirse en uno o hasta en cinco días de la semana.
3. Horas-disponibles (**hd**). Estas son las horas en que el docente puede atender una clase durante la semana. A medida que se le asignan clases, se van reduciendo las **hd**.
4. Horas-pagadas (**hp**). Estas son las horas que se están pagando a un docente para ejercer su actividad.
5. Docente de planta (**D_p**). Se refiere a un docente contratado de manera permanente.
6. Docente eventual (**D_e**). Se refiere a un docente contratado de manera temporal.
7. Curso demandado (**cd**). Se refiere a una materia (por ejemplo, Fh4) sin considerar el grupo (A, B, ...).
8. Curso-grupo (**cg**). Es un **cd** y un grupo. Por ejemplo, Fh4A. Así, Fh4A es un grupo a asignar docente y Fh4B es otro grupo de la misma materia que también requiere asignar un docente.

Debe hacerse notar que, cuando aparece dos veces un **cg**, por ejemplo, Fh4A, es por dos posibles razones. Una es que el curso incluye laboratorio o porque el mismo curso se imparte en dos horarios diferentes durante la semana.

La demanda estimada y el tamaño limitado por **cg** (30 estudiantes) determinan el número de cursos-grupo de una misma materia.

Como restricción dura, solo se consideran clases que ya haya impartido el docente en los últimos 5 semestres o menos (ver anexo 2). Asimismo, otra restricción dura corresponde a las horas de clase que forman bloques compactados para que el alumno pueda inscribir cursos en un horario corrido (ver anexo 3).

Pasos del algoritmo Colonia de Hormigas (CH) diseñado

En el desarrollo de CH, al igual que en RS, se va a utilizar el concepto de cromosoma y de gen que se utilizaron en Ramírez et al. (2019), ya que ello facilita el diseño de CH, lo cual permitiría identificar también el diseño como un algoritmo híbrido.

Paso A: Fijar los parámetros iniciales. En la tabla 1 se muestran dichos parámetros.

Número de hormigas	Constante de feromona	Constante de evaporación	Constante de ponderación
m	Q	p	α

Tabla 1. Parámetros de CH

Paso B: Preparar el nivel de rastreabilidad ($\tau_{i,j}$). Para cada uno de los cursos que están en la demanda (**cd**), se identifican los docentes que imparten una misma materia (serían los candidatos a elegir al azar en un paso

posterior). Se inicializa la feromona con la constante Q para cada cd (i-enésimo curso) y docente potencial (j-enésimo docente) de acuerdo a la ecuación 1.

$$\tau_{i,j} = Q \text{ para } \forall i \text{ y } \forall j \quad (1)$$

Paso C: Inicializar el nivel de atractividad ($\eta_{i,j}$). Para cada cd (i-enésimo curso) y docente potencial (j-enésimo docente) se identifica la carga máxima permitida (ca) de acuerdo con la ecuación 2. Al inicio, las hd son iguales a la ca .

$$\eta_{i,j} = ca_j \text{ para } \forall i \text{ y } \forall j \quad (2)$$

Paso D: Inicializar probabilidades ($p_{i,j}$). Para cada cd (i-enésimo curso) y docente potencial (j-enésimo docente) se calcula la probabilidad correspondiente de acuerdo a la ecuación 3.

$$p_{i,j} = \frac{\alpha\tau_{i,j} + (1-\alpha)\eta_{i,j}}{\sum_{fact} \alpha\tau_{i,j} + (1-\alpha)\eta_{i,j}} \text{ para } \forall i \text{ y } \forall j \quad (3)$$

Paso E: Llevar a cabo las corridas deseadas. Cada corrida realiza n iteraciones. Para cada iteración se realizan los siguientes pasos.

E.1 Ejecutar los recorridos de las m hormigas. Cada hormiga realiza lo siguiente:

1. Identificar el número de cursos sin docente (n_c). Si $n_c > 0$ continuar en el paso 2. En caso contrario termina su recorrido la k-enésima hormiga. Continuar en el paso 13.
2. Si $n_c > 1$, seleccionar al azar un cg , g_i (clase a impartir) sin docente y continuar en el paso 5.
3. Si $n_c = 1$, seleccionar dicho grupo, cg ; e ir al paso 5.
4. Si $n_c = 0$ terminar el recorrido de la k-enésima hormiga y continuar en el paso 13.
5. Identificar el conjunto de docentes $S = \{d_1, d_2, \dots\}$ que hayan impartido la clase en turno cg_i y que no tengan completa su ca .
6. Hacer $n_d = \#(S)$. Si $n_d > 0$ continuar en el paso 6. En caso contrario, dejar el cg_i sin docente y continuar en el paso 1.
7. Si $n_d > 1$, seleccionar al azar un docente (d_j) con el método de la ruleta y continuar en el paso 8.
8. Si $n_d = 1$, seleccionar dicho docente (d_j).
9. Verificar que las horas en que debe impartirse el cg_i están dentro de la jornada del docente d_j .
10. Verificar que las horas en que debe impartirse el cg_i no exista empalme o traslape con otro u otros cg que el docente d_j ya tenga asignados.
11. Calcular las horas adicionales de clase (hc) del cg_i y verificar que no se exceda la ca del docente d_j .
12. Si es factible, se asigna el docente d_j al cg_i en turno, haciendo $hd = hd - hc$ para el docente d_j y continuar en el paso 1. En caso contrario, se descarta el docente considerado d_j del conjunto S y continuar en el paso 6.
13. Calcular la aptitud (A_i) de la solución generada por el recorrido de la i-enésima hormiga de acuerdo a la función de aptitud mostrada en la ecuación 4.

