



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas**

**TRABAJO FINAL DE LA MATERIA INTEGRADORA**

**“Diseño de una Heurística para resolver el problema de calendarización de  
horarios de exámenes para una institución educativa”**

Previa a la obtención del Título de:  
**INGENIERA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE**

**Presentado por:**  
Silvia Jazmín Uzho Quijije

Guayaquil - Ecuador

Año: 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo, a Dios por guiarme y otorgarme la sabiduría y salud, pues Él sabe poner las cosas en el momento justo para que se desarrollen efectivamente.

A mis padres: Jorge y Elizabeth, por ser parte fundamental en mi vida, que con su amor incondicional siempre me motivan y están pendientes de mis logros.

A mis profesores por compartir sus conocimientos con paciencia, esmero y ser un ejemplo de tenacidad, en especial al ingeniero Guillermo Baquerizo por su acertada dirección en este proyecto. Finalmente, a todas las personas que directa o indirectamente estuvieron apoyándome para la culminación de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Jorge y Elizabeth porque creyeron en mí, fue lo que me hizo ir hasta el final y hoy puedo ver alcanzada mi meta.

A mis hermanos: Priscila y Jorge, para que este trabajo les brinde un estímulo para que alcancen sus metas.

Por ustedes, por lo valioso de su presencia, y por lo que han hecho de mí.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Máster Guillermo Baquerizo Palma  
DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

---

Ing. José Fabián Villa Vázquez  
DELEGADO DE LA FCNM

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente a Silvia Jazmín Uzho Quijje Y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

---

Silvia Jazmín Uzho Quijje

## RESUMEN

Entre las tareas que año a año enfrentan las instituciones educativas específicamente con cada cambio de periodo escolar tenemos la planificación de los horarios de clases y exámenes, su dificultad radica en proponer una planificación de los recursos escolares (alumnos, profesores, aulas, equipo educativo etc.) tomando en cuenta que se cumple con las diversas restricciones impuestas y se obtenga una solución aceptable en tiempo moderado, como por ejemplo tener en cuenta las horas definidas para dicho examen, de tal forma que la calidad de los horarios está basado en promover que los estudiantes rindan de manera correcta sus exámenes para obtener un excelente rendimiento. La asignación de materias para desarrollar los diversos exámenes se realiza de forma empírica, lo cual resulta inapropiado para las necesidades de los profesores y rendimiento de los estudiantes. Es importante mencionar que los problemas de asignación de horarios pueden solucionarse con diferentes técnicas tradicionales tales como búsqueda exhaustiva o programación lineal. De esta manera podemos describir que la calendarización de exámenes integra parte del conjunto de problemas de optimización categorizado NP-Duro de tal manera que resolverlos por métodos exactos resulta muy complejo. Con base en lo anterior, en el presente trabajo se desarrollará la calendarización automatizada del horario de exámenes, desarrollando un modelo de asignación escolar que se ajuste a los requerimientos de la Institución Educativa para posteriormente integrarlas dentro del algoritmo genético, en el cual se optimizará los resultados para beneficio del plantel.

*Palabras Claves: Horarios, heurísticas, algoritmo genético*

## ABSTRACT

Among the tasks that the educational institutions face year by year specifically with each change of school period we have the planning of class schedules and examinations, its difficulty lies in proposing a planning of school resources (students, teachers, classrooms, educational equipment, Etc.) taking into account that the various constraints are met and an acceptable solution is obtained in moderate time, such as taking into account the hours defined for such an examination, so that the quality of the schedules is based on promoting That students perform their tests correctly for excellent performance. The assignment of subjects to develop the various exams is done empirically, which is inappropriate for the needs of teachers and student achievement. It is important to mention that scheduling problems can be solved with different traditional techniques such as exhaustive search or linear programming. In this way we can describe that the scheduling of exams integrates part of the set of NP-hard categorized optimization problems in such a way that to solve them by exact methods is very complex. Based on the above, in the present work the automated scheduling of the exam schedule will be developed, developed in a school assignment model that fits the requirements of the educational institution and later integrate them into the genetic algorithm, in which will be optimised Results for the benefit of the campus.

*KeyWords: Scheduling, heuristics, genetic algorithm.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ABREVIATURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Descripción de la Problemática.....	2
1.3. Justificación del Proyecto.....	4
1.4. Hipótesis de Trabajo.....	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Revisión de Literatura.....	6
2.2. Técnicas de Optimización Exactas.....	7
2.2.1. Programación Lineal.....	7
2.2.2. Programación Entera y Mixta.....	8
2.3. Técnicas de Optimización de Aproximación.....	8
2.3.1. Heurísticas.....	8
2.3.2. Metaheurísticas.....	8
2.4. Optimización Combinatoria.....	9



2.5.	Calendarización .....	10
2.6.	Algoritmos Evolutivos .....	11
2.6.1.	Clasificación de los Algoritmos Evolutivos .....	12
2.6.2.	Algoritmo Genético.....	12
2.7.	Diagrama de Gantt .....	14
CAPÍTULO 3 .....		16
3.	METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	16
3.1.	Flujograma del Trabajo .....	16
3.2.	Cronograma de Actividades.....	17
3.3.	Organigrama de la Empresa.....	18
3.3.1.	Dirección Distrital .....	18
3.3.2.	Rector.....	18
3.3.3.	Secretaria.....	19
3.3.4.	Vicerrectora Académico .....	19
3.3.5.	Inspector General / Inspector de cursos.....	19
3.3.6.	Consejo ejecutivo .....	20
3.3.7.	Consejo Estudiantil .....	20
3.3.8.	Comité de padres de familia.....	20
3.3.9.	Docentes .....	20
3.3.10.	Estudiantes .....	21
3.4.	Selección de Datos.....	22
3.4.1.	Horas Disponibles. ....	22
3.5.	Desarrollo de la Solución Inicial.....	22
3.6.	Desarrollo del algoritmo genético .....	23
3.6.1.	Obtención de la solución inicial .....	24
3.6.2.	Generación de la población.....	24
3.6.3.	Evaluación de la población.....	24

3.6.4.	Selección de la población.....	24
3.6.5.	Cruce de la población.....	24
3.6.6.	Mutación de la población.....	25
CAPÍTULO 4	.....	26
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	26
4.1.	Ajuste de Parámetros .....	26
4.1.1.	Prueba de Número de Generaciones.....	26
4.1.2.	Prueba de Porcentajes.....	26
4.1.3.	Análisis de Resultados .....	27
4.1.4.	Tiempo de Respuesta del Algoritmo .....	29
4.2.	Soluciones al Problema de Calendarización.....	29
4.3.	Comparación de la Situación Actual con la Propuesta .....	31
CAPÍTULO 5	.....	33
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	33
5.1.	Conclusiones .....	33
5.2.	Recomendaciones .....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	36
ANEXOS	.....	37
Anexo 1	Resultados del Algoritmo Genético en Wolfram Mathematica 11 ..	37

## ABREVIATURAS

- AG** Algoritmo Genético.
- FO** Función Objetivo.
- IE** Institución Educativa
- NG** Número de Generaciones
- M** Mutación
- TTE** TimeTabling en la Educación
- TTP** TimeTabling Problem.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Calendarización de Materias.....	14
Tabla 4.1. Porcentaje de Mutación.....	27
Tabla 4.2. Tiempo de Operación del Algoritmo Genético.....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Clasificación de las Técnicas de Búsqueda	9
Figura 2.2. Seudocódigo de los Algoritmos Evolutivos	12
Figura 2.3. Estructura General para los Algoritmos Evolutivos	12
Figura 2.4. Seudocódigo del Algoritmo Genético Clásico	13
Figura 3.1. Flujograma de Trabajo	17
Figura 3.2. Cronograma de Actividades	18
Figura 3.3. Organigrama de la IE	21
Figura 3.4. Seudocódigo para la Generación de Semana	23
Figura 4.1. Comparación de Porcentajes con Diferentes Parámetros	28
Figura 4.2. Grafica de Soluciones en 15 Corridas	28
Figura 4.3. Horario de Exámenes Mejor Solución	30
Figura 4.4. Total de Pesos de Materias por Días y por Cursos	30

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>Backtracking</b>	Estrategia para encontrar soluciones a problemas que satisfacen restricciones
<b>Hipermutación:</b>	Cambios sucesivos sobre un gen ya mutado.
<b>Mat(00):</b>	Nombre que se le asigna a la materia
<b>Metaheurístico:</b>	Clases de métodos aproximados diseñados para resolver problemas difíciles de optimización combinatoria
<b>Mutación:</b>	Modificación repentina o permanente en la estructura genética de un individuo.
<b>Problemas</b>	P denota la colección de todos los problemas de decisión los cuales tienen algoritmos determinísticos en tiempo polinomial.
<b>Polinomiales (P):</b>	
<b>Problemas NP</b>	NP denota la colección de todos los problemas de decisión los cuales tienen algoritmos de solución no-determinísticos en tiempo polinomial
<b>Problema NP-DURO</b>	Se dice que un problema es NP-Duro si todo problema en NP se puede transformar polinomialmente a él
<b>Problema NP-Completo</b>	Se dice que es NP-Completo si es duro y es NP, este tiene la característica de que todo problema en NP se reduce polinomialmente a él.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de horarios consiste en asignar óptimamente tiempos y lugares a los diferentes cursos que son impartidos en una Institución Educativa, con el objetivo de satisfacer algunas restricciones importantes que se presenten, como son el número limitado de aulas, de laboratorios, de espacios de recreación, etc. La principal restricción (central en toda asignación de horarios), es que no existan choques, esto quiere decir que dos o más cursos que esperan recibir los estudiantes o impartir los profesores no sean asignados simultáneamente. (Pacheco Agüero, 2000)

En este trabajo se busca principalmente la resolución a un calendario de exámenes, el cual está clasificado como un problema de Examination TimeTabling. La información requerida es: Docentes, materias, tiempos, espacios, entre otras, buscando lograr condiciones y requerimientos específicos de la mejor manera.

