

# Algoritmos de genéticos

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Curso 2020-2021**

**Cartagena99**

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

1. Introducción
2. Algoritmos genéticos (AG)
3. Catálogo de tipos de cromosomas
4. Catálogo de problemas
5. Detalles de implementación
6. Conversión PLE -> AG

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 1. Introducción

## ❑ Problemas de optimización

- Se definen por un conjunto de restricciones y una función objetivo
- La función objetivo permite calcular un valor para cada una de las posibles soluciones
- Se busca la solución que, cumpliendo con las restricciones del problema, minimice (o maximice) el valor de la función objetivo

❑ Los problemas que no son de optimización pero buscan una o varias soluciones que cumplan las restricciones del problema pueden transformarse en problemas de optimización

❑ En algunos casos la complejidad del algoritmo que resuelve el problema de optimización es demasiado alta.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 1. Introducción

- ❑ Los **Algoritmos de Aproximación** encuentran soluciones subóptimas cercanas a la óptima pero con un menor coste de ejecución
- ❑ En este tema veremos un tipo de Algoritmos iterativos de Aproximación: *Algoritmos Genéticos*
- ❑ Son algoritmos iterativos:
  - Se diseña un Estado cuyos valores representarán las posibles soluciones del problema
  - La función objetivo se evaluará sobre el estado
  - Existirá una función que aplicada a cada estado nos indique si representa una solución válida o no, y otra función que calculará la solución asociada a los

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

propuestos sobre el estado, en cada iteración, se generan al azar

## 2. Algoritmos Genéticos

- ❑ Los **Algoritmos Genéticos** emulan los mecanismos de la evolución
- ❑ Estos algoritmos hacen evolucionar una población de individuos sometiéndola a cruces y mutaciones, así como también a una selección de acuerdo con algún criterio
- ❑ Llamamos generaciones a las sucesivas poblaciones que se van obteniendo haciendo evolucionar la primera de ellas
- ❑ Asumimos que queremos **maximizar** la función objetivo
- ❑ El esquema es de la forma

```
Population evolve(Population initial, StoppingCondition condition) {  
    Population current = initial;  
    while (!condition.isSatisfied(current)) {
```

Cartagena99

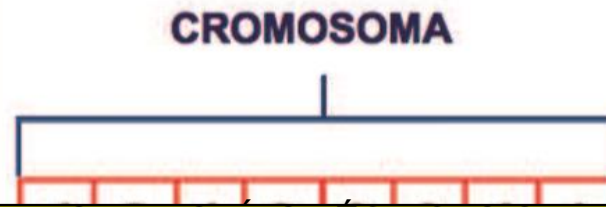
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 2. Algoritmos Genéticos

- ❑ La población inicial se suele inicializar de forma aleatoria
- ❑ Cada individuo tiene una representación interna que llamaremos **cromosoma**, y una medida de su fortaleza, denominada **fitness**
- ❑ El objetivo del algoritmo genético es encontrar el o los individuos que maximizan su fitness tras hacer evolucionar la población
- ❑ Un cromosoma será del tipo  $List<T>$  con algunas operaciones adicionales: cálculo del fitness, mutación y cruce
- ❑ Los elementos de la lista  
los denominaremos **genes**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

GEN

## 2. Algoritmos Genéticos

- ❑ Mecanismo para obtener la siguiente generación:
  1. Se escogen los mejores individuos de una población según la tasa de elitismo escogida y se pasan a la siguiente generación
  2. Se repiten los siguientes pasos hasta que la nueva generación alcanza el tamaño prefijado:
    - a) Siguiendo la **Política de Selección** elegida se escogen dos cromosomas
    - b) En un porcentaje establecido por la **Tasa de Cruce** se aplica el Operador de Cruce fijado
    - c) En un porcentaje establecido por la **Tasa de Mutación** se aplica el Operador de Mutación fijado

❑ Una política de selección muy usada es la Elección por Torneo

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 2. Algoritmos Genéticos

## □ Ejemplo de cruce: **OnePointCrossover**



Cada cromosoma se corta en  $n$  partes que son recombinadas. (Ejemplo para  $n = 1$ ).