$$A_i = D_c + C_d + H_p \quad (4)$$

Donde,

D_c = Número de docentes a quienes se les asignó al menos un cg

C_d = Número de cursos-grupos a los que se les asignó docente

H_p = Número de hp utilizadas dado D_c (solo las impartidas por un D_p)

14. Continuar con la siguiente hormiga hasta que cada una de las m hormigas hayan realizado su recorrido.

En el punto 7 del paso E1, se utiliza el método de la ruleta que consiste en lo siguiente. Primero se calcula la suma (P) de las probabilidades de los docentes potenciales del conjunto S ($n_d > 1$), como se indica en la ecuación 5.

$$P = \sum_{k=1}^{n_d} p_k \quad (5)$$

Donde $p_k = p_{i,j}$ para $\forall i$ y $\forall j$

Enseguida se calcula la probabilidad relativa (f_j) de cada d_j de acuerdo a la ecuación 6.

$$f_j = \frac{p_k}{P} \quad (6)$$

Se acumulan las probabilidades relativas (f_j) obteniendo los intervalos abiertos para cada d_j como se muestra en la tabla 2.

d_1	d_2	...	d_k
$F_1 = f_1$	$F_2 = F_1 + f_2$...	$F_k = F_{k-1} + f_k$
$(0 - F_1)$	$(F_1 - F_2)$...	$(F_{k-1} - F_k)$

Tabla 2. Intervalos para d_j

Se genera un número uniforme aleatorio continuo, r_i como se muestra en la ecuación 7.

$$r_i \sim U(0,1) \quad (7)$$

Se identifica el intervalo j que contiene a r_i y se selecciona d_j terminando así, el método de la ruleta.

E.2 Una vez que terminaron las m hormigas su recorrido, se acumula el número de veces (v) que se asignó un mismo docente (j) a un mismo cg ; durante los m recorridos. En otras palabras, se determina la cantidad de feromona acumulada en dichos recorridos (ver ecuación 8).

$$Q'_{i,j} = v_{i,j} Q \quad \text{para } \forall i \text{ y } \forall j \quad (8)$$

E.3 Actualizar la rastreabilidad ($\tau_{i,j}$) para cada cd (i -enésimo curso) y docente potencial (j -enésimo docente) como se indica en la ecuación 8.

$$\tau_{i,j} = \rho \tau_{i,j} + (1 - \rho) Q'_{i,j} \quad (9)$$

E.4 Actualizar las probabilidades ($p_{i,j}$). Para cada cd (i -enésimo curso) y docente potencial (j -enésimo docente) se calcula la probabilidad correspondiente de acuerdo con la ecuación 3.

E.5 Se continúa con la siguiente iteración.

Una vez que terminan las iteraciones deseadas, se registra la solución alcanzada y se continúa con la siguiente corrida.

Paso F: Una vez que terminan las corridas, se identifica y se muestra la mejor corrida.

En la figura 1 se muestra parcialmente la mejor solución encontrada en las 20 corridas. En el anexo 4 se incluye completa dicha solución. La columna A es solo un consecutivo de cada renglón, por lo que se observa que hay 68