El problema está en elaborar para un marco de 5 días y dentro de 3 horas y medias diarias, la asignación óptima de las materias logrando una correcta asignación que proporcione al estudiante una ventaja para su rendimiento y evitando que existan cruces de horarios para docentes y estudiantes, puesto que ambos deben desempeñar deberes en progreso al avance de la educación.

### **1.1. Antecedentes**

La Institución en estudio reside en la ciudad de Guayaquil, de la cual la jornada nocturna será el enfoque principal, donde para cada módulo que se lleva a cabo en un lapso de 5 meses se tienen que realizar o estructurar un horario de clases de forma manual, que les genera consumo de tiempo y esfuerzo hasta conseguir cumplir con las restricciones específicas las cuales implica asignar una materia en un determinado horario para llevar a cabo un examen, donde en ciertas ocasiones se puede tomar varios días y hasta semanas establece un horario adecuado que permita evitar cruces y abordar excesivo contenido para el estudiante.

Esta Institución tomo esta modalidad de estudios semipresenciales hace un año, situándose en el norte de Guayaquil. La modalidad de estudio de esta IE inicialmente era presencial y con un total de estudiantes que no llegaba a 100.

Hace un año se realizó la primera modalidad 2 en 1, donde los estudiantes cursaban dos años de estudios en un año lectivo, conllevando a tener que realizar más horarios en un año, teniendo claro que la IE cuenta también con jornada matutina y vespertina que son administradas por la misma autoridad, no se logra obtener a tiempo una asignación adecuada.

Por lo que hoy en día es indispensable contar con una herramienta automatizada que permita planificar un horario de exámenes en el menor tiempo posible, considerando todos los requerimientos que involucre el problema de acuerdo a las características establecidas por la IE y evitando el esfuerzo humano que involucra estructurar un horario. (Añazco Maldonado, 2015)

### **1.2. Descripción de la Problemática**

Los inconvenientes que se presentan dentro de la IE es la limitación de paralelos con los que cuenta ya que esto lleva a que cada profesor no pueda cumplir su distribución de horas bajo su misma materia y deba



complementarlas con materias opcionales y hasta impartir más de 10 materias diferentes.

La malla curricular para la realización del estudio para cada año cuenta con la siguiente distribución:

- ✓ 9no básico 7 materias
- ✓ 1ero Bachillerato Contabilidad 15 materias
- ✓ 1ero Bachillerato Sistemas 15 materias
- ✓ 2do Bachillerato contabilidad 15 materias
- ✓ 2do Bachillerato Sistemas 15 materias
- ✓ 3ero Bachillerato Contabilidad 14 materias
- ✓ 3ero Bachillerato Sistemas 15 materias

Además, la IE en la jornada nocturna cuenta con 9 profesores y 2 inspectores, de los cuales los 11 cumplen tiempo completo, es decir 30 horas semanales, y solo los 9 profesores llevan a cabo clases, tutorías y otras actividades.

Las horas destinadas como carga horaria según los tiempos de dedicación, de acuerdo a la Ley Orgánica de Educación Intercultural – LOEI, son 10 horas de labor educativa fuera de clase a cumplirse fuera de la institución educativa y tiempo de 30 horas pedagógicas las cuales suman las 40 horas completas de la jornada laboral por semana

Algunos de los inconvenientes generados por los diferentes cambios inesperados por el Ministerio de Educación son:

- ✓ Reubicación Docente
- ✓ Cambios en los programas de estudios
- ✓ Inscripciones de estudiantes fuera del tiempo establecido

Estos errores humanos generan otros inconvenientes tales como:

- ✓ Reorganizar listas
- ✓ Distribución de espacios
- ✓ Elaborar horarios nuevos
- ✓ Adaptar al nuevo docente a las necesidades de la IE

### **1.3. Justificación del Proyecto**

La realización de un horario a mano conlleva a analizar solo un conjunto de probabilidades o no satisfacer las restricciones importantes, por lo que queda limitado realizar una correcta adecuación para el estudiante y el docente.

La satisfacción de los requerimientos de la institución educativa en la generación del horario de exámenes es un tema importante debido que refleja la administración de los recursos humanos, aspectos relevantes en los índices de eficiencia interna y calidad educativa, influye el clima institucional, el éxito de las actividades, brinda mayor satisfacción a los docentes y estudiantes.

Se espera también que los resultados de esta investigación sirvan de base para el desarrollo de un sistema más completo que incluya la programación de horarios de exámenes de toda la Institución y que obtenga mejores soluciones que si se hubiera utilizado el método tradicional.

Debido a esto, se necesita soluciones a este grupo de problemas y precederá a realizar un algoritmo evolutivo conocido como algoritmo genético el cual entrega soluciones para la calendarización automatizada en donde se desea mostrar las diferentes materias asignadas en sus respectivos intervalos de tiempo cumpliendo con restricciones solicitadas, para su respectiva ejecución.

Esta propuesta es viable pues elaboración de un calendario automatizado permitirá que las materias a tomarse sean accesibles para ser desarrollado por los estudiantes, teniendo en cuenta sus habilidades y disposiciones de tiempo.

### **1.4. Hipótesis de Trabajo**

Existe una solución óptima al problema de asignación de horarios.

Se plantea esta hipótesis en términos de medidas de desempeño, el objetivo principal de esta investigación, predomina que la solución propuesta debe ser viable (es decir, debe ser ágil y óptimo); de tal

manera la hipótesis se propone en calidad de los resultados obtenidos y tiempo computacional que se requiere para adquirirlo. En la cual la primera es una medida de lo óptimo; y por lo tanto la segunda es una medida de lo ágil.

## **1.5. Objetivos**

Se presenta a continuación el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto.

### **1.5.1. Objetivo General**

- ✓ Realizar la calendarización de exámenes en una institución educativa que beneficie al estudiante, satisfaga las restricciones, y las necesidades de los docentes.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Definir las materias, tiempo, alumnado, docentes a calendarizar que serán utilizadas para la obtención de una solución inicial.
- ✓ Definir una solución inicial mediante la resolución del problema de calendarización.
- ✓ Plantear un diseño apropiado que encuentre una solución a través de un procedimiento de optimización metaheurísticas, al problema de ETP propuesto para este trabajo.
- ✓ Diseñar un algoritmo genético que tome una solución inicial, y a continuación configure los parámetros y optimice los distintos resultados que se obtendrán.
- ✓ Cotejar la situación actual y la propuesta, permitiendo analizar las ventajas y desventajas del conjunto de soluciones obtenidas y seleccionar la calendarización de materias que más se ajuste a lo que la Institución requiere.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo describe la problemática del Examination Timetabling que se refiere a organizar los horarios de exámenes en este caso de una unidad educativa secundaria, también se detalla las condiciones con las cuales se debe llevar a cabo este proceso,

Para encontrar una solución viable para el problema de Examination Timetabling se examinará los documentos investigados para establecer una base teórica sobre los métodos que se usará.

Se expondrán los métodos que existen para el problema de Examination Timetabling y se seleccionará el que se ajuste a las restricciones de horarios, disponibilidades de tiempo por docente y días establecidos de evaluaciones.

Para resolver los problemas de programación de horarios se han aplicado diferentes métodos como son, métodos exactos y métodos de aproximación, de este segundo método nombrado se escogió el algoritmo que corresponde al grupo de algoritmos evolutivos, se describe los diferentes tipos de sistemas evolutivos y se profundizará en los conceptos establecidos al algoritmo genético, ya que este es el principal estudio.

### 2.1. Revisión de Literatura

El problema de calendarización o TimeTabling Problem (TTP) es una subclasificación de los problemas de programación (Scheduling).

La calendarización de exámenes pertenece al conjunto de problemas categorizado Np-duro, esto hace referencia a que la dificultad para llegar a una solución crece de manera exponencial, de tal manera esto conlleva a utilizar métodos de búsqueda que proporcione una solución factible de gran calidad, en un tiempo considerado razonable.

Los TTP son acoplados a diversas áreas, tanto en la educación (horarios de clases, exámenes), como en la producción, en la medicina,

vuelos, tv (programación), etc. Estos problemas contribuyen con el desarrollo de cronogramas de actividades, asignaciones de tareas en tiempos determinados aptos para su desarrollo y planificaciones.

Muchos de los problemas de TimeTabling para la educación se han desarrollado mediante la aplicación de heurísticas y metaheurísticas, sin dejar de lado la programación lineal por restricciones que, aunque en menor caso, también es usada para la resolución de estos problemas. (Delgado Bravo, 2013)

## **2.2. Técnicas de Optimización Exactas**

Estas garantizan soluciones óptimas y serían los métodos adecuados, siempre y cuando la cantidad tiempo necesario para su resolución, no fuera el inconveniente, respetando las necesidades y requerimientos entre las que tenemos: la programación lineal, programación entera, Backtracking entre otras.

