

Generación de horarios mediante algoritmos genéticos

Generation of timetables using genetic algorithms

Israel Acuña-Galván^a, Evangelina Lezama-León^b, Ernesto Bolaños-Rodríguez^c, Alonso E. Solís-Galindo^d, Gaby Y. Vega-Cano^e

Abstract:

In the present work, a school time table is obtained for the educational program Bachelor's Degree in Information Technology of Escuela Superior de Tizayuca through a genetic algorithm, this program was carried out since, despite the fact that there are various works in this regard, each school has a specific way to work, for which a program focused on these needs is needed. The program uses two types of constraints, essential and non-essential. It is able to obtain a useful time table as it does not violate any essential constraints and only violates non-essential constraints twice. This program can serve as a base to create another one that obtains the schedules of the whole school. Obtaining optimized school time tables allows for more efficient use of resources, such as classrooms and laboratories, it also makes the work of administrative and teaching staff more efficient, more so in the latter, since it reduces the mental and physical wear and tear on teachers that they sometimes have a lot of hours without showing classes.

Keywords:

Genetic algorithm, school timetable, optimization

Resumen:

En el presente trabajo se obtiene un horario para el programa educativo Licenciatura en Tecnologías de la Información de la Escuela Superior de Tizayuca mediante un algoritmo genético, se decidió realizar este programa ya que a pesar de que existen diversos trabajos al respecto, cada escuela tiene una forma específica de trabajar, por lo cual se necesita un programa enfocado a estas necesidades. El programa utiliza dos tipos de restricciones, esenciales y no esenciales. Este es capaz de obtener un horario útil ya que no viola ninguna restricción esencial y solo viola dos veces restricciones no esenciales. Este programa puede servir como base para crear otro que obtenga los horarios de toda la escuela. La obtención de horarios optimizados permite usar de forma más eficiente los recursos, como aulas y laboratorios, también hace más eficiente el trabajo de personal administrativo y docente, más en los últimos ya que aminora el desgaste mental y físico de los docentes que algunas veces tienen una gran cantidad de horas sin asignación de clases.

Palabras Clave:

Algoritmo genético, horario escolar, optimización

Introducción

Muchas de las actividades humanas están conformadas por procesos, estos pueden ser proceso de manufactura, de calidad, administrativos, sociales, etc., Estos procesos consumen recursos humanos, económicos y temporales, por lo tanto, deben ser optimizados y así realizarlos de una

manera eficiente. Optimizar consiste en encontrar la mejor solución a un problema de entre muchas soluciones posibles [1], la optimización tendrá un impacto positivo en los costos de producción, en la utilización de los recursos, en el tiempo utilizado en cierta actividad, etc., por ejemplo, los autobuses escolares que transportan alumnos a una escuela deben optimizar el recorrido para realizarlo en el

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-7714-0410>, Email: israel_acuna4738@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-0818-0897>, Email: evangel@uaeh.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-1432-7720>, Email: ebolanos@uaeh.edu.mx

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-3999-006X>, Email: soliser@uaeh.edu.mx

^e Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-1440-1617>, Email: gaby@uaeh.edu.mx

menor tiempo posible, esto impactará en la hora a la que los alumnos se levantan, en el consumo de combustible, e incluso en la cantidad de alumnos que son trasladados, optimizar el recorrido no es una actividad trivial y para realizarlo se pueden utilizar diferentes métodos de optimización.

Un ejemplo de optimización industrial se da en la industria química, en esta se obtienen productos mediante la transformación de materias primas a través de diversos equipos, además muchos productos utilizan las mismas operaciones y/o equipos en su producción, por lo tanto, es posible que una misma planta obtenga diferentes productos utilizando las mismas instalaciones. La optimización de la producción juega un papel vital en las ganancias que obtienen las empresas [2].

No existe un método específico para resolver todos los problemas de optimización, por el contrario, existe una diversidad de métodos que pueden ser aplicados dependiendo de la naturaleza del problema, estos métodos pueden ser clasificados en: métodos tradicionales y modernos [3]. Los métodos tradicionales incluyen diversos métodos de Técnicas de Programación Matemática, estos son útiles en la búsqueda de máximos o mínimos de funciones con varias variables bajo un grupo de restricciones. Los métodos modernos incluyen, algoritmos genéticos, optimización por enjambre de partículas, algoritmo de colonia de hormigas y optimización basada en redes neuronales, por mencionar algunos.