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

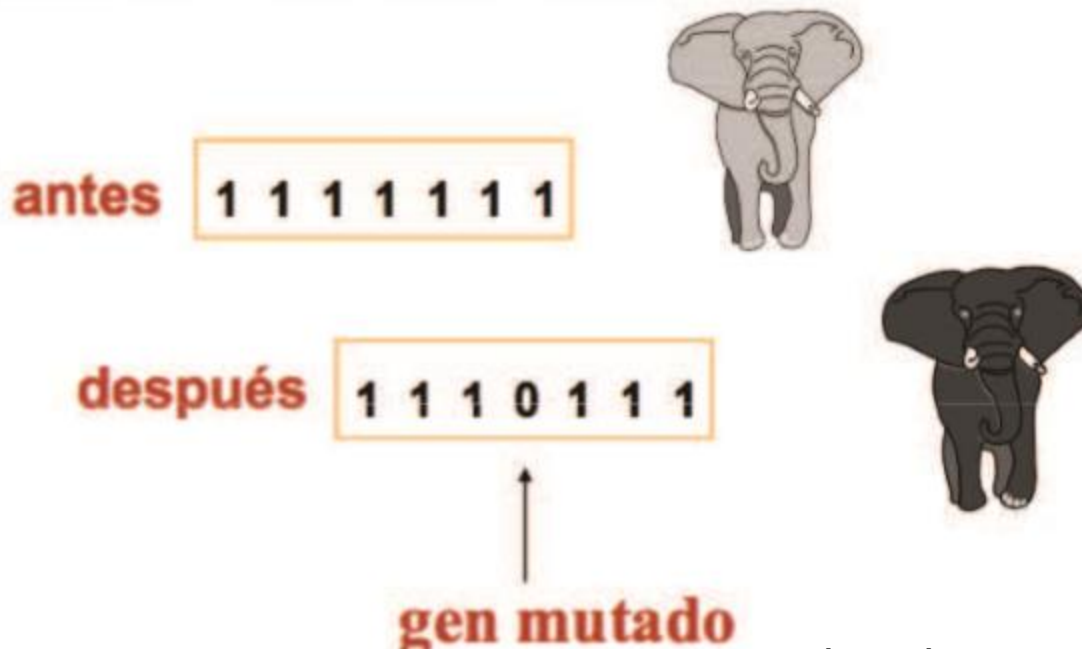
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## 2. Algoritmos Genéticos

- Ejemplo de mutación (representación binaria)



Cartagena99

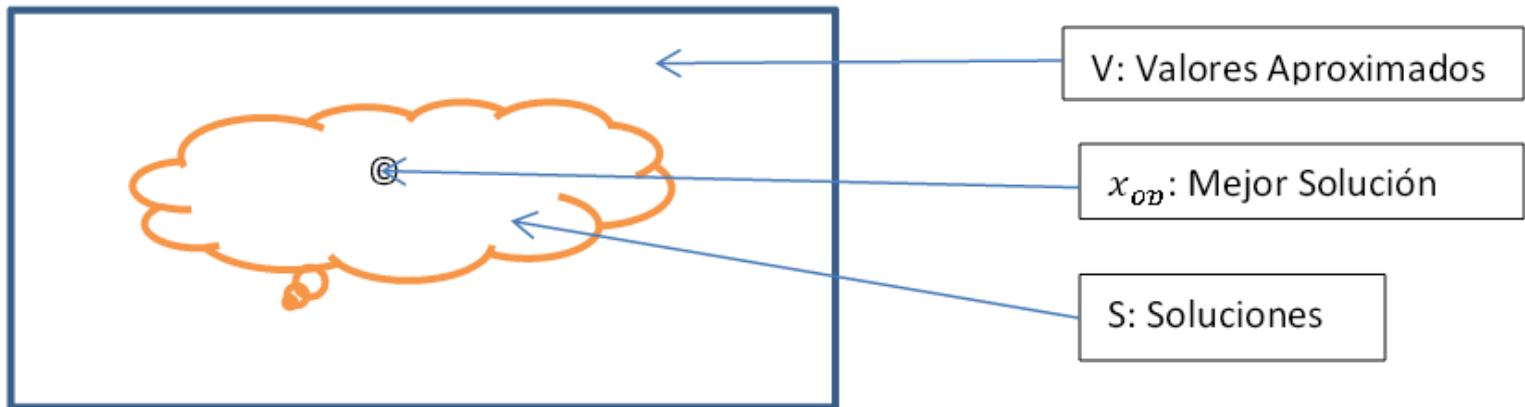
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 3. Catálogo de Cromosomas