### **2.2.1. Programación Lineal**

Este método corresponde a un algoritmo donde consiste en resolver situaciones reales en las cuales se procura identificar y resolver inconvenientes para incrementar la productividad respecto al recurso, incrementando así los beneficios.

Con conjunto de restricciones lineales (sistema de inecuaciones) que van a satisfacer condiciones previamente establecidas por el usuario, en todos los problemas de programación lineal el objetivo o también llamada función objetivo es la de maximización o minimización de alguna cantidad según los requerimientos del problema. Estos métodos elaboran respuestas óptimas, pero en muchas situaciones resulta complicado encontrar una solución. Por esta razón se puede inclinar por heurísticas y metaheurísticas.

### **2.2.2. Programación Entera y Mixta**

Conforme a lo estudiado los modelos de programación entera están formados por un conjunto de restricciones las cuales deben ser satisfechas y el complemento es la función objetivo la misma que será minimizada o maximizada de igual manera que en la programación lineal. Este es un problema en el cual se requiere que todas o parte de las variables de decisión deben tomar valor entero en la solución final.

Existen tres tipos de programación según el tipo de variable que se utilice:

- ✓ Binarios: las variables solo tomaran valores de 0 y 1
- ✓ Pura: todas las variables deben tomar valores enteros.
- ✓ Mixta: ciertas variables tomarán valores enteros mientras que otras serán continuas.

### **2.3. Técnicas de Optimización de Aproximación**

Sacrifican la garantía de encontrar el resultado óptimo a cambio de obtener una buena solución en un tiempo razonable. (Flores Muñoz, 2013)

Se distinguen tres tipos: métodos constructivos, métodos de búsqueda local y técnicas metaheurísticas

#### **2.3.1. Heurísticas**

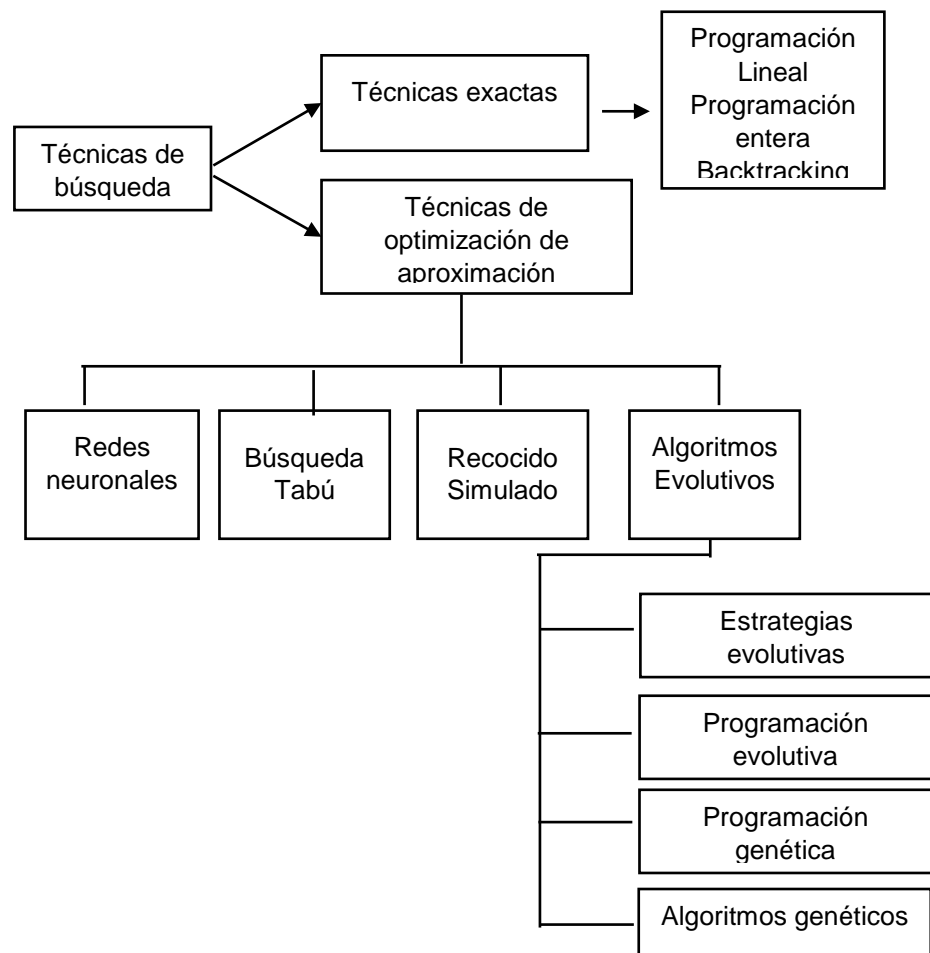
Las heurísticas consisten en procedimientos simples a problemas difíciles, que aumentan la eficiencia de un proceso encontrando buenas soluciones (no la mejor) en forma mucha más rápida.

#### **2.3.2. Metaheurísticas**

Una metaheurísticas es una estrategia para diseñar y/o mejorar las operaciones o procedimientos heurísticos en la búsqueda de mejores soluciones y de alta calidad.

Las soluciones que proporcionará serán factibles, más no alcanzarán el óptimo, sin embargo, se aproxima a su valor en un tiempo de cálculo razonable.

Entre las heurísticas tenemos el algoritmo genético y el recocido simulado siendo estas las más usadas. En este trabajo nos enfocaremos en el diseño del algoritmo genético para resolver el problema de calendarización ya que simulara distintas escenas de mejoras con pequeñas posibilidades de soluciones, siendo estas poco aceptables ya que simula la evolución y mutación de un individuo.



**Figura 2.1. Clasificación de las técnicas de búsqueda**

*Fuente: (Mejía Caballero, 2008)*

## 2.4. Optimización Combinatoria

La optimización combinatoria es parte de la optimización matemática vinculada con la investigación de operaciones. El grupo de posibles

soluciones es discreto o también se puede disminuir a un conjunto discreto.

El principal objetivo de estos problemas es buscar la mejor solución o solución óptima, ya sea maximizando o minimizando las utilidades o la función de costo respectivamente.

Entre los de problemas de optimización tenemos:

- ✓ Coloración de Grafos
- ✓ El problema de la mochila
- ✓ Calendarización de actividades (Scheduling)

## **2.5. Calendarización**

La calendarización forma parte de un conjunto de problemas denominados Programación (Scheduling), para este estudio se considera una clase de TTP's llamada Educacional, la cual se basa en programar clases de un conjunto de materias dictadas por un profesor designado para diferentes cursos en periodos de tiempo estipulados.

Dentro de este problema podemos encontrar restricciones duras y suaves, donde las restricciones tipo duras serán utilizadas para obtener soluciones factibles y no podrán ser infringidas, por otra parte, las restricciones tipo suave buscar soluciones cercanas al óptimo.

En los problemas de calendarización encontramos elementos que se relacionan con el Scheduling

- ✓ Tareas(Materias)
- ✓ Tiempo

Las materias son la parte principal en la planeación, estas transcurren en un periodo de tiempo e interactúan con uno o más recursos tales como (aulas, profesores, alumnos). Algunas materias tienen un nivel de prioridad frente a las demás, quiere decir, que no se podrán asignar materias de igual pase el



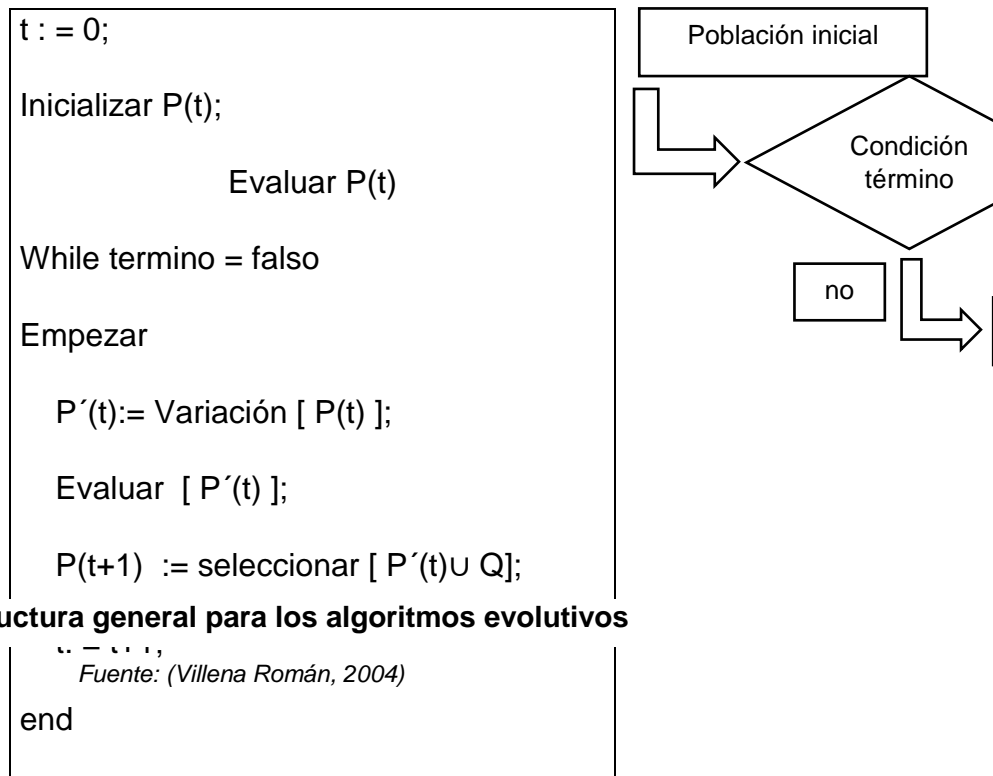
El tiempo es un recurso esencial, este delimitará el inicio, duración, y fin de la programación de las materias. En este trabajo el tiempo es valorado porque se debe llevar a cabo cada actividad en el tiempo establecido cumpliendo con el cronograma.

