



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

**DETECCIÓN DE FUGAS EN LÍNEAS DE CONDUCCIÓN**

**DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO**

**REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA**

**RAÚL CHÁVEZ CORTÉS**

**DIRECTOR DE TESIS