curso-grupo sin docente, es decir, en la columna O el docente es un cero lo que indica “sin docente” desde el renglón 1 al renglón 68.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
No.	clave	Asignatura	grupo	hora inicia	hora termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	profesor	folio	
66	Gi4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	B	21:00	22:00	X	X	X	X	X	---	Clase	0	0	
67	Jh8	MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA	D	21:00	22:00	X	X	X	X	X	---	Clase	0	0	
68	Li8	SEMINARIO DE COMPETITIVIDAD	A	21:00	22:00	X	X	X	X	X	---	Clase	0	0	
69	Dh2	INGENIERIA DE SISTEMAS	A	11:00	12:00	X	X	X	---	---	---	Clase	4	12	
70	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4	12	
71	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	14:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	4	12	
72	Eh7	LOGISTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	D	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	59	1	
73	Eh5	CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD	A	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1	
74	Eh5	CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD	F	16:00	17:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1	
75	Eh5	CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD	B	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1	
76	Hh6	REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	D	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	61	1	
77	Ih8	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	A	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	61	1	
78	Dh7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	A	14:00	15:00	X	X	X	X	X	---	Clase	61	1	
79	Ah7	TALLER DE INVESTIGACION II	G	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1	
80	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACION	E	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1	
81	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACION	R	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1	
82	Di2	INGENIERIA DE SISTEMAS	A	21:00	22:00	X	X	X	---	---	---	Clase	73	1	
83	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	B	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	102	1	
84	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	B	10:00	12:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	102	1	
85	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	C	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	102	1	

Figura 1. Vista parcial de la mejor solución

La parte que se resalta (encerrada con un rectángulo) corresponde a un gen, ya que es un mismo docente (en este caso, es el docente identificado como 59). Otro gen sería el correspondiente al docente 61. Por lo anterior, la longitud de un cromosoma resulta que es variable. En este caso como en los demás, el o los intervalos en que puede impartir clases un docente, se acuerdan con el mismo docente, aún más, en el caso de docentes de tiempo parcial.

Para ilustrar el cálculo de la aptitud, se pueden utilizar los datos mostrados en la figura 1. En la columna O se pueden contar 5 docentes (números diferentes sin incluir el cero), lo cual sería D_c . Para C_d se verifican las columnas B y D que representan un cg a contar, lo cual sería 17. Para H_p se observa que la diferencia de las columnas *hora termina* y *hora inicia* representa la duración por día de cada clase. Las columnas L, M, M, J, V y S son los días de la semana que se imparte una clase y se representa por un “X” o una “L”. La suma correspondiente de un renglón serían las horas de clase totales en una semana para una clase. Acumulando esta suma para todos los renglones de un cromosoma, se obtendría H_p (limitando dichos renglones a aquellos que muestran en la columna P un valor diferente de 4, ya que este valor se refiere a docentes eventuales). En este caso, sería $H_p = 67$. Sumando, $A = 5 + 17 + 67 = 89$ considerando solo lo referente a la figura 1.

Pruebas y resultados

Después de probar varios parámetros, se escogieron los mostrados en la tabla 3.

$m = 3$	$Q = 10$	$\rho = 0.8$	$\alpha = 0.8$
---------	----------	--------------	----------------

Tabla 3. Parámetros para las corridas

Se llevaron a cabo 20 corridas y los resultados promedio se muestran en la figura 2, en donde se puede apreciar que el algoritmo es consistente y tiende a estabilizarse. Los valores de aptitud se detallan a partir de la ecuación 4, anteriormente descrita.

Todas las soluciones son factibles, es decir, se respetan las restricciones duras: no se excede la carga académica de cada docente, se asignan solo clases que ya ha impartido el docente, las horas de clase están dentro de la jornada de trabajo del docente sin empalmes de horas y se conservan los bloques de horarios de clases. En la figura 1 se muestra una parte de la mejor solución y se resalta al docente 59. En la tabla 4 se muestran las horas de los intervalos de trabajo y los horarios para impartir clase (restricción dura) de dicho docente. En este caso es de tiempo completo, es decir, su carga debe ser entre 20 y 24 horas (restricción suave) y las clases que se le asignaron, ya las ha impartido (restricción dura). De las 20 corridas, la convergencia de la mejor de ellas se muestra en la figura 3.

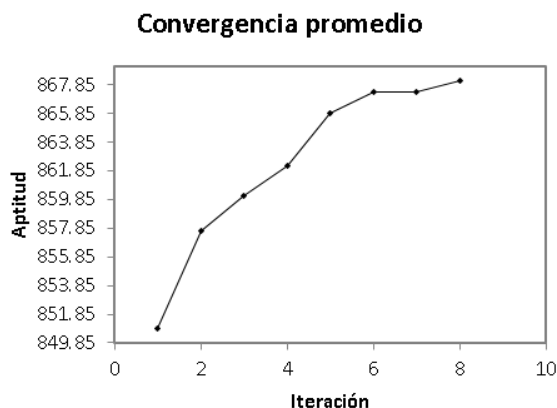


Figura 2. Resultados promedio de las 20 corridas

Día de la semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Intervalos de trabajo	7 am – 6 pm	7 am - 6 pm	7 am – 6 pm	7 am – 6 pm	9 am – 5 pm
Horario para clases	10 am – 1 pm	10 am – 1 pm	10 am- 1 pm	10 am – 1 pm	10 am -6 pm
Horario para clases	4 pm – 6 pm	4 pm – 6 pm	4 pm – 6 pm	4 pm – 6 pm	