Los algoritmos genéticos son métodos heurísticos que son aplicables a una gran cantidad de problemas, esto los hace atractivos para resolver muchos problemas reales de optimización. También forman parte de sistemas inteligentes los cuales son capaces de imitar la inteligencia humana. Por tal motivo, logran tener éxito donde otros métodos fallan, debido a que son tolerantes al ruido, a la inestabilidad y no necesitan de una función derivable para encontrar máximos o mínimos [4].

Los algoritmos genéticos están inspirados en el proceso evolutivo natural, en este proceso existe una población de individuos donde cada uno de estos tiene características (genes) que le permiten cierto grado de adaptación al medio ambiente. Estas características son otorgadas por sus progenitores y estas determinan si el individuo será apto para sobrevivir o no, los individuos se cruzan para generar nuevos descendientes y así obtener una nueva generación. El proceso se repite de tal manera que los nuevos individuos heredan las características de sus progenitores; si los padres tienen características que les permitan sobrevivir al medio ambiente, los hijos también

las tendrán. Por otro lado, si los padres no tienen esas características, los hijos tampoco las tendrán. Así los individuos mejor adaptados serán los que tengan una mayor probabilidad de reproducirse e influir en las características de las nuevas generaciones. De esta forma es como se da el proceso de la selección natural, donde sobreviven los individuos que tienen la capacidad de adaptarse al ambiente de mejor manera. El cruzamiento no es el único motivo por el cual los individuos pueden cambiar sus características, esto también se produce por un fenómeno llamado mutación. Esto se debe principalmente a agentes externos, por ejemplo, la radiación ultravioleta producida por el sol, las mutaciones pueden influir de manera positiva o negativa en la adaptabilidad al ambiente de los individuos.

Los algoritmos genéticos imitan este comportamiento, cada uno de los individuos de una población representa una posible solución a un problema específico, la solución puede ser buena o mala. De estos individuos (soluciones) se eligen los mejores para combinarlos mediante un proceso llamado cruzamiento (crossover) y generar la nueva generación. Los individuos de la nueva generación son sometidos a un proceso de mutación, esta nueva generación de individuos por lo general es mejor que la anterior, este proceso se puede repetir por muchas generaciones hasta obtener una solución óptima.

Cabe mencionar que la elección de los individuos se puede realizar por diferentes métodos, por ejemplo, método de la ruleta, muestreo universal estocástico o selección por torneo, entre otros. El parámetro en el cual se basa la elección es conocido como aptitud (fitness), los individuos más aptos son los que son elegidos dentro del proceso de selección [5]. El cálculo del valor de la aptitud se basa en el cumplimiento de reglas o especificaciones, por ejemplo, que una solución no pase cierto valor, o que esté contenida dentro de cierto rango. Las reglas pueden ser diversas y dependen de la naturaleza del problema al que se desea dar solución.

Los algoritmos genéticos pueden ser usados para resolver una gran cantidad de problemas, entre estos podemos mencionar, optimizar rutas para entregas de bienes, composición de piezas musicales [6] y la programación de operaciones. La programación de operaciones se relaciona con ubicar recursos escasos a disposición de actividades competitivas en el tiempo, la programación de actividades se presenta en diversos sistemas de manufactura y producción, transporte y distribución de bienes y/o personas [2]. Por sus características, la generación de horarios escolares puede verse como un tipo de programación de operaciones, ya que es necesario

asignar docentes, aulas y/o laboratorios a diferentes grupos dentro de un determinado espacio de tiempo.

La generación de horarios escolares busca el mejor horario que satisfaga ciertas restricciones, entre estas restricciones podemos citar: que un docente no imparta clase a más de un grupo en cierto horario, que un aula no albergue más de un grupo en cierto horario, que el tamaño del grupo no sobrepase la capacidad del aula, etc. El desarrollo de un horario óptimo es fundamental para el buen funcionamiento de una escuela, ya que esto impacta en el desempeño de los alumnos, docentes y administrativos, también en la correcta utilización de los recursos, como aulas y laboratorios. Sin embargo, la creación de horarios escolares no es una tarea trivial, es compleja y demanda mucho tiempo por parte de las personas que los elaboran. La creación de horarios escolares es clasificada dentro de la computación como un problema tipo NP. [7]

Al momento de obtener un horario escolar mediante un algoritmo genético es necesario establecer las restricciones que se deben respetar, pero estas restricciones pueden ser muchas y es difícil obtener una solución que no viole alguna de ellas, por lo tanto es necesario dividir las restricciones en dos grupos, restricciones esenciales y no esenciales [7]. Las restricciones esenciales son aquellas que, de no cumplirse, generan un horario que no es útil, por ejemplo, la restricción de que un grupo no puede tener dos clases al mismo tiempo. Las no esenciales son aquellas que pueden ser violadas y aun así el horario es útil, por ejemplo, que un grupo salga cuatro días de la semana a las 13:00 horas y otro día a las 17:00 horas.