- Dependiendo del tipo de problema se escogerá el cromosoma adecuado



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 3. Catálogo de Cromosomas

## □ Chromosome

```
public interface Chromosome<T> {  
    T decode();  
    double fitness();  
}
```

- Es la interfaz común a todos los cromosomas, incluye el método de decodificación y la función de fitness.
- Cualquier problema debe implementar ProblemAG o alguno de sus subtipos:

**SeqNormalProblemAG<S>, ValuesInRangeProblemAG<E,S>,**

**ValuesInSetProblemAG<S>**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

# 3. Catálogo de Cromosomas

**Chromosome<E>**

**SeqNormalChromosome**

Un cromosoma cuyo valor decodificado es una lista de índices.

Adecuado para resolver problemas cuya solución es un Multiset o una lista, posiblemente con

**ValuesInRangeChromosome<E>**

Un cromosoma cuyo valor decodificado es una lista de valores en un rango, del tamaño especificado en el problema.

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 3. Catálogo de Cromosomas

## □ SeqNormalChromosome

- Representa una lista de valores enteros que pueden ser usados como índices en una lista de objetos dada. Si  $d = \text{decode}()$ ,  $d[i] =$  índice,  $i: 0..n-1$
- **SeqNormalProblemAG<S>:**

```
public interface SeqNormalProblemAG<S> extends ProblemAG {  
    Integer getIndexNumber();  
    default Integer getMaxMultiplicity(int index);  
    Double fitnessFunction(SeqNormalChromosome cr);  
    S getSolucion(SeqNormalChromosome cr);
```