## 2.6. Algoritmos Evolutivos

Anteriormente se mencionó que se utilizarán algoritmos evolutivos ya que trabajan con poblaciones de individuos en las que presentan soluciones candidatas a un problema. La población se debe someter a ciclos transformaciones y selecciones, la selección dentro de un algoritmo es lo más importante puesto que permite conseguir la mejor respuesta dentro de los espacios de búsquedas que son óptimos.

Algunos de los individuos de la nueva población sufren ciertas transformaciones por medio de operadores genéticos formando de esta manera nuevas soluciones, este paso se denomina alteración. Existen transformaciones unarias  $mi$ , las cuales crean nuevos individuos a través de un cambio pequeño en un individuo ( $mi: S \rightarrow S$ ) denominadas mutaciones, y transformaciones de mayor orden  $cj$ , las cuales operan sobre un mayor número de individuos ( $cj: S \times \dots \times S \rightarrow S$ ) denominadas cruzamientos. Después de un cierto número de generaciones, el programa converge a una solución casi óptima.

En la ilustración 2.2 se muestra el pseudocódigo de los AG, de manera general explica el proceso desde la generación de una población inicial, que es evaluada para posteriormente entra en un ciclo de procesos como: selección, cruce y mutación, a través de los cuales se obtiene una solución candidata que será almacenada dentro de un vector Q.



**Figura 2.3. Estructura general para los algoritmos evolutivos**

*Fuente: (Villena Román, 2004)*

**Figura 2.2. Seudocódigo de los algoritmos evolutivos**

*Fuente: (Villena Román, 2004)*

### 2.6.1. Clasificación de los Algoritmos Evolutivos

#### Estrategias evolutivas

Están basadas en una población de individuos y utilizan los operadores de cruce, mutación y selección para resolver problemas de optimización discretos y continuos, para obtener la búsqueda de una mejor solución.

#### Programación evolutiva

Es una rama de la inteligencia artificial. La representación está dada por vectores de valores reales, no existen ningún cruce, aunque emplea el método de mutación y selección.

### 2.6.2. Algoritmo Genético

Los algoritmos genéticos (Ag) son métodos adaptativos, imita la teoría de la evolución biológica de Darwin y se usan

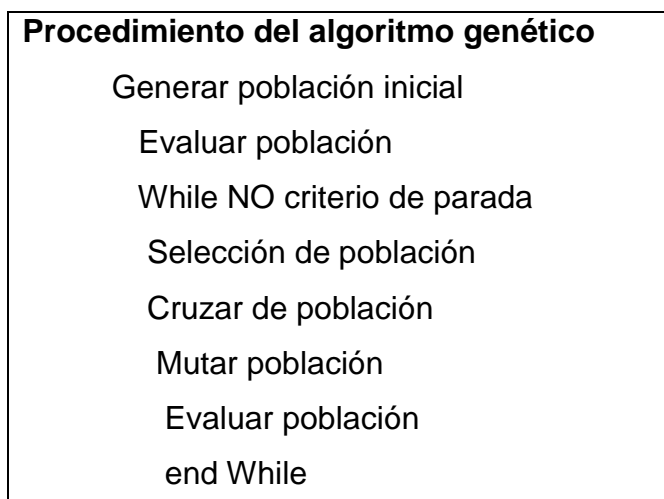
frecuentemente para resolver problemas de búsqueda y optimización,

De una población se genera los individuos y se evalúa la adaptación de estos en la población se crea una nueva población efectuando las operaciones de selección /reproducción, posteriormente se evalúa esta población para conocer cuan eficientes son los resultados de estos.

En el proceso de selección se escoge a los individuos de la población que presentan buenas soluciones para seguidamente cruzarlos. Las poblaciones con mejor aptitud tienen mayor probabilidad de ser seleccionados.

Los hijos obtenidos en la nueva generación generan soluciones mejores que las de sus padres, sin embargo, alguno de los hijos obtenidos puede contener un gen mutado presentando así soluciones desfavorables.

Los procesos de evaluación, selección, cruce y mutación se repiten en el hasta que se cumpla un criterio de parada, definido



previamente.

## 2.7. Diagrama de Gantt

Es una herramienta grafica que sirve para presentar las soluciones obtenidas por el AG, exponiendo el tiempo previsto para las diferentes tareas. Esta herramienta fue inventada por Henry L. Gantt en 1917

Se los suele usar en:

- ✓ La planificación y programación de las actividades a realizar en la resolución de problemas.
- ✓ Las tareas derivadas de procesos de mejora.
- ✓ La planificación y programación de planes de acción y proyectos.

Los pasos a seguir para su elaboración son:

- ✓ Definir procesos.
- ✓ Dividir el proceso en fases.
- ✓ Diseñar una tabla, la cual contendrá en la parte superior de izquierda a derecha los cursos de la IE y del lado izquierdo de arriba abajo las horas y días de la semana.

**Tabla 2.1. Calendarización de Materias**

	Horas	9no	1ro SIST	1ro CONT	2do SIST	2do CONT	3ro SIST	3ro CONT
LUN	[19H00 – 19H45]							
	[19H45 – 20H30]							

	[20H30 – 21H00]							
	[21H00 – 21H45]							
	[21H45 – 22H30]							

*Fuente: Creado por la autora*

# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En esta sección se redactará sobre el entorno general de la institución educativa, los pasos que se siguieron para adquirir la información necesaria, también se describe el calendario de actividades junto con las fechas para elaborar cada uno de los puntos de este trabajo.

Con la información que se obtuvo se espera cumplir con los objetivos previamente descritos en el capítulo 1, tales como el desarrollo de una solución inicial, el desarrollo del algoritmo genético en el programa Wolfram Mathematica para alcanzar el siguiente objetivo el cual es la calendarización de horarios de exámenes.

### 3.1. Flujograma del Trabajo

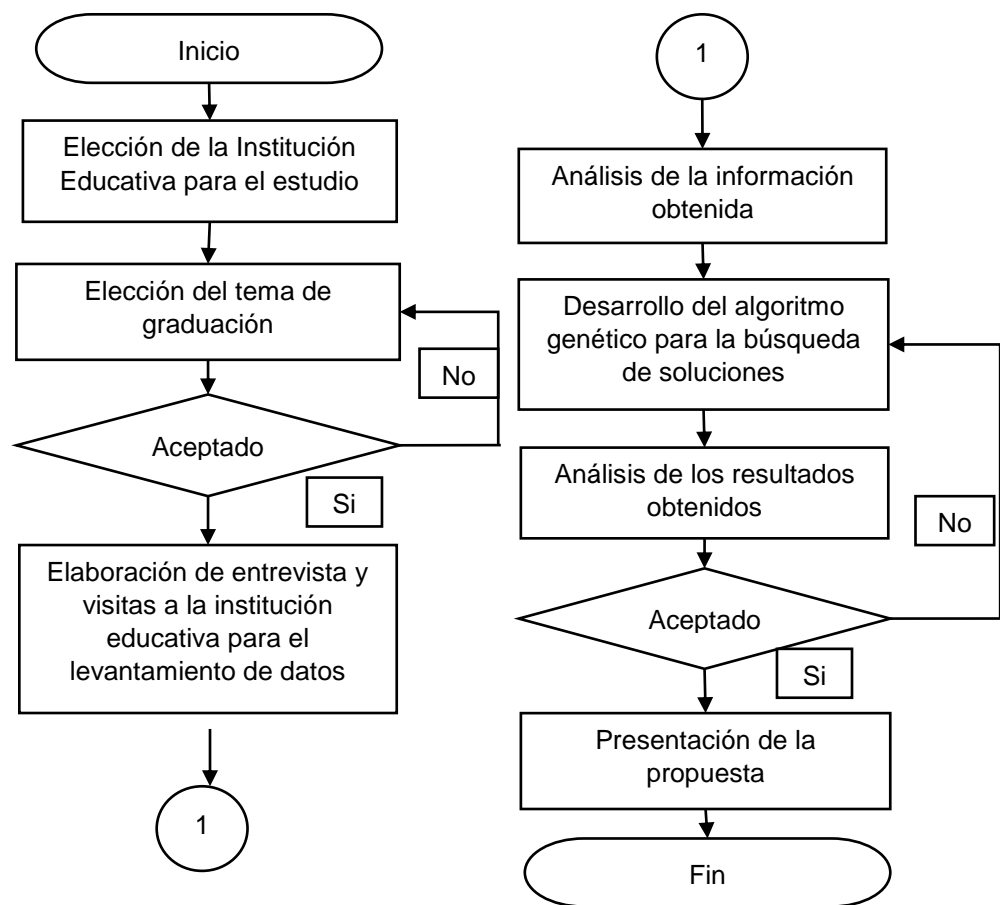
A continuación, se presenta la ilustración 3.1., el cual contiene específicamente la secuencia de pasos necesarios para cumplir con los objetivos fijados, Como primer paso se realizó la elección de una institución educativa, la cual debe brindar ayuda y colaboración para la apropiada recolección de información.