A la fecha, en diferentes trabajos, se han implementado algoritmos genéticos para generar horarios escolares, pero debido a que cada escuela presenta características específicas en su operación es necesario realizar implementaciones específicas para una escuela en particular. Por ejemplo, en la Escuela Superior de Tizayuca de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en los programas educativos de licenciatura existen asignaturas optativas, los alumnos deben cursar de manera obligatoria alguna de estas por semestre, debido a que cada alumno puede elegir la optativa a cursar y todas se imparten en el mismo horario, entonces un grupo puede estar tomando varias optativas al mismo tiempo, por lo tanto se rompe la restricción de que un grupo no puede tomar más de una asignatura a la vez. Este tipo de características especiales son una muestra de que es necesario implementar un algoritmo genético a medida para cada escuela donde se quiera obtener un horario optimizado.

En este trabajo se presenta un algoritmo genético para la creación de horarios para el programa educativo de la Licenciatura en Tecnologías de la Información (LTI) impartido en la Escuela Superior de Tizayuca, dicho programa está implementado en Java, obtiene los datos necesarios para su ejecución de una base de datos, también guarda los datos generados en la misma base de datos, y presenta los horarios mediante una interfaz. El código realizado se basa en el algoritmo presentado en [8].

Implementación

Para solucionar el problema mediante algoritmos genéticos es necesario representar un horario o solución mediante un cromosoma, la representación tiene un papel vital en el funcionamiento del programa. Los cromosomas están formados por genes y en este trabajo un gen está representado por un identificador de sesión, a su vez una sesión tiene asignado un identificador de hora y un identificador de aula, por lo tanto, el cromosoma está codificado por valores de tipo entero. En la figura 1 se pueden observar tres genes que representan tres sesiones, la primera sesión (id_sesión 8) podría ser la segunda clase de matemáticas de la semana que se impartiría los jueves de 11:00 a 9:00 (id_hora 16) en el aula 3 del edificio 2 (id_aula 8), los demás genes tendrían una interpretación similar. La unión de todos estos genes forma un cromosoma, un individuo o una solución.



Figura 1. Codificación de un cromosoma (elaboración propia)

La generación de sesiones se realiza de la siguiente manera, las asignaturas se fragmentan en sesiones de dos horas, bajo la premisa de que las sesiones de dos horas son más útiles que sesiones de una hora, por ejemplo, si la asignatura de precálculo se imparte 7 horas a la semana, esta será fragmentada en 3 sesiones de dos horas y una de una hora.

Al comenzar el programa obtiene de una base de datos la información necesaria para la operación de este, después se crean los genes de manera aleatoria, por ejemplo la segunda clase de programación de la semana se le puede asignar un horario de 11:00 a 13:00 los días martes en el aula 7, y la tercera clase de base de datos de la semana de 9:00 a 11:00 los jueves en el aula 9, y así

sucesivamente hasta tener un horario completo. Se deben obtener una cantidad determinada de horarios o individuos, diferentes entre sí, para poder realizar una selección de los mejores. Estos individuos forman la primera generación. Una vez que se tiene la primera generación se hace una elección de los mejores por el método de torneo, con los elegidos se realiza el proceso de cruzamiento uniforme lo cual originará la segunda generación, los individuos de la segunda generación se someterán a un proceso de mutación uniforme y de nuevo se realizará un proceso de selección de los mejores para obtener la tercera generación y así sucesivamente. La figura 2 muestra este proceso.