Tabla 4. Intervalos y horarios posibles del docente 59

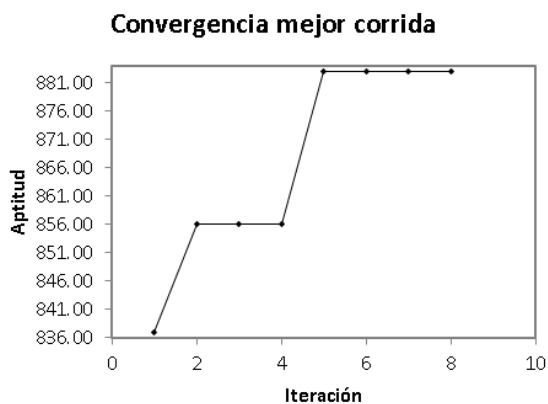


Figura 3. Mejor resultado de las 20 corridas

Conclusiones

En la tabla 5 se muestra el desglose de la aptitud de los tres métodos. El algoritmo de CH alcanzó una aptitud **A** mucho mayor a la del AG y mejor que la de RS. Además, aumentó significativamente el número de cursos con docente y por lo tanto, las horas-clase cubiertas. También, CH utilizó la mayor cantidad de docentes de planta. La carga de los docentes de planta (tabla 6 columna 4) se refiere al porcentaje en que se cubren las horas mínimas de clase que debe tener asignado el docente. La diferencia de dicha carga es explicable dado el incremento en el número de docentes asignados.

	Aptitud	Docentes de planta con al menos un curso (D_c)	Horas-clase cubiertas (h_p)	Cursos con docente de planta o eventual (ca)
AG	591	28	413	150
RS	721	55	514	152
CH	883	60	605	207

Tabla 5. Desglose de la aptitud lograda por cada algoritmo

	Docentes eventuales con al menos un curso (no.)	Cursos con docente (%)	Carga de los docentes de planta (%)	Tiempo promedio de cpu por corrida (hh:mm)
AG	7	54.55	92.66	3:42
RS	1	55.27	82.75	1:32
CH	11	75.27	90.91	8:36

Tabla 6. Otros resultados relacionados de manera indirecta con la aptitud

Al igual que en el caso de los resultados de AG y RS, las corridas se realizaron en un procesador Intel Core i7-4790 de 64 bits, 3.60 Ghz y 8 GB en RAM.. En los tres casos, se desarrolló la programación en Microsoft Visual Basic for Applications VBA en excel 2016.

En resumen, el algoritmo CH resultó mejor principalmente por la mayor cobertura de cursos logrando un 75.27 por ciento, aunque como desventaja, resultó ser el más lento. También ocupó mayor número de docentes de planta con una carga promedio de 90.91 por ciento similar a la del AG.

Se puede mencionar, como otra desventaja menor de CH, el hecho de utilizar 11 docentes eventuales. Asimismo, los docentes de planta con al menos un curso pasaron de 28 a 60, lo cual es crucial ya que los docentes de planta tienen contratos permanentes y si la carga no se les completa, se estaría incurriendo en una ineficiencia significativa en el manejo de los recursos. También, las horas-clase cubiertas pasaron de 413 a 605, lo cual implica que se están atendiendo mayor número de cursos que demandan más horas por semana.

Finalmente, como trabajo futuro, sería conveniente modificar el diseño del algoritmo CH para que sea menos lento. Una posible forma sería experimentar más ampliamente con los parámetros descritos en la tabla 3.

Referencias

- Calabrò G., Torrissi V., Inturri G., Ignaccolo M. (2020). Improving inbound logistic planning for large-scale real-world routing problems: a novel ant-colony simulation-based optimization. *European Transport Research Review* 12:21 <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00409-7>.
- Colomi A., Dorigo M., Maniezzo V. (1991). Distributed optimization by ant colonies. In: *Proceedings of the first European conference on artificial life*, MIT Press/Bradford Book, Paris Elsevier Publishing, 134–142.
- Ramírez C. S. M., Pimentel G. I. V., De la Cruz G. M., Salas H. P., Ramírez J. A. L. (2019). Determinación de horarios de clases bajo múltiples restricciones y limitaciones. *Revista de la Ingeniería Industrial (AcademiaJournals.com)*, Vol. 13, No. 1, 1-12.
- Ramírez C. S. M., Marroquín E. E., Cisneros T. J. C., Padilla H. J. C., Reyes T. J. R. (2020). Aplicación del Recocido Simulado en la determinación de horarios de clases bajo múltiples restricciones y limitaciones. *Revista de la Ingeniería Industrial (AcademiaJournals.com)*, Vol. 14, No. 1, 1-13.
- Saju S. S., Vinod Ch. S. S. (2020). A Multi-agent Ant Colony Optimization Algorithm for Effective Vehicular Traffic Management. *Springer Nature Switzerland AG 2020 Y. Tan et al. (Eds.): ICSI 2020, LNCS 12145, pp. 640–647, 2020.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-53956-6_59
- Selma B., Chouraqui S., Abouaïssa H. (2020). Optimization of ANFIS controllers using improved ant colony to control an UAV trajectory tracking task. *SN Applied Sciences*, 2:878 | <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2236-z>.
- Shuqing M., Hong T., Xinxin W. (2021). A Link Load Balancing Algorithm Based on Ant Colony Optimization in Data Center Network. *Springer Nature Switzerland AG 2021. All Rights Reserved H. Gao et al. (Eds.): ChinaCom 2020, LNICST 352, pp. 474–489, 2021.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-67720-6_33