La elección del tema es un punto esencial, puesto que es la razón de ser de todo el proyecto, el desarrollo y ejecución de la entrevista es de vital importancia porque de esta manera se conocerá con mayor detalle los problemas al momento de la elaboración de los horarios, para este caso los problemas detectados son de carácter humano por no contar con un sistema de fácil manejo para resolver este tipo de tareas de manera correcta y en tiempo moderado.

El de la solución inicial tomo algún tiempo para que se lleve a cabo de la manera que se esperaba respetando restricciones de prioridades tanto para docentes como alumnos y que a su vez la correspondiente asignación se realice de manera satisfactoria.

Una vez obtenida la solución inicial el algoritmo genético no presentó muchos problemas en su elaboración, pues la solución inicial ya deba la pauta para la generación de la población. (Zapata Alarcón, 2016)

En la sección de análisis y resultados se ven las posibles respuestas obtenidas por medio de la variación de los parámetros, que sucede si la población del cuerpo docente es muy pequeña que tan precisa puede ser la respuesta o que tan precisa es cuando la cantidad de materias asignadas realmente grande se analizan cada uno de estos aspectos.



**Figura 3.1. Flujograma de trabajo**

*Fuente: Autora*

### 3.2. Cronograma de Actividades

Es relevante en todo trabajo de investigación establecer un cronograma de actividades con sus respectivos tiempos de duración y secuenciación de cada actividad.

El diseño del mismo está dispuesto de forma diaria, coloreando de verde los días que fueron necesarios para la realización de las diferentes actividades.

Nombre de tarea	
<b>▲ Fase A</b>	
	Elección de la Institución Educativa y jornada para el estudio
	Elección del tema de graduación
	Elaboración de entrevista a la institución educativa
	Visitas a la Institución Educativa
<b>▲ Fase B</b>	
	Recolección de información
	Análisis de la información
	Elaboración de la Metodología
<b>▲ Fase C</b>	
	Desarrollo del algoritmo general para la búsqueda de soluciones
	Análisis de los resultados obtenidos
	Análisis costo beneficio
<b>▲ Fase D</b>	
	Análisis comparativo entre solución actual vs solución propuesta
	Elaborar correcciones en el documento
	Finalización de detalles en el documento y Sustentación

**Figura 3.2. Cronograma de Actividades**

*Fuente: Autora*

### 3.3. Organigrama de la Empresa

En la ilustración 3.3. Se presenta el organigrama de la IE, en la cual se presentan sus diferentes áreas, que serán descritas a continuación.

#### 3.3.1. Dirección Distrital

Brindan servicios educativos de forma más cercana a la ciudadanía, basándose en los lineamientos definidos por el Nivel Central, al igual que la planificación que se desencadena del Nivel Zonal.

#### 3.3.2. Rector

Es la máxima autoridad académica de la institución educativa de educación superior y ostenta su representación.



### **3.3.3. Secretaria**

Es el puente principal de comunicación entre las diferentes áreas de la IE con el Rector y demás áreas, las funciones que desempeña son las siguientes:

- ✓ Llevar listas de personal titular de la IE.
- ✓ Elaborar un libro de firmas de personas para indicar hora de entrada y hora de salida.
- ✓ Llevar las estadísticas correspondientes de alumnos inscritos, alumnos que egresan, alumnos que ingresan.
- ✓ Conocer los distintos reglamentos y decretos Por ejemplo: obligaciones y deberes de los docentes.
- ✓ Mantener al día toda la estadística y el archivo en perfecto orden.

### **3.3.4. Vicerrectora Académico**

El Vicerrectorado es el departamento que promueve la coordinación y desarrollo de las actividades docentes, disciplinarias, investigativas y formativas de carácter escolar, por medio de las cuales se lleva a cabo el Proyecto Educativo Institucional, el Plan Operativo anual y el desarrollo del Plan de Transformación Curricular.

Es el responsable de asesorar y asistir al Rector del colegio en la responsabilidad de animar la institución.

### **3.3.5. Inspector General / Inspector de cursos**

Es el Docente que tiene como responsabilidad, velar para que las actividades del establecimiento, se desarrollen en un ámbito, bienestar y sana convivencia.

### **3.3.6. Consejo ejecutivo**

Es la instancia directiva, de participación de la comunidad educativa y de orientación académica y administrativa del establecimiento.

El Consejo Ejecutivo estará conformado por:

- ✓ El rector o director, que lo presidirá y tendrá voto dirimente;
- ✓ El vicerrector o subdirector, según el caso, y
- ✓ Tres vocales principales, elegidos por la Junta General (que se define en el artículo 18 de esta normativa) y sus respectivos suplentes.

Actuará como secretario el secretario titular del plantel, y tendrá voz informativa, pero no voto.

### **3.3.7. Consejo Estudiantil**

Es un órgano colegiado que asegura y garantiza el continuo ejercicio de la participación democrática por parte de los educandos. Este organismo estará conformado por los representantes de los alumnos, elegidos por votación universal, directa y secreta, reconociendo los méritos morales, intelectuales y de rendimiento de los estudiantes que habrán de ser elegidos para ejercer dignidades.

### **3.3.8. Comité de padres de familia**

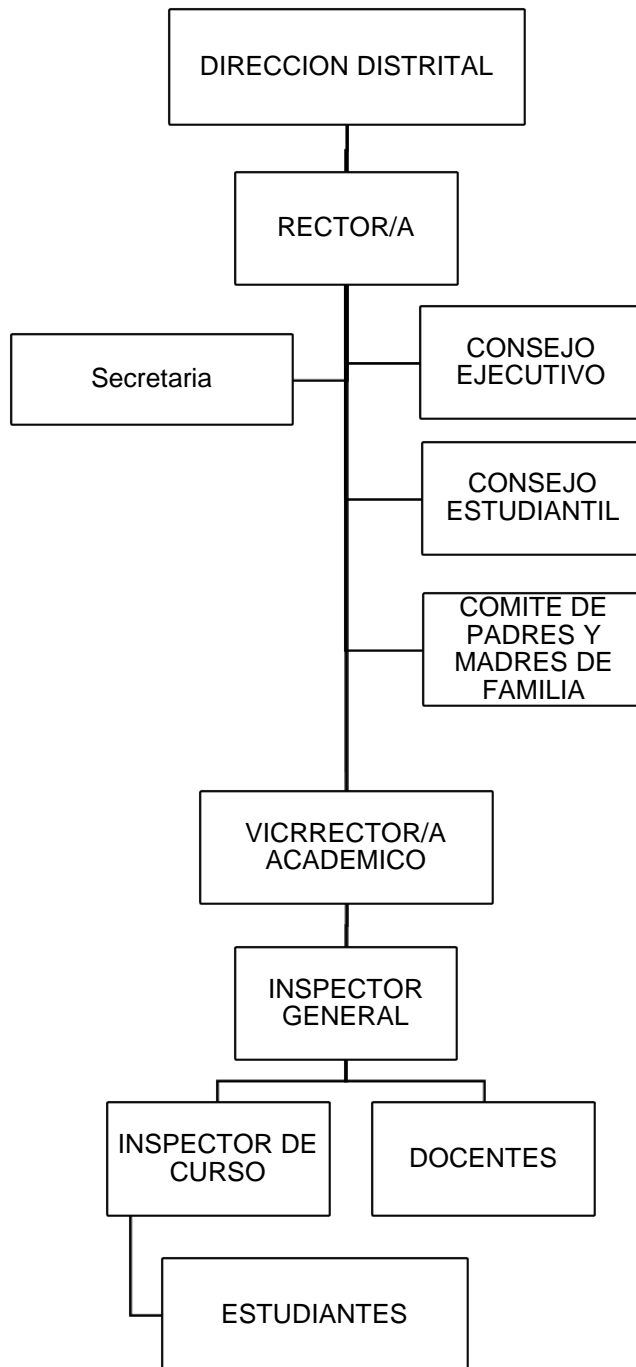
Elegir y ser elegidos como parte de los comités de padres y madres de familia y los demás órganos de participación de la comunidad educativa.

### **3.3.9. Docentes**

Es aquel que provee oportunidades de aprendizaje a todos los estudiantes y contribuye, mediante su formación, a construir la sociedad que aspiramos para nuestro país.

### 3.3.10. Estudiantes

Se refiere a quienes se dedican a la aprehensión, puesta en práctica y lectura de conocimientos sobre alguna ciencia, disciplina o arte.



**Figura 3.3. Organigrama de la IE**

*Fuente: Institución en la que se realiza el trabajo*

### **3.4. Selección de Datos**

Para obtener los datos necesarios se realizó visitas a la IE para contar con especificaciones sobre horas/tiempo para desarrollar exámenes, recesos y cuantos docentes son los encargados en esta actividad.