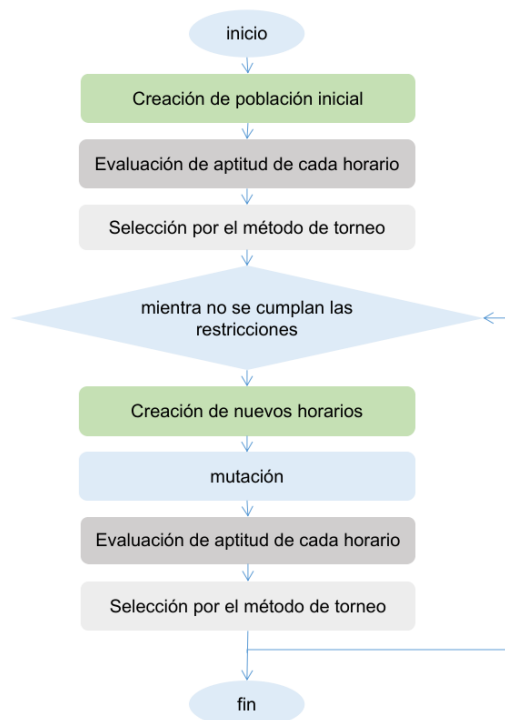


Figura 2. Generación de horarios mediante un algoritmo genético (elaboración propia)

La elección de los individuos se basa en el valor de la aptitud de cada uno de estos, para calcularla se analizan las restricciones que cumple cada individuo, las restricciones se clasificaron en esenciales (Tabla 1) y no esenciales (Tabla 2).

| Restricciones esenciales |
|---|
| La capacidad del aula deber ser mayor o igual al tamaño del grupo |
| Un aula no puede estar ocupada por más de un grupo en un horario específico |
| Un docente no puede estar impartiendo clase a más de un grupo en horario específico |

| |
|---|
| Un grupo no tiene más de dos clases en un horario específico |
| Los grupos asisten dentro de su turno respectivo, matutino o vespertino |
| Un grupo no puede tener más de una sesión de una misma asignatura por día, a no ser que estén seguidas y en total sumen tres horas. |

Tabla 1. Restricciones iniciales usadas en el algoritmo genético

| Restricciones no esenciales |
|---|
| Las clases para los grupos matutinos comienzan a las 7:00 |
| Los grupos deben tener clases en un horario corrido |
| Los grupos tiene aproximadamente la misma cantidad de horas todos los días |
| El personal de tiempo completo imparte clases en un horario entre las 9:00 y las 20:00 horas |
| Ciertos profesores no asisten en un determinado horario, si un profesor labora en otra escuela no se le asignarán clase dentro de ese horario |

Tabla 2. Restricciones no iniciales usadas en el algoritmo genético

Al terminar una determinada cantidad de generaciones el programa imprime cuántas restricciones son quebrantadas por el mejor cromosoma de cada generación, así que conforme se obtienen más generaciones este valor tiende a disminuir, además el programa muestra en detalle qué restricciones son quebrantadas y en qué cantidad, esto ayuda a identificar qué problemas se presentan y buscar soluciones alternas para satisfacer las restricciones.

Cuando termina el algoritmo genético, el horario obtenido se guarda en la base de datos, después se puede correr un programa adicional el cual muestra los horarios de manera gráfica. Se decidió separarlos en dos programas ya que la generación de horarios es una tarea que se realizará de manera semestral, mientras que la consulta se podría realizar una cantidad indeterminada de veces durante el semestre. Los horarios mostrados son; por grupo, por docente y por aula.

Resultados

El algoritmo es capaz de generar un horario que satisface la mayoría de las restricciones, este demora aproximadamente unas 3 horas, con 50000 generaciones en promedio. Se configuró con un tamaño de población de 75 individuos por generación, una tasa de mutación de 0.001, una tasa de cruzamiento de 0.9 y un tamaño de torneo 25 individuos.

Primer Congreso de Investigación e Innovación en Tendencias Globales, 26-28 de octubre

A continuación, se muestran los horarios obtenidos para los nueve semestres del programa educativo en Tecnologías de la Información, figura 3.

| LTI - 1° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|---|--|--|--|---|--------|
| 7:00-8:00 | Conversaciones Introd Irene Campos González 6-MI | Fund. de Redes Ingrid Benítez Reyes Laboratorio-MI | Des. Sustentable y Me Julia Isabel Montero 10-MI | | Aprender a Aprender Mayra Remedios Balce 4-MI | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | Fund. de Programación Alonso Ernesto Salas 3-MI | Fund. de Programación Alonso Ernesto Salas 3-MI | Conversaciones Introd Irene Campos González Laboratorio-MI | Fund. de Programación Alonso Ernesto Salas 10-MI | Fund. de Redes Ingrid Benítez Reyes Aula computo-MI | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | Aprender a Aprender Mayra Remedios Balce Lab computo-MI | Introducción a las TI Evangelina Lescana L 4-MI | Introducción a las TI Evangelina Lescana L 6-MI | Fund. de Redes Ingrid Benítez Reyes 10-MI | Introducción a las TI Evangelina Lescana L 3-MI | |
| 12:00-13:00 | | | | | | |
| 13:00-14:00 | | | | Des. Sustentable y Me Julia Isabel Montero 3-MI | | |
| 14:00-15:00 | | | | | | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | | | | | | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | | | | | | |
| 19:00-20:00 | | | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | | | |

a) Horario para primer semestre, LTI. (elaboración propia).