Anexo 1

Se muestran, a manera de ejemplo, cuatro casos diferentes de jornadas de trabajo en las tablas 7, 8, 9 y 10.

	L	M	M	J	V	S
Entrada	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00	
Salida	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	

Tabla 7. Jornada de trabajo matutina larga

	L	M	M	J	V	S
Entrada	16:00	16:00	17:00	17:00		
Salida	21:00	21:00	21:00	21:00		

Tabla 8. Jornada de trabajo vespertina larga

	L	M	M	J	V	S
Entrada	07:00	07:00	07:00	07:00		
Salida	14:30	14:30	14:30	14:30		

Tabla 9. Jornada de trabajo matutina corta

	L	M	M	J	V	S
Entrada	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	
Salida	20:00	20:00	20:00	20:00	20:00	

Tabla 10. Jornada de trabajo vespertina corta

Anexo 2.

Se muestran, a manera de ejemplo, tres casos de las materias que han impartido tres docentes, en las tablas 11, 12 y 13 (solo se consideran los últimos 5 semestres).

cu_1	cu materia	Descripción	Año	semestre	considerar
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2019	1	1
102	Dh4B	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2019	1	1
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2018	2	1
102	Dh4B	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2018	2	1
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2018	1	1
102	Dh4B	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2018	1	1
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2017	2	1
102	Dh4A	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2017	2	1
102	Fh3B	ESTUDIO DEL TRABAJO I	2017	1	1
102	Fh4C	ESTUDIO DEL TRABAJO II	2017	1	1
102	Dh6B	SIMULACIÓN	2017	1	1

Tabla 11. Materias impartidas por el docente 102

cu_1	cu materia	Descripción	año	semestre	considerar
4201	Bh6B	INGENIERÍA ECONÓMICA	2019	1	1
4201	Dh5E	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	2019	1	1
4201	Ih8B	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	2019	1	1
4201	Ci5B	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	2018	2	1
4201	Ch6C	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	2018	2	1
4201	Bh6E	INGENIERÍA ECONÓMICA	2018	2	1
4201	Ih8B	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	2018	2	1
4201	Ci6B	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	2018	1	1
4201	Dh6C	SIMULACIÓN	2018	1	1
4201	Ih8D	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	2018	1	1
4201	Ch5E	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	2017	2	1
4201	Gi8B	SEMINARIO DE COMPETITIVIDAD	2017	2	1
4201	Di4A	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	2017	1	1
4201	Dh8B	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	2017	1	1

Tabla 12. Materias impartidas por el docente 4201

1291	Gh4F	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	2019	1	1
1291	Gh4E	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	2018	2	1
1291	Ah7C	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	2018	2	1
1291	Di2A	INGENIERÍA DE SISTEMAS	2017	2	1

Tabla 13. Materias impartidas por el docente 1291

Anexo 3.

En las tablas 14 y 15 se muestran dos ejemplos de bloques de clases.

Sem.	Clave	Nombre de la asignatura	Grupo	Hora Inicio	Hora termina	L	M	M	J	V	S
1	Fh1	DIBUJO INDUSTRIAL	A	7	9					L	
1	Fh1	DIBUJO INDUSTRIAL	A	8	9	x	x	x	x		
1	Ch1	CALCULO DIFERENCIAL	A	9	10	x	x	x	x	x	
1	Eh1	QUIMICA	A	10	11	x	x	x	x		
1	Dh1	TALLER DE HERRA. INTELECTUALES	A	11	12	x	x	x	x		
1	Bh1	TALLER DE ETICA	A	12	13	x	x	x	x		
1	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	A	13	14	x	x	x	x		

Tabla 14. Bloque A de clases del primer semestre

Sem.	Clave	Nombre de la asignatura	Grupo	Hora inicio	Hora termina	L	M	M	J	V	S
3	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	7	8	X	X	X	X		
3	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	7	9					L	
3	Ah3	METROLOGIA Y NORMALIZACION	A	8	9	X	X	X	X		
3	Dh3	ECONOMIA	A	9	10	X	X	X	X		
3	Ch3	CALCULO VECTORIAL	A	10	11	X	X	X	X	X	
3	Eh3	ESTADISTICA INFERENCIAL I	A	11	12	X	X	X	X	X	
3	Bh3	ALGEBRA LINEAL	A	12	13	X	X	X	X	X	

Tabla 15. Bloque A de clases para el semestre 3.