El número de personas que intervienen son 9, no se pueden ampliar esta cantidad ya que son los docentes asignados para cada materia y son los únicos que pueden estar presente al momento de la evaluación.

#### **3.4.1. Horas Disponibles.**

El horario para la aplicación de los exámenes en la institución educativa será durante la jornada de clases, desde las 19h00 hasta las 22h30, en el lapso de una semana (5 días hábiles) contando con un receso de 30 minutos, en los siguientes intervalos: [19h00-19h45], [19h45-20h30], [21h00-21h45], [21h45-22h30] estipulado por las autoridades del plantel.

### **3.5. Desarrollo de la Solución Inicial**

Antes de realizar el desarrollo y ejecución del algoritmo genético debemos contar con una solución inicial, aquella que proporcionará a una población, se designará con el nombre de "IEex" a esta función inicial, la que dará como resultado una semana con materias establecidas para los diferentes cursos en los distintos días.

```

d= días de la semana,
c= cursos,
h=horario;
For [ i=1, i ≤ d, i++];
semana= Agregar [semana, matriz(h,c)]
For [ j=1, j ≤ c, j++,
Matriz Receso
Prioridad asignar materias pesadas
semana [[ i ] [ i + j ] ] [[ j ] ] = [ materias,
profesores]
end For j
end For i

```

**Figura 3.4. Seudocódigo para la generación de semana**

En la ilustración 3.6 *Fuente: Autora* se presenta el pseudocódigo para generar la semana obteniendo los valores de  $d, c, h$  los cuales representan los días de la semana, cursos y horario respectivamente. Se inicia con un ciclo para llenar la matriz semana junto a la matriz (nxm) para obtener finalmente una matriz de matrices llena de ceros, y posteriormente definir los horarios de receso en la cual se indica que cuando  $(i + j)$  sea igual a un número  $n$  establecido, este mostrará la asignación del mismo, caso contrario se insertará la materia con el profesor en los diferentes cursos.

### 3.6. Desarrollo del algoritmo genético

Para resolver el problema de la calendarización de materias y la asignación a los diferentes cursos con sus respectivos profesores por medio del uso de algoritmo genético se utilizaron los siguientes pasos: (Zapata Alarcón, 2016).

- ✓ Obtención de solución inicial
- ✓ Generación de la población
- ✓ Evaluación de la población
- ✓ Selección de la población
- ✓ Cruce de la población

- ✓ Mutación de la población

### **3.6.1. Obtención de la solución inicial**

Como ya se mencionó por medio de la matriz inicial de exámenes se obtendrán soluciones iniciales dando como resultado una matriz de  $n \times 1$  que contener un conjunto de matrices correspondientes a cada uno de los cursos en los diferentes días de la semana.

### **3.6.2. Generación de la población**

La generación de población entrega un conjunto de individuos aquellos que forman una población que obedecen los antecedentes y prioridades de las semillas que su usaron en la solución inicial.

### **3.6.3. Evaluación de la población**

Utilizando la función de peso se obtiene que para cada curso en los diferentes días de la semana no se debe exceder el límite establecido. Esta misma función castiga la mala ubicación y asignación que se genere en los procesos de cruce y mutación, haciéndolas no factibles al momento de tomar decisiones.

### **3.6.4. Selección de la población**

Se deberá escoger aquellas asignaciones que proporcionen un menor peso para cada curso en cada día de la semana. La probabilidad de aparición para todas las materias es la misma ya que todas deben ser tomadas por el estudiante y los profesores según la planificación del año en curso.

### **3.6.5. Cruce de la población**

Al seleccionar la población, una vez tomado dos padres del vector de selección, sus cromosomas se combinan, obteniendo una parte del padre y el resto de la secuencia pertenezca a la madre.

### **3.6.6. Mutación de la población**

Para la mutación se selecciona un elemento aleatorio del hijo para que sufra un cambio y obtener un resultado muy bueno o muy malo.

# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se realizará el análisis de los resultados obtenidos a través de las funciones implementadas, también se examinará el tiempo de respuesta del algoritmo y se cotejarán los resultados obtenidos, esto es, la solución propuesta, contra la asignación que actualmente posee la IE.

### 4.1. Ajuste de Parámetros

Se probará la eficiencia del algoritmo y el tiempo de respuesta, se evalúa los diferentes cambios del número de generaciones, así como los cambios en los porcentajes de mutación.

#### 4.1.1. Prueba de Número de Generaciones

Se ha mostrado en algunas investigaciones modificaciones en el número de generaciones, el objetivo de estas modificaciones es analizar cómo se comportan las soluciones a través de un número dado de éstas.

A medida que aumenta el número de generaciones, es más probable que nos aproximemos al mejor individuo. De esta manera para ejecutar dichas pruebas se inició con 2500 y posteriormente se tomarán las siguientes cantidades: 5000, 7500, 10000.

#### 4.1.2. Prueba de Porcentajes

Para conseguir una búsqueda más amplia y global se realiza cambio de porcentajes de mutación, con esto se busca conocer las variaciones que se tiene en los operadores genéticos.



**Tabla 4.1. Porcentaje de mutación**

Mutación
0%
25%
50%
75%
100%

Fuente: Autora

Realizando estos cambios en el número de generaciones junto a los porcentajes de mutación, se desea observar la calidad de las soluciones, y a continuación escoger los parámetros que proporcionaron resultados óptimos.

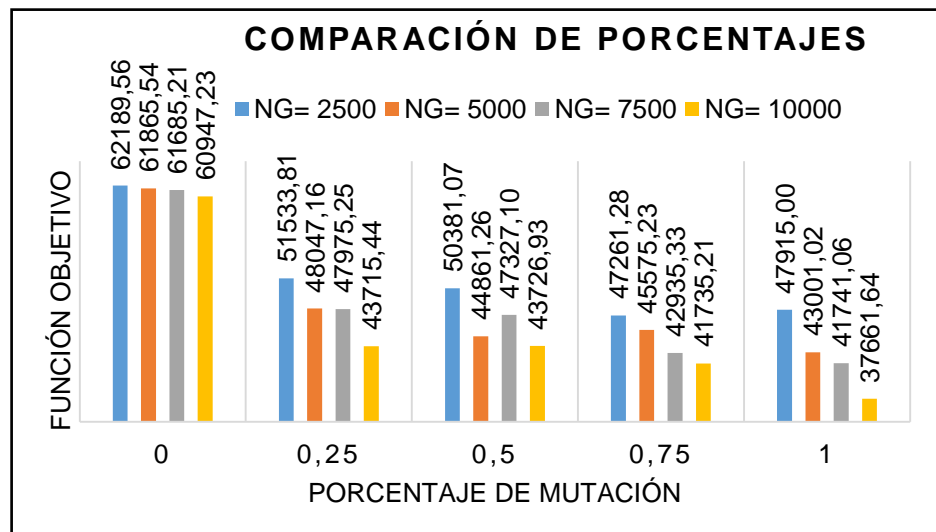
#### 4.1.3. Análisis de Resultados

Se muestran los resultados adquiridos en las diferentes generaciones con sus correspondientes cambios en el porcentaje de mutación.

Población: 100

Número de corridas: 15

Número de generaciones: 2500, 5000, 7500, 10000.



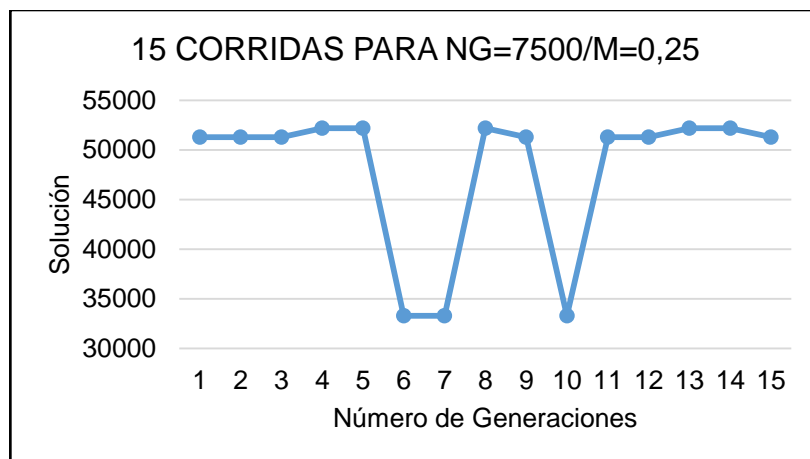
**Figura 4.1. Comparación de porcentajes con diferentes parámetros**

*Fuente: Autora*

Se puede visualizar en la ilustración 4.1., que mientras el porcentaje de mutación es 0% las soluciones recibidas son en su totalidad altas, esto no quiere decir que sean malas, sin embargo, en este trabajo lo que se necesita son soluciones con valoraciones muy pequeñas, de tal manera las obtenidas con  $M=0$  no serán aceptadas, pues no se permite a los individuos sufrir cambios propios de la evolución.

Por otro lado, las soluciones recibidas con  $M=1$ , ya que la mutación se lleva a cabo en su totalidad se obtiene soluciones muy buenas, pero ante esto el tiempo de respuesta es excesivo.