| LTI - 2° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|--|--|---|---|---|--------|
| 7:00-8:00 | | | | | | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | | | | | | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | | | | | | |
| 12:00-13:00 | | | | | | |
| 13:00-14:00 | | | | | | |
| 14:00-15:00 | Prog. Estructurada Av Alonso Ernesto Salas 8-MI | Prog. Estructurada Av Alonso Ernesto Salas 10-MI | Probabilidad y estadística Alberto Hernández Her Lab computo-MI | Prog. Estructurada Av Alonso Ernesto Salas 3-MI | Seguridad en Redes de Israel Acuña Galva 8-MI | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | Précilculo Gaby Yolanda Vega Ca 1-MI | Probabilidad y estadística Alberto Hernández Her 4-MI | Seguridad en Redes de Israel Acuña Galva 3-MI | Eventos Pasados y Fut Fernando Benítez Lea 5-MI | Précilculo Gaby Yolanda Vega Ca 10-MI | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | Probabilidad y estadística Alberto Hernández Her 3-MI | Música Javier Fuentes Hernández 4-MI | Précilculo Gaby Yolanda Vega Ca 10-MI | Seguridad en Redes de Israel Acuña Galva 4-MI | Eventos Pasados y Fut Fernando Benítez Lea Laboratorio-MI | |
| 19:00-20:00 | Electricidad y Magnet Julio Ríos Alvarado Lab computo-MI | Electricidad y Magnet Julio Ríos Alvarado Lab computo-MI | Salud y Prevención de concursos Salud prevenc 8-MI | Música Javier Fuentes Hernández Aula computo-MI | Salud y Prevención de concursos Salud prevenc 6-MI | |
| 20:00-21:00 | | | | | | |

b) Horario para segundo semestre, LTI. (elaboración propia).

| LTI - 3° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|---|---|---|--|---|--------|
| 7:00-8:00 | Logros y Experiencias Juana Nery Luna Mor 3-MI | Sist. Electrónicos I Luis Roberto Coello 3-MI | Sist. Electrónicos I Luis Roberto Coello 1-MI | Cálculo Diferencial e Integral Roberto Coello 5-MI | Diseño de Bases de Datos Sandra Luz Hernández 10-MI | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | Algebra lineal Ernesto Ballesteros, Rodr Laboratorio-MI | Cálculo Diferencial e Integral Roberto Coello 3-MI | Logros y Experiencias Juana Nery Luna Mor 1-MI | Diseño de Bases de Datos Sandra Luz Hernández 1-MI | Prog. Orientada a Objetos Israel Acuña Galva 3-MI | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | Artes visuales Brenda Urbán Hernández 2-MI | Diseño de Bases de Datos Sandra Luz Hernández 6-MI | Algebra lineal Ernesto Ballesteros, Rodr 1-MI | Prog. Orientada a Objetos Israel Acuña Galva 10-MI | Sist. Electrónicos I Luis Roberto Coello 10-MI | |
| 12:00-13:00 | Prog. Orientada a Objetos Israel Acuña Galva 8-MI | Algebra lineal Ernesto Ballesteros, Rodr Lab computo-MI | Salud y Nutrición concurso Salud nutri Lab computo-MI | Artes visuales Brenda Urbán Hernández 6-MI | Salud y Nutrición concurso Salud nutri 4-MI | |
| 13:00-14:00 | | | | | | |
| 14:00-15:00 | | | | | | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | | | | | | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | | | | | | |
| 19:00-20:00 | | | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | | | |

c) Horario para tercer semestre, LTI (elaboración propia).