Anexo 4.

En las tablas 16a, 16b, 16c, 16d, 16e y 16f se muestra la solución completa de cursos con docente.

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docente	Folio
69	Dh2	INGENIERIA DE SISTEMAS	A	11:00	12:00	X	X	X	---	---	---	Clase	4	12
70	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4	12
71	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	12:00	14:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	4	12
72	Eh7	LOGISTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	D	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	59	1
73	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	A	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1
74	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	F	16:00	17:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1
75	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	B	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	59	1
76	Hh6	REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	D	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	61	1
77	Ih8	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	A	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	61	1
78	Dh7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	A	14:00	15:00	X	X	X	X	X	---	Clase	61	1
79	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	G	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
80	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	E	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
81	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	R	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	73	1
82	Di2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	A	21:00	22:00	X	X	X	---	---	---	Clase	73	1
83	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	B	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	102	1
84	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	B	10:00	12:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	102	1
85	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	C	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	102	1
86	Cl3	CALIDAD	B	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
87	Fh7	GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD	C	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
88	Ch7	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	C	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
89	Hh6	REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	E	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	2
90	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	G	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	140	4
91	Am8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	07:00	08:00	X	X	X	---	---	---	Clase	156	1
92	Am8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	07:00	08:00	---	---	---	L	L	---	Lab.	156	1
93	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	A	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
94	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	D	10:00	12:00	---	---	---	---	X	---	Clase	156	1
95	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	D	11:00	12:00	---	---	---	X	---	---	Clase	156	1
96	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	156	1
97	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	A	13:00	14:00	X	X	X	---	---	---	Clase	156	1
98	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	D	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1

Tabla 16a. Solución completa (continúa)

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab	Docente	folio
99	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	C	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1
100	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1
101	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	C	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	160	1
102	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	B	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1
103	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	B	07:00	09:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	185	1
104	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	G	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1
105	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	G	09:00	11:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	185	1
106	Fh7	GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD	D	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	185	1
107	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	B	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	185	1
108	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	D	16:00	17:00	X	X	X	---	---	---	Clase	198	3
109	Bh6	INGENIERÍA ECONÓMICA	D	07:00	08:00	X	X	X	X	---	---	Clase	231	3
110	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	H	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	248	1
111	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	H	16:00	18:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	248	1
112	Ch7	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	A	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	248	1
113	Bi6	INGENIERÍA ECONÓMICA	B	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	316	3
114	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	A	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1
115	Dh6	SIMULACIÓN	A	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1
116	Dh6	SIMULACIÓN	E	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1
117	Dh6	SIMULACIÓN	C	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1
118	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	D	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	321	1
119	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	B	07:00	08:00	X	X	X	X	---	---	Clase	335	3
120	Kh8	SEMINARIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS	B	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	403	11
121	Hh8	SIMULACIÓN AVANZADA	C	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	403	11
122	Ki8	SEMINARIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS	B	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	403	11
123	Fh7	GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD	B	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	418	11
124	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	470	1
125	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	A	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	470	1
126	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	07:00	08:00	X	X	X	X	---	---	Clase	494	3
127	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	07:00	09:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	494	3
128	Df5	SIMULACIÓN	A	09:00	10:00	X	X	X	X	X	---	Clase	497	2
129	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	B	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	497	2
130	Df5	SIMULACIÓN	B	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	497	2
131	Dh6	SIMULACIÓN	D	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	497	2
132	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	F	10:00	12:00	---	---	---	---	X	---	Clase	517	1
133	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	F	11:00	12:00	---	---	---	X	---	---	Clase	517	1
134	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	C	13:00	14:00	X	X	X	---	---	---	Clase	517	1
135	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	B	19:00	20:00	X	X	X	---	---	---	Clase	517	1
136	Fm5	CALIDAD	B	20:00	21:00	X	X	---	---	---	---	Clase	517	1
137	Fm5	CALIDAD	B	20:00	21:00	---	---	L	L	---	---	Lab.	517	1
138	Eh7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	B	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	532	2
139	Ei6	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	A	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	556	1
140	Eh6	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	F	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	556	1
141	Ch6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	D	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	603	1

Tabla 16b. Solución completa (continúa)