// ChromosomeType getType(): Heredado de ProblemaAG

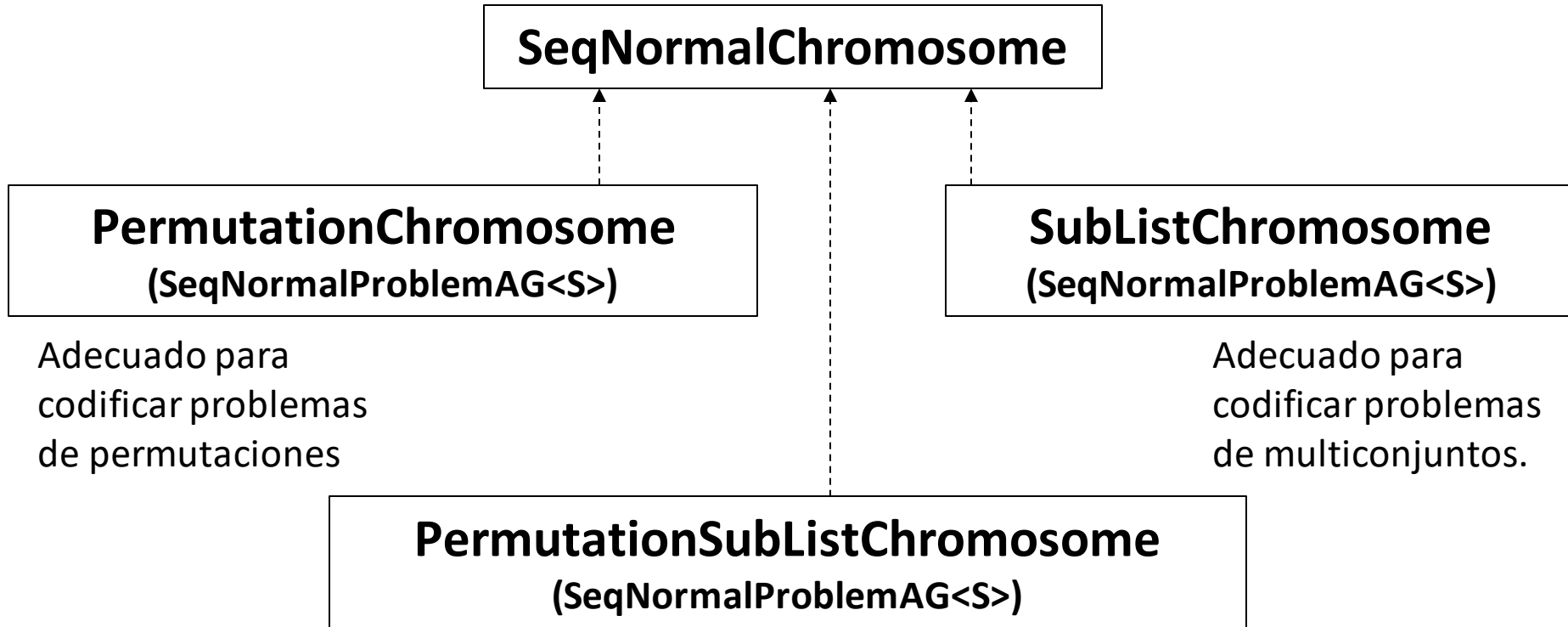
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