| LTI - 4° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|---|---|--|---|--|--------|
| 7:00-8:00 | | | | | | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | | | | | | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | | | | | | |
| 12:00-13:00 | | | | | | |
| 13:00-14:00 | | | | | | |
| 14:00-15:00 | Modelado UML José Alejandro Mendoza 2-MI | Modelado UML José Alejandro Mendoza 2-MI | Sist. electrónicos II Leonardo Trujillo VI 2-MI | Estructura de datos Israel Acuña Galva Laboratorio-MI | Admón. de Bases de Datos Edgar Israel García Aula computo-MI | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | Decisiones personales Ismael María Eugenia Lab computo-MI | Admón. de Bases de Datos Edgar Israel García 4-MI | Matemáticas Discretas Edgar Israel García Laboratorio-MI | Matemáticas Discretas Edgar Israel García 6-MI | Estructura de datos Israel Acuña Galva 4-MI | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | Decisiones personales Ismael María Eugenia Lab computo-MI | Decisiones personales Ismael María Eugenia Lab computo-MI | Estructura de datos Israel Acuña Galva 5-MI | Sist. electrónicos II Leonardo Trujillo VI 5-MI | Sist. electrónicos II Leonardo Trujillo VI Aula computo-MI | |
| 19:00-20:00 | Admón. de Bases de Datos Edgar Israel García 4-MI | Matemáticas Discretas Edgar Israel García 2-MI | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | | | |

d) Horario para cuarto semestre, LTI (elaboración propia).

| LTI - 5° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|--|---|---|---|---|--------|
| 7:00-8:00 | Arquitectura de computo Ingrid Benítez Reyes 8-MI | Análisis y diseño de Edgar Israel García 4-MI | Des. de ap. web Sandra Luz Hernández Lab computo-MI | Arquitectura de computo Ingrid Benítez Reyes 4-MI | Arquitectura de computo Ingrid Benítez Reyes 3-MI | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | Des. de ap. móviles José Alejandro Mendoza Aula computo-MI | Métodos numéricos Néstor Andrés Montiel 8-MI | Des. de ap. móviles José Alejandro Mendoza 8-MI | Des. de ap. móviles José Alejandro Mendoza 1-MI | Análisis y diseño de Edgar Israel García 2-MI | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | Análisis y diseño de Edgar Israel García Aula computo-MI | Causa y Efecto Lengua Fernando Benítez Lea 3-MI | Arquitectura de computo Ingrid Benítez Reyes 3-MI | Des. de ap. web Sandra Luz Hernández 3-MI | Métodos numéricos Néstor Andrés Montiel 6-MI | |
| 12:00-13:00 | | | | | | |
| 13:00-14:00 | Métodos numéricos Néstor Andrés Montiel 2-MI | Des. de ap. web Sandra Luz Hernández 5-MI | Causa y Efecto Lengua Fernando Benítez Lea 10-MI | Causa y Efecto Lengua Fernando Benítez Lea 10-MI | Causa y Efecto Lengua Fernando Benítez Lea 1-MI | |
| 14:00-15:00 | | | | | | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | | | | | | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | | | | | | |
| 19:00-20:00 | | | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | | | |

e) Horario para quinto semestre, LTI (elaboración propia).

| LTI - 6° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|--|---|---|--|---|--------|
| 7:00-8:00 | | | | | | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | | | | | | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | | | | | | |
| 12:00-13:00 | | | | | | |
| 13:00-14:00 | | | | | | |
| 14:00-15:00 | Ingeniería de software Evangelina Lescana L 2-MI | | Ingeniería de software Evangelina Lescana L 4-MI | Opt. Pruebas de Software Edgar Israel García 8-MI | En otras palabras. Le Irene Campos González Aula computo-MI | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | Des. de ap. web II Israel Acuña Galva 8-MI | En otras palabras. Le Irene Campos González Aula computo-MI | Opt. Pruebas de Software Edgar Israel García Laboratorio-MI | Des. de ap. web II Israel Acuña Galva 5-MI | Ingeniería de software Evangelina Lescana L Laboratorio-MI | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | Fund. de metodología Edgar Israel García 8-MI | Opt. Pruebas de Software Edgar Israel García Lab computo-MI | Fund. de metodología Edgar Israel García 8-MI | Admón. de las TI Ingrid Benítez Reyes Lab computo-MI | Des. de ap. web II Israel Acuña Galva 2-MI | |
| 19:00-20:00 | | Admón. de las TI Ingrid Benítez Reyes Lab computo-MI | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | | | |

f) Horario para sexto semestre, LTI (elaboración propia).