No.	clave	Asignatura	Grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docente	folio
142	Bh6	INGENIERÍA ECONÓMICA	A	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	609	11
143	Ch7	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	D	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	642	1
144	Ch7	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	B	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	642	1
145	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	13:00	14:00	X	X	X	---	---	---	Clase	642	1
146	Ah1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	C	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	653	1
147	Df3	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	C	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	653	1
148	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	B	10:00	11:00	X	X	X	---	---	---	Clase	670	3
149	Ci3	CALIDAD	A	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	676	1
150	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	676	1
151	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	E	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	676	1
152	Dh7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	E	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	726	1
153	Lh8	SEMINARIO DE COMPETITIVIDAD	D	18:00	19:00	X	X	X	X	X	---	Clase	726	1
154	Lh8	SEMINARIO DE COMPETITIVIDAD	B	19:00	20:00	X	X	X	X	X	---	Clase	726	1
155	Dh7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	G	20:00	21:00	X	X	X	X	X	---	Clase	726	1
156	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	G	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	794	1
157	Gh5	ERGONOMÍA	A	11:00	12:00	X	X	X	X	X	---	Clase	794	1
158	Gh5	ERGONOMÍA	D	12:00	13:00	X	X	X	X	X	---	Clase	794	1
159	Gh5	ERGONOMÍA	H	07:00	08:00	X	X	X	X	X	---	Clase	794	2
160	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	G	09:00	11:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	794	2
161	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	F	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	794	2
162	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	F	13:00	15:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	794	2
163	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	D	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	814	1
164	Ch6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	A	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	814	1
165	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	B	11:00	12:00	X	X	X	---	---	---	Clase	814	1
166	Dh6	SIMULACIÓN	B	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	814	1
167	Hh6	REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	A	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	814	1
168	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	A	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	854	1
169	Dh7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	F	10:00	11:00	X	X	X	X	X	---	Clase	854	1
170	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	G	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	854	1
171	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	F	16:00	17:00	X	X	X	X	X	---	Clase	880	2
172	Gi4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	A	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	880	2
173	Fi4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	880	2
174	Fi4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	A	18:00	20:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	880	2
175	Eh6	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	E	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	882	3
176	Hh6	REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	B	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	882	3
177	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	H	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	884	2
178	Di7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	A	20:00	21:00	X	X	X	X	X	---	Clase	884	2
179	Ai5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	A	21:00	22:00	X	X	X	---	---	---	Clase	884	2
180	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	E	15:00	16:00	X	X	X	X	X	---	Clase	906	1
181	Jm8	ESTADÍSTICA APLICADA	A	18:00	19:00	X	X	---	---	---	---	Clase	906	1
182	Jm8	ESTADÍSTICA APLICADA	A	18:00	19:00	---	---	L	L	---	---	Lab.	906	1
183	Eh7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	F	07:00	08:00	X	X	X	X	---	---	Clase	946	2
184	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	A	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	946	2

Tabla 16c. Solución completa (continúa)

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docente	folio
185	Hh7	INGENIERÍA DE CALIDAD	B	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	953	2
186	Kh8	SEMINARIO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	962	11
187	Di5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	B	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	967	11
188	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	B	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	969	11
189	Ii8	SISTEMAS AVANZADOS DE MANUFACTURA	A	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	969	11
190	Ai7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	A	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	969	11
191	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	B	16:00	17:00	X	X	---	---	---	---	Clase	978	1
192	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	B	16:00	17:00	---	---	X	X	---	---	Clase	978	1
193	Fm2	TALLER DE SEGURIDAD E HIGIENE	B	14:00	15:00	X	X	X	---	---	---	Clase	979	3
194	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	F	08:00	09:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1000	3
195	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	C	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1000	3
196	Hh7	INGENIERÍA DE CALIDAD	F	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1016	2
197	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	G	12:00	14:00	---	---	---	---	X	---	Clase	1016	2
198	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	G	13:00	14:00	---	---	---	X	---	---	Clase	1016	2
199	Fm5	CALIDAD	A	08:00	09:00	X	X	---	---	---	---	Clase	1036	1
200	Fm5	CALIDAD	A	08:00	09:00	---	---	L	L	---	---	Lab.	1036	1
201	Eh6	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	D	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1036	1
202	Eh6	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	A	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1036	1
203	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	E	18:00	19:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1059	1
204	Ai8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	A	19:00	20:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1059	1
205	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	G	09:00	10:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1063	2
206	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	B	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1063	2
207	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	A	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1063	2
208	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	A	10:00	11:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1072	2
209	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	E	11:00	12:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1072	2
210	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	E	11:00	13:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	1072	2
211	Hh7	INGENIERÍA DE CALIDAD	D	13:00	14:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1072	2
212	Gh5	ERGONOMÍA	G	15:00	16:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1075	1
213	Gh5	ERGONOMÍA	B	14:00	15:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1075	4
214	Gh5	ERGONOMÍA	C	16:00	17:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1075	4
215	Bh6	INGENIERÍA ECONÓMICA	C	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1075	4
216	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	A	11:00	12:00	X	X	---	---	---	---	Clase	1114	1
217	Di8	GESTIÓN DE PROYECTOS	A	11:00	12:00	---	---	X	X	---	---	Clase	1114	1
218	Bi7	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	A	14:00	15:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1114	1
219	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	D	10:00	11:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1114	4
220	Fm2	TALLER DE SEGURIDAD E HIGIENE	A	13:00	14:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1114	4
221	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	C	15:00	16:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1114	4
222	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	E	15:00	17:00	---	---	---	---	X	---	Clase	1143	2
223	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	H	15:00	16:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1143	2
224	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	F	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1143	2
225	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	E	16:00	17:00	---	---	---	X	---	---	Clase	1143	4
226	Ci7	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE INSTALACIONES	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1143	4
227	Di2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	D	18:00	19:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1143	4