Entre los resultados restantes:  $M=0.25$ ,  $M=0.50$  y  $M=0.75$ , el que presento más estabilidad entre las soluciones la de mutación  $M=0.25$  con número de generaciones  $NG=7500$ . Obteniéndose soluciones con valoración de **(51274,5 - 51275,3 - 52174,4 - 52175,6)**, con mayor frecuencia, tal como se observa en la ilustración 4.2



**Figura 4.2. Grafica de soluciones en 15 corridas**

*Fuente: Autora*

#### 4.1.4. Tiempo de Respuesta del Algoritmo

A continuación, se presenta el tiempo de respuesta del algoritmo tomando en cuenta el porcentaje de mutación, con sus correspondientes generaciones que son: 2500, 5000, 7500, 10000

**Tabla 4.2. Tiempo de operación del algoritmo genético**

	NG= 2500	NG= 5000	NG= 7500	NG= 10000
<b>M=0</b>	11,13	24,52	34,43	42,72
<b>M=0,25</b>	19,25	46,01	63,63	83,64
<b>M=0,5</b>	28,79	66,34	98,44	115,41
<b>M=0,75</b>	41,91	87,88	128,50	147,42
<b>M=1</b>	55,99	109,02	146,56	184,33

*Fuente: Autora*

Los tiempos presentados están dados en segundos de operación del algoritmo tomando en cuenta si se considera el número de individuos y las generaciones que se definieron.

#### 4.2. Soluciones al Problema de Calendarización

Entre las soluciones obtenidas una que cumple con las restricciones de peso correspondientes a cada materia y prioridad de horas para el horario de los diferentes cursos se mostrará a continuación.

Para este ejemplo los parámetros utilizados fueron los siguientes:

- ✓ Tamaño de población: 100
- ✓ Probabilidad de mutación: 0.25

9NO					
H/D	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Mat18 / Prof04	Mat19 / Prof03	Mat02 / Prof02	Mat13 / Prof05	Mat28 / Prof06
2	0	0	0	0	0
3	0	0	Mat20 / Prof01	0	Mat01 / Prof01
1ERO SISTEMAS					
H/D	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Mat09 / Prof08	Mat17 / Prof01	Mat12 / Prof08	Mat21 / Prof03	Mat14 / Prof04
2	Mat22 / Prof03	Mat20 / Prof01	Mat02 / Prof02	Mat03 / Prof06	Mat16 / Prof03
3	Mat01 / Prof07	Mat15 / Prof04	Mat28 / Prof06	Mat10 / Prof08	Mat13 / Prof05
4	0	0	0	0	0

1ERO CONTABILIDAD					
H/D	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Mat07 / Prof09	Mat04 / Prof09	Mat17 / Prof01	Mat20 / Prof01	Mat16 / Prof08
2	Mat14 / Prof04	Mat21 / Prof03	Mat27 / Prof01	Mat02 / Prof02	Mat13 / Prof05
3	Mat03 / Prof06	Mat01 / Prof07	Mat05 / Prof09	Mat15 / Prof04	Mat22 / Prof03
4	0	0	0	0	0
2DO SISTEMAS					
H/D	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Mat03 / Prof06	Mat14 / Prof04	Mat22 / Prof03	Mat12 / Prof08	Mat01 / Prof07
2	Mat21 / Prof01	Mat13 / Prof05	Mat15 / Prof04	Mat09 / Prof08	Mat17 / Prof01
3	Mat10 / Prof08	Mat20 / Prof01	Mat02 / Prof02	Mat28 / Prof06	Mat16 / Prof06
4	0	0	0	0	0
2DO CONTABILIDAD					
H/D	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Mat17 / Prof01	Mat28 / Prof06	Mat07 / Prof09	Mat14 / Prof04	Mat20 / Prof01
2	Mat01 / Prof07	Mat03 / Prof06	Mat16 / Prof06	Mat04 / Prof09	Mat02 / Prof02
3	Mat15 / Prof04	Mat13 / Prof05	Mat21 / Prof03	Mat22 / Prof03	Mat05 / Prof09
4	0	0	0	0	0
3ERO SISTEMAS					
H/D	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Mat22 / Prof03	Mat02 / Prof02	Mat15 / Prof04	Mat03 / Prof07	Mat24. / Prof03
2	Mat16 / Prof06	Mat11 / Prof08	Mat09 / Prof08	Mat25. / Prof01	Mat01 / Prof07
3	Mat13 / Prof05	Mat28 / Prof09	Mat14 / Prof04	Mat27 / Prof01	Mat08 / Prof08
4	0	0	0	0	0
3ERO CONTABILIDAD					
H/D	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	Mat02 / Prof02	Mat03 / Prof07	Mat16 / Prof06	Mat04 / Prof09	Mat13 / Prof05
2	Mat28 / Prof09	Mat14 / Prof04	Mat22 / Prof03	Mat24. / Prof03	Mat06 / Prof09
3	Mat26 / Prof01	Mat23 / Prof03	Mat01 / Prof07	0	Mat15 / Prof04
4	0	0	0	0	0

**Figura 4.3. Horario de exámenes mejor solución**

*Fuente: Autora*

CURSOS/ DIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
<b>9NO</b>	6	6	15	8	11
<b>1ERO SIST</b>	23	19	20	23	22
<b>1ERO CONT</b>	26	23	18	22	19
<b>2DO SIST</b>	23	20	21	19	24
<b>2DO CONT</b>	24	19	20	20	24
<b>3ERO SIST</b>	19	20	23	14	21
<b>3ERO CONT</b>	13	20	21	11	24

**Figura 4.4. Total de pesos de materias por días y por cursos**

*Fuente: Autora*

Como podemos observar en la ilustración 4.3 las materias están asignadas con sus respectivos profesores de tal manera que no existe cruce entre ellos y cumple las restricciones de prioridad de horas y de peso, esta última restricción se la puede observar en la ilustración 4.4. El número de iteraciones que le tomó al AG encontrar la solución fue de 7500 y el tiempo de ejecución fue de 60.42 segundos. Se puede obtener más de una solución que cumpla con las condiciones requeridas, de la misma manera que la solución expuesta en el anexo 1 se presentan más resultados.

#### **4.3. Comparación de la Situación Actual con la Propuesta**

El desarrollo tradicional del horario de exámenes realizado en la IE no es el más adecuado en relación a la adaptación y bienestar estudiantil.

Dado el tiempo que con lleva realizar esta labor y los múltiples cambios inesperados, no se toman en cuenta ciertas condiciones, que, a más de beneficiar alumnado, beneficiaría a la Institución logrando un alto número de estudiantes con promedios satisfactorios.

El algoritmo diseñado entrega mayor aprovechamiento en cuanto el tiempo de respuesta, así como también, aprovechando habilidades como el desarrollo según las materias y otorgando prioridad de asignación horaria.

La IE brindó la ayuda y apoyo necesarios con la propuesta y permitió realizar pruebas aplicándola en las evaluaciones de final de curso.

Los resultados son los siguientes:

Entrega de horarios con dos semanas de anticipación esto permitió al docente como al alumno enfocarse y prepararse con tiempo a las pruebas

Se midió el desempeño del estudiante sobre sus notas en comparación al primer parcial y se pudo observar que el rendimiento ascendió en un promedio de 1 a 2 puntos por curso.

La nueva asignación permite que el estudiante realice exámenes diarios con pesos proporcionados consiguiendo bienestar mental como académico y de la misma manera satisfacción entre los docentes, evitando bajas notas que los conlleva a realizar clases de recuperaciones, donde estas proporcionan más trabajo, puesto que deben realizar planificaciones adicionales. De tal manera que la nueva asignación le permite dedicarse a otra de sus labores tales como (avance en planificaciones para el nuevo año lectivo, juntas de cursos sin retrasos, entrega de actas a tiempo, etc.)

El porcentaje de rendimiento académico de los estudiantes con la asignación inicial, propuesta por la IE es de un 50%, con la solución propuesta el porcentaje de rendimiento académico es del 80%.

El porcentaje de rendimiento del tiempo de ejecución de la solución inicial es de un 0,15% tomando en cuenta que el tiempo mínimo que tomaba realiza el horario era de 15 días, con la solución propuesta el porcentaje de rendimiento es de un 100% al elaborarse solo en minutos.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

En este proyecto se procuró resolver la calendarización de horarios de exámenes utilizando la metaheurística de algoritmos evolutivos obteniendo un programa que ofrece resultados factibles en tiempos computacionales moderados, sumándole las condiciones o restricciones necesarias para satisfacer a los docentes y estudiantes para un mejor desempeño en sus labores.

Las conclusiones de este proyecto se especifican a continuación:

1. Para medir los parámetros se realizaron múltiples ejecuciones en el AG logrando estabilidad de los resultados, consiguiendo de esta manera las mejores asignaciones para las materias en el transcurso de la semana. Con los valores de medición se obtienen resultados en un tiempo de 184 segundos, estos son los parámetros:

Población: 100

Numero de generaciones: 10000

Probabilidad de mutación: 1

2. El algoritmo elaborado cumple con la hipótesis descrita en la parte inicial, planteada en términos de medidas de desempeño, de obtener resultados de calidad y en tiempos computacionales razonables, recibiendo resultados (óptimos y ágil)
3. Con implementación de las restricciones de prioridad de horas se logró elaborar un horario compacto que permitirá el retiro unificado de todo el estudiantado en una misma hora.