Primer Congreso de Investigación e Innovación en Tendencias Globales, 26-28 de octubre

| LTI - 7° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|--|---|--|---|--|--------|
| 7:00-8:00 | En otras palabras. Le concursos EnOtras. Pal Aula computo-M1 | Admon. de las TI concursos administraci 1-M1 | Op2 Aplicaciones Web Eder Geovani Ramirez 4-M1 | Internet de las cosas José Alejandro Mondra 2-M1 | Internet de las cosas José Alejandro Mondra Laboratorio-M1 | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | Admon. de las TI concursos administraci 10-M1 | En otras palabras. Le concursos EnOtras. Pal 8-M1 | Sist. operativos Israel Acuña Galva 2-M1 | Admon. de proyectos p Luis Rodolfo Cuello Aula computo-M1 | Op2 Aplicaciones Web Eder Geovani Ramirez 4-M1 | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | | Op2 Aplicaciones Web Eder Geovani Ramirez 8-M1 | Internet de las cosas José Alejandro Mondra 4-M1 | Admon. de las TI concursos administraci 9-M1 | Sist. operativos Israel Acuña Galva 3-M1 | |
| 12:00-13:00 | Admon. de proyectos p Luis Rodolfo Cuello 3-M1 | Sist. operativos Israel Acuña Galva 2-M1 | | | | |
| 13:00-14:00 | | | | | | |
| 14:00-15:00 | | | | | | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | | | | | | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | | | | | | |
| 19:00-20:00 | | | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | | | |

g) Horario para séptimo semestre, LTI (elaboración propia).

| LTI - 8° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|---|---|--|--|---|--------|
| 7:00-8:00 | | | | | | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | | | | | | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | | | | | | |
| 12:00-13:00 | | | | | | |
| 13:00-14:00 | | | | | | |
| 14:00-15:00 | Op3 Aplicaciones de I Eder Geovani Ramirez 8-M1 | Preparación para cert Eder Amador Prego 10-M1 | | | | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | Preparación para cert Eder Amador Prego 2-M1 | Evaluación de project Ingrid Berenice Reyes 10-M1 | Minería de datos Ro concursos Minería dat 9-M1 | Cómputo en la nube José Alejandro Mondra 2-M1 | Evaluación de project Ingrid Berenice Reyes 9-M1 | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | | | Cómputo en la nube José Alejandro Mondra 1-M1 | Op3 Aplicaciones de I Eder Geovani Ramirez 1-M1 | Minería de datos Ro concursos Minería dat Labo computo-M1 | |
| 19:00-20:00 | | | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | Preparación para cert Eder Amador Prego Laboratorio-M1 | Op3 Aplicaciones de I Eder Geovani Ramirez 1-M1 | |

h) Horario para octavo semestre, LTI (elaboración propia).

| LTI - 9° sem | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado |
|--------------|---|--|--|--|--|--------|
| 7:00-8:00 | | | | | | |
| 8:00-9:00 | | | | | | |
| 9:00-10:00 | | | | | | |
| 10:00-11:00 | | | | | | |
| 11:00-12:00 | | | | | | |
| 12:00-13:00 | | | | | | |
| 13:00-14:00 | | | | | | |
| 14:00-15:00 | Proyecto terminal Israel Acuña Galva 3-M1 | Proyecto terminal Israel Acuña Galva 3-M1 | Algoritmos avanzados Israel Acuña Galva 4-M1 | | | |
| 15:00-16:00 | | | | | | |
| 16:00-17:00 | | Algoritmos avanzados Israel Acuña Galva 1-M1 | Interacción humano co concursos Interacción 9-M1 | Interacción humano co concursos Interacción 9-M1 | Minería de datos Ro concursos Minería dat 1-M1 | |
| 17:00-18:00 | | | | | | |
| 18:00-19:00 | | | | Minería de datos Ro concursos Minería dat Laboratorio-M1 | | |
| 19:00-20:00 | | | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | | | |

i) Horario para noveno semestre, LTI (elaboración propia).

Figura 3. a), b), c), d), e), f), g), h) e i) Horarios para el programa educativo de la Licenciatura en Tecnologías de la Información

Según los horarios obtenidos, las restricciones que se cumplen son las siguientes:

- Un docente no puede estar impartiendo clase a más de un grupo en horario específico.
- Un grupo no tiene más de dos clases en un horario específico.
- Los grupos asisten dentro de su respectivo turno, matutino o vespertino.
- Un grupo no puede tener más de una sesión de una misma asignatura por día, con la excepción que sean dos sesiones seguidas que en total duren tres horas.
- Los grupos tiene aproximadamente la misma cantidad de horas todos los días.
- El personal de tiempo completo imparte clases en un horario entre las 9:00 y las 20:00 horas.