Tabla 16d. Solución completa (continúa)

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termin a	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docent e	folio
228	Eh5	CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	D	13:00	14:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1171	2
229	Bj8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	C	14:00	15:00	X	X	X	---	---	---	Clase	1171	2
230	Ch6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	E	15:00	16:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1171	2
231	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	F	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1183	2
232	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	F	17:00	19:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	1183	2
233	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	B	12:00	13:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1238	2
234	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	G	13:00	15:00	---	---	---	---	X	---	Clase	1238	2
235	Dh2	INGENIERÍA DE SISTEMAS	G	13:00	14:00	---	---	---	X	---	---	Clase	1238	2
236	Ai1	FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1254	2
237	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	E	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1256	1
238	Ai6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1256	1
239	Gh5	ERGONOMÍA	E	18:00	19:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1288	2
240	Gi5	ERGONOMÍA	B	19:00	20:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1288	2
241	Ah6	TALLER DE INVESTIGACIÓN I	C	21:00	22:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1288	4
242	Ah7	TALLER DE INVESTIGACIÓN II	A	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	1291	2
243	Gh4	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	D	17:00	18:00	X	X	X	X	X	---	Clase	1291	2
244	Fi3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	17:00	18:00	X	X	X	X	---	---	Clase	3142	4
245	Fi3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	A	17:00	19:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	3142	4
246	Ch6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	C	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	3142	4
247	Eh7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	G	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4134	4
248	Hh6	REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	C	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4134	4
249	Ei7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	A	21:00	22:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4134	4
250	Ch5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	E	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4169	4
251	Bh6	INGENIERÍA ECONÓMICA	F	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4169	4
252	Ci5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	A	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4169	4
253	Ah8	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	C	18:00	19:00	X	X	X	X	X	---	Clase	4170	4
254	Eh7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	A	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4170	4
255	Di4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	A	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4170	4
256	Fi7	GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD	B	21:00	22:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4170	4
257	Ci5	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES I	B	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4171	4
258	Bi7	HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	B	18:00	19:00	X	X	X	---	---	---	Clase	4173	4
259	Ah5	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	E	19:00	20:00	X	X	X	---	---	---	Clase	4173	4
260	Ci6	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES II	A	21:00	22:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4173	4
261	Dh5	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II	E	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4201	4
262	Dh4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	G	15:00	16:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4201	4
263	Dh7	SISTEMAS DE MANUFACTURA	C	16:00	17:00	X	X	X	X	X	---	Clase	4201	4
264	Eh7	LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO	C	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4204	4
265	Eh6	ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO	B	16:00	17:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4204	4
266	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	E	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4204	4
267	Fh4	ESTUDIO DEL TRABAJO II	E	19:00	21:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	4204	4
268	Lh8	SEMINARIO DE COMPETITIVIDAD	C	21:00	22:00	X	X	X	X	X	---	Clase	4204	4
269	Hh8	SIMULACIÓN AVANZADA	A	14:00	15:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4
270	Hh8	SIMULACIÓN AVANZADA	B	15:00	16:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4
271	Di4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	B	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4

Tabla 16e. Solución completa (continúa)

No.	clave	Asignatura	grupo	Inicia	Termina	L	M	M	J	V	S	Clase/Lab.	Docente	folio
271	Di4	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I	B	18:00	19:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4
272	Hi8	SIMULACIÓN AVANZADA	A	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4220	4
273	Ej2	ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD	C	19:00	20:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4244	4
274	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	I	20:00	21:00	X	X	X	X	---	---	Clase	4245	4
275	Fh3	ESTUDIO DEL TRABAJO I	I	19:00	21:00	---	---	---	---	L	---	Lab.	4245	4

Tabla 16f. Solución completa