4. Finalmente, el algoritmo mostró lograr un mejor desempeño académico se incrementó el promedio por materias de cada curso y de esta manera se logró que el docente no realice trabajos extras de recuperación académica, permitiéndole avanzar en otras actividades.

## **5.2. Recomendaciones**

1. Mantener y sostener una correcta relación de trabajo con los docentes y estudiantes para que de esta manera se pueda conocer las necesidades de ambos y obtener resultados académicos de buena calidad.
2. En el desarrollo del algoritmo genético se tienen en consideración algunas restricciones, como las prioridades de las horas y el peso de las materias por cursos para evitar que se tomen exámenes muy pesados en el mismo día. Estas restricciones pueden ser ampliadas, ejemplo: una condición que no se tomó en cuenta es que, en el mismo día, para el mismo curso, un profesor evalué continuamente dos materias que dicte en él.
3. Esta misma aplicación puede ser utilizada para elaborar la calendarización y asignación de personal docente para realizar las labores de control durante las horas de receso. Tomando en cuenta los docentes y los espacios a inspeccionar.
4. Si en la IE se realizará cambio de personal y se quiere utilizar el programa elaborado para la asignación con un nuevo personal; se debe tomar en cuenta que está diseñado para 9 docentes ya que establecieron que este es el número de docentes que cubrirían las horas pedagógicas y horas de clases establecidas por el ministerio de educación, por lo que se sugiere que como mínimo se maneje un número de nueve docentes, en dichas asignaciones.





# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Añazco Maldonado, M. V. (2015). Aplicación de búsquedas Tabú y Grasp para la resolución de un problema de calendarización de horarios de clase en universidades. Obtenido de Repositorio Digital - EPN - Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16682>
- Cabezas Garcia, X. J. (2009). Diseño e implementación de una heurística para resolver el problema de calendarización de horarios para universidades. Obtenido de Repositorio Dspace Espol: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/12233>
- Delgado Bravo, E. J. (2013). Diseño e implementación de una heurística basada en la metodología grasp para el problema de coloración de grafos aplicado a la calendarización de exámenes en una institución educativa. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24999>
- Flores Muñoz, K. (2013). Implantación de una heurística para resolver el problema de coloramiento de grafos aplicado a la planificación de horarios de una institución educativa. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24492>
- Mejía Caballero, J. M. (2008). Asignación de horarios de clases universitarias mediante algoritmos evolutivos. Obtenido de Revista Educación en Ingeniería: <https://www.educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/view/15>
- Nazareno López, A. D. (2013). Diseño de un modelo de programación entera para la calendarización de los partidos de la serie A de la primera división del fútbol ecuatoriano. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24984>
- Pacheco Agüero, C. L. (2000). Distribución óptima de horarios de clases utilizando la técnica de algoritmos genéticos. Obtenido de jupiter.utm.mx: [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/6557](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/6557)
- Villena Román, J. (2004). Algoritmos Evolutivos y Algoritmos Genéticos. Obtenido de Universidad Carlos III de Madrid: <http://www.it.uc3m.es/~jvillena/irc/practicas/estudios/aeag.pdf>
- Zapata Alarcón, S. V. (2016). Diseño de una Heurística para la Calendarización de Actividades en una Empresa de Repuestos Automotrices. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31822>

# ANEXOS

## Anexo 1 Resultados del Algoritmo Genético en Wolfram Mathematica 11

NG=7500, M=0.25, T= 79,21 seg

### 9NO

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat13 / Prof05	Mat02 / Prof02	Mat19 / Prof03	Mat28 / Prof06	Mat01 / Prof01
2	Mat20 / Prof01	0	0	0	Mat18 / Prof04
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0

### 1ERO SISTEMAS

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat16 / Prof03	Mat22 / Prof03	Mat17 / Prof01	Mat14 / Prof04	Mat15 / Prof04
2	Mat01 / Prof07	Mat02 / Prof02	Mat09 / Prof08	Mat20 / Prof01	Mat03 / Prof06
3	Mat10 / Prof08	Mat13 / Prof05	Mat21 / Prof03	Mat12 / Prof08	Mat28 / Prof06
4	0	0	0	0	0

### 1ERO CONTABILIDAD

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat20 / Prof01	Mat13 / Prof05	Mat03 / Prof06	Mat05 / Prof09	Mat02 / Prof02
2	Mat07 / Prof09	Mat01 / Prof07	Mat17 / Prof01	Mat14 / Prof04	Mat04 / Prof09
3	Mat15 / Prof04	Mat21 / Prof03	Mat16 / Prof08	Mat27 / Prof01	Mat22 / Prof03
4	0	0	0	0	0

### 2DO SISTEMAS

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat10 / Prof08	Mat17 / Prof01	Mat14 / Prof04	Mat02 / Prof02	Mat09 / Prof08
2	Mat22 / Prof03	Mat21 / Prof01	Mat01 / Prof07	Mat16 / Prof06	Mat13 / Prof05
3	Mat03 / Prof06	Mat12 / Prof08	Mat15 / Prof04	Mat28 / Prof06	Mat20 / Prof01
4	0	0	0	0	0

### 2DO CONTABILIDAD

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat02 / Prof02	Mat15 / Prof04	Mat05 / Prof09	Mat17 / Prof01	Mat01 / Prof07
2	Mat16 / Prof06	Mat22 / Prof03	Mat14 / Prof04	Mat07 / Prof09	Mat20 / Prof01
3	Mat13 / Prof05	Mat03 / Prof06	Mat28 / Prof06	Mat21 / Prof03	Mat04 / Prof09
4	0	0	0	0	0

### 3ERO SISTEMA

	Lunes
1	Mat01 / Prof07
2	Mat15 / Prof04
3	Mat25. / Prof01
4	0

### 3ERO CONTABI

	Lunes
1	Mat15 / Prof04
2	Mat02 / Prof02
3	Mat06 / Prof09
4	0

{{13., 10., 6., 1., 16.}}

{25., 21., 17., 20., 24.}

NG=7500, M=0.25, T= 76,61 seg

**9NO**

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat02 / Prof02	Mat01 / Prof01	Mat13 / Prof05	Mat18 / Prof04	Mat20 / Prof01
2	0	0	Mat28 / Prof06	0	Mat19 / Prof03
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0

**1ERO SISTEMAS**

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat09 / Prof08	Mat15 / Prof04	Mat17 / Prof01	Mat01 / Prof07	Mat03 / Prof06
2	Mat14 / Prof04	Mat02 / Prof02	Mat13 / Prof05	Mat28 / Prof06	Mat20 / Prof01
3	Mat21 / Prof03	Mat22 / Prof03	Mat10 / Prof08	Mat16 / Prof03	Mat12 / Prof08
4	0	0	0	0	0

**1ERO CONTABILIDAD**

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat04 / Prof09	Mat03 / Prof06	Mat21 / Prof03	Mat13 / Prof05	Mat02 / Prof02
2	Mat17 / Prof01	Mat27 / Prof01	Mat16 / Prof08	Mat22 / Prof03	Mat05 / Prof09
3	Mat15 / Prof04	Mat14 / Prof04	Mat07 / Prof09	Mat01 / Prof07	Mat20 / Prof01
4	0	0	0	0	0

**2DO SISTEMAS**

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat15 / Prof04	Mat09 / Prof08	Mat01 / Prof07	Mat16 / Prof06	Mat10 / Prof08
2	Mat02 / Prof02	Mat14 / Prof04	Mat21 / Prof01	Mat13 / Prof05	Mat03 / Prof06
3	Mat12 / Prof08	Mat28 / Prof06	Mat17 / Prof01	Mat20 / Prof01	Mat22 / Prof03
4	0	0	0	0	0

**2DO CONTABILIDAD**

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat21 / Prof03	Mat05 / Prof09	Mat04 / Prof09	Mat17 / Prof01	Mat22 / Prof03
2	Mat03 / Prof06	Mat13 / Prof05	Mat15 / Prof04	Mat01 / Prof07	Mat02 / Prof02
3	Mat16 / Prof06	Mat20 / Prof01	Mat14 / Prof04	Mat28 / Prof06	Mat07 / Prof09
4	0	0	0	0	0

**3ERO SISTEMAS**

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat25. / Prof01	Mat13 / Prof05	Mat11 / Prof08	Mat24. / Prof03	Mat15 / Prof04
2	Mat09 / Prof08	Mat01 / Prof07	Mat03 / Prof07	Mat27 / Prof01	Mat08 / Prof08
3	Mat02 / Prof02	Mat28 / Prof09	Mat22 / Prof03	Mat14 / Prof04	Mat16 / Prof06
4	0	0	0	0	0

**3ERO CONTABILIDAD**

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
1	Mat03 / Prof07	Mat22 / Prof03	Mat16 / Prof06	Mat06 / Prof09	Mat04 / Prof09
2	Mat23 / Prof03	Mat24. / Prof03	Mat28 / Prof09	Mat15 / Prof04	Mat13 / Prof05
3	Mat26 / Prof01	Mat02 / Prof02	Mat01 / Prof07	0	Mat14 / Prof04
4	0	0	0	0	0

{{10., 10., 9., 6., 11.}, {20., 21., 24., 18., 24.}, {23., 19., 20., 22., 24.}, {26., 17., 21., 20., 23.},

{21., 22., 23., 18., 23.}, {21., 19., 23., 11., 23.}, {15., 16., 18., 16., 24.}}