# 3. Catálogo de Cromosomas



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

permutaciones

# 3. Catálogo de Cromosomas

## □ ValuesInRangeChromosome<E>

- Un cromosoma cuyo valor decodificado es una lista de valores en un rango, del tamaño especificado en el problema.
- **ValuesInRangeProblemAG<E,S>**:
  - ❖ E – El tipo de los elementos del cromosoma. El cromosoma es del tipo List<E>
  - ❖ S – El tipo de la solución del problema

```
public interface ValuesInRangeProblemAG<E,S> extends ProblemAG {  
    Integer getCellsNumber();  
    E getMax(Integer i);  
}
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

// ChromosomeType getType(), hereda de ProblemaAG

# 3 Catálogo de Cromosomas

**ValuesInRangeChromosome<E>**

**BinaryChromosome**  
(ValuesInRangeProblemAG<E,S>)

Un cromosoma cuyo valor decodificado es una lista de ceros y unos del tamaño especificado en el problema

**RangeChromosome**  
(ValuesInRangeProblemAG<E,S>)

Adecuado para codificar problemas de subconjuntos de multiconjuntos.

**DoubleChromosome**  
(ValuesInRangeProblemAG<E,S>)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

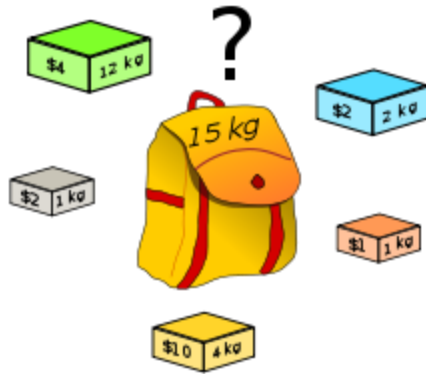
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

espacio de n dimensiones



# 4. Catálogo de problemas

## □ Problema de la Mochila:



$$\max \sum_{i=0}^{n-1} x_i v_i$$

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_i w_i \leq C$$

$$x_i \leq m_i, \quad i \in [0, n - 1]$$

$$\text{int } x_i, \quad i \in [0, n - 1]$$

Cromosoma BinaryChromosome

$$0 \leq x_i = d[i] \leq 1$$

Cromosoma RangeChromosome

$$0 \leq x_i = d[i] \leq m_i$$

$f = \sum_{i=0}^{n-1} d[i] v_i - K d[i] w_i$   
**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 4. Catálogo de problemas

## □ Problema de la Asignación:

	T1	T2	T3	T4
A1	14	5	8	7
A2	2	12	6	5
A3	7	8	3	9
A4	2	4	6	10

$$\min \sum_{i=0, j=0}^{n-1, n-1} x_{ij} c_{ij}$$

$$\sum_{j=0}^{n-1} x_{ij} = 1, \quad i \in [0, n-1]$$

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_{ij} = 1, \quad j \in [0, n-1]$$

$$\text{bin } x_{ij}, \quad i \in [0, n-1], \quad j \in [0, n-1]$$

Cromosoma PermutationChromosome



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# 4. Catálogo de Problemas

## □ Problema de los Anuncios

- Un canal de televisión quiere obtener el máximo rendimiento (en euros) de la secuencia de anuncios que aparecerá en un corte de publicidad de un máximo de  $T$  segundos
- El precio final del anuncio ( $p$ ) dependerá de la posición que éste ocupe dentro de la secuencia

$$p(i) = \frac{b * t(i)}{pos(i)} + c$$

- $b$  y  $c$  son constantes
- Ejemplo:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 4. Catálogo de problemas

## ❑ Problema de los Anuncios:

Cromosoma PermutationSubListChromosome

$$\max \sum_{i=0}^{s-1} \left( \frac{b t(d[i])}{i+1} + c \right)$$

$$s \leq n$$

$$\sum_{i=0}^{s-1} t(d[i]) \leq T$$

$$f = \sum_{i=0}^{s-1} \left( \frac{b t(d[i])}{i+1} + c \right) - K dge \left( T - \sum_{i=0}^{s-1} t(d[i]) \right)$$

$$f = \sum_{i=0}^{s-1} \left( \frac{b t(d[i])}{i+1} + c \right)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# 5. Detalles de implementación

La implementación es una adaptación del software del proyecto Apache

El esquema del Algoritmo Genético es de la forma:

```
public Population evolve(Population initial, StoppingCondition condition) {  
    Population current = initial;  
    while (!condition.isSatisfied(current)) {  
        current = nextGeneration(current);  
    }  
    return current;  
}
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 5. Detalles de implementación

La clase encargada de resolver el algoritmo AG es AlgoritmoAG

```
public abstract class AlgoritmoAG<C> {  
    public static int POPULATION_SIZE = 30;  
    public static double ELITISM_RATE = 0.2;  
    public static double CROSSOVER_RATE = 0.8;  
    public static double MUTATION_RATE = 0.6;  
    public static long INITIAL_TIME;  
    private ChromosomeType tipo;  
    private CrossoverPolicy crossOverPolicy;  
    private MutationPolicy mutationPolicy;  
    private SelectionPolicy selectionPolicy;  
    protected StoppingCondition stopCond;  
    public static List<Chromosome> bestChromosomes;  
    protected Population initialPopulation;  
    protected Chromosome bestFinal;  
    protected Population finalPopulation;  
}
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 5. Detalles de implementación

```
public void ejecuta() {  
    INITIAL_TIME = System.currentTimeMillis();  
    this.initialPopulation = randomPopulation();  
    Preconditions.checkNotNull(this.initialPopulation);  
    GeneticAlgorithm ga = new GeneticAlgorithm(  
        crossOverPolicy,  
        CROSSOVER_RATE,  
        mutationPolicy,  
        MUTATION_RATE,  
        selectionPolicy);  
  
    this.finalPopulation = ga.evolve(this.initialPopulation, this.stopCond);  
    Preconditions.checkNotNull(this.finalPopulation);  
    this.bestFinal = this.finalPopulation.getFittestChromosome();  
}
```