Otras restricciones que se cumplen, pero no pueden ser observadas en las figuras son las siguientes:

- La capacidad del aula deber ser mayor o igual al tamaño del grupo.
- Un aula no puede estar ocupada por más de un grupo en un horario específico.

Las restricciones que se cumplen parcialmente son:

- Las clases para los grupos matutinos comienzan a las 7:00, esta restricción no se cumple para el primer semestre los días jueves.
- Los grupos deben tener clases en un horario corrido, solamente el séptimo semestre tiene una hora libre los días lunes.

En un inicio la cantidad de restricciones que el programa no cumplía era mayor que en comparación con los resultados mostrados, por ejemplo, los grupos del turno matutino tenían clases por la tarde y viceversa, para solucionar este error se decidió no dejar totalmente al azar la generación de los individuos. Para lograr esto los individuos fueron generados de tal manera que a los grupos del turno matutino solo se le asignaran horarios de la mañana y a los grupos del turno vespertino horarios de la tarde. Esta misma estrategia fue utilizada para el personal de tiempo completo. La creación de individuos con ciertas condiciones ayuda a que el algoritmo converja más rápidamente hacia una solución aceptable.

Otro contratiempo que presentaba al inicio el programa fue que demoraba mucho, esto debido a que cada vez que

Primer Congreso de Investigación e Innovación en Tendencias Globales, 26-28 de octubre

creaban individuos dentro de una generación se debía consultar la base de datos. Lo anterior se solucionó realizando una sola consulta al inicio del programa y cargando los datos en la memoria haciendo uso de estructuras de datos.

Una forma de mejorar la solución obtenida es mediante la optimización de los parámetros del algoritmo genético, esto podría realizarse a futuro con diversos tipos de métodos, como, métodos de muestreo, de muestreo iterativos, basados en modelos, etc., [9].

Conclusiones

El horario obtenido cumple las restricciones impuestas, a excepción de dos, esto no impide que pueda ser utilizado como una propuesta válida y confiable dentro de la Escuela Superior de Tizayuca ya que se trata de restricciones no esenciales.

Con los resultados obtenidos sería viable incluir más restricciones, por ejemplo, la asignación eficiente de laboratorios, que los docentes que imparten pocas horas a la semana solo asistan algunos días de la semana, evitar asignar clases en horarios específicos a ciertos docentes que laboran en otras escuelas y asignar horarios a asignaturas optativas, este último es un problema que presenta cierta dificultad, ya que los alumnos de un grupo pueden tomar alguna de las diferentes optativas en un mismo horario con diferentes docentes y esto rompe restricciones esenciales.

Una vez que se hayan logrado cumplir las restricciones antes mencionadas sería viable modificar el programa para que se generen los horarios de los cuatro programas educativos que se imparten en la Escuela Superior de Tizayuca.

Esto tendría un impacto positivo dentro de las actividades administrativas de la escuela ya que en la actualidad la elaboración de horarios es una tarea realizada entre varias personas y demora días, esto brindaría un ahorro de horas hombre a esta escuela cada semestre. También impactaría en el desempeño de los docentes, ya que estos no estarían tanto tiempo en la escuela, evitando un desgaste físico y mental en vano.

Referencias

- [1] Arora, R. Optimization: Algorithms and Applications. CRC Press. 2015.
- [2] Georgiadis, G., Elekidis, A., & Georgiadis, M. Optimization-Based Scheduling for the Process Industries: From Theory to Real-Life Industrial Applications. Processes. 2019; 7(7).
- [3] Rao, S. Engineering Optimization: Theory and Practice. New Age International. 2013.

- [4] Kramer, O. Genetic Algorithm Essentials. Springer International Publishing. 2017.
- [5] Wirsansky, E. Hands-On Genetic Algorithms with Python. Packt Publishing Limited. 2020.
- [6] Waschka II, R. Composing with Genetic Algorithms: GenDash. In Evolutionary Computer Music. Springer London, 2007: 117–136
- [7] Alghamdi, H.; Alsubait, T.; Alhakami, H.; Baz, A. A Review of Optimization Algorithms for University Timetable Scheduling. Eng. Technol. Appl. Sci. Res. 2020; 10: 6410-6417.
- [8] Jacobson, L., & Kanber, B. Genetic Algorithms in Java Basics. Apress. 2015.
- [9] Eiben, A., & Smit, S. Parameter tuning for configuring and analyzing evolutionary algorithms. Swarm and Evolutionary Computation. 2011; 1: 19–31.