```
public Population getInitialPopulation() { return initialPopulation; }  
public C getBestChromosome() { return (C)bestFinal; }  
public List<C> getBestChormosomes() { ... }
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# 5 Detalles de implementación

- ❑ Para la condición de parada las opciones posibles son:
  - Tiempo transcurrido. Se acaba cuando pase el tiempo indicado.
  - Número de generaciones máximo.
  - Número de soluciones distintas encontradas.
  - Alguna combinación de las anteriores.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# 5. Detalles de implementación

## ❑ Parámetros de configuración del algoritmo genético:

- DIMENSION: Dimensión del cromosoma.
- POPULATION\_SIZE: Tamaño de la población.
- NUM\_GENERATIONS: Número de generaciones.
- ELITISM\_RATE: Tasa de elitismo. El porcentaje especificado de los mejores cromosomas pasa a la siguiente generación sin cambio. Valor usual 0.2.
- CROSSOVER\_RATE: Tasa de cruce. Indica con qué frecuencia se va a realizar el cruce. Si no hay un cruce, la descendencia es copia exacta de los padres. Si hay un cruce, la descendencia está hecha de partes de los cromosomas de los padres. Valores usuales entre 0.8 y 0.95.
- MUTATION\_RATE: Tasa de mutación. Indica con qué frecuencia serán mutados cada uno de los cromosomas. Si no hay mutación, la descendencia se toma

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

cromosomas que participarán en el cruce y mutación. Valor usual 2.

## 6. Conversión PLE -> AG

- ❑ Los problemas de optimización que buscan minimizar una función objetivo se suelen representar como:

$$\min_{x \in \Omega} f(x)$$

- ❑ Donde  $x$  es un vector de  $n$  variables que deben tomar valores dentro de un dominio. Los valores de  $x$  que están dentro del dominio se dice que son valores válidos
- ❑ Los dominios se pueden representar como restricciones de desigualdad, igualdad, o rango:

$$g(x) \leq 0$$

$$h(x) = 0$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 6. Conversión PLE -> AG

- Las restricciones de un problema pueden ser introducidas en la función objetivo. Algunas equivalencias son:

$$\begin{array}{l}
 \min_x f(x) \\
 g_i(x) \leq 0, \quad i = 1, \dots, r \\
 h_j(x) = 0, \quad j = 1, \dots, s \\
 a \leq x \leq b
 \end{array}
 \equiv
 \begin{array}{l}
 \max_x (-f(x) - K(\sum_{i=1}^r (c(g_i(x)))^2 - \sum_{j=1}^s (h_j(x))^2)) \\
 a \leq x \leq b
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \max_x f(x) \\
 g_i(x) \leq 0, \quad i = 1, \dots, r \\
 h_j(x) = 0, \quad j = 1, \dots, s \\
 a \leq x \leq b
 \end{array}
 \equiv
 \begin{array}{l}
 \max_x (f(x) - K(\sum_{i=1}^r (c(g_i(x)))^2 - \sum_{j=1}^s (h_j(x))^2)) \\
 a \leq x \leq b
 \end{array}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## 6. Conversión PLE -> AG

- ❑ Los problemas de maximización pueden transformarse a problemas de minimización de la forma:

$$\max_{x \in \Omega} f(x) = \min_{x \in \Omega} -f(x)$$

- ❑ En los problemas multiobjetivo hay que optimizar simultáneamente varios objetivos:

$$\min_{x \in \Omega} (f_1(x), \dots, f_m(x))$$

- ❑ Puede ser reducido a un problema uniobjetivo de la forma:

$$\min_{x \in \Omega} \sum_{i=1}^m \omega_i f_i(x)$$

# Algoritmos de genéticos

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Curso 2020-2021**

**Cartagena99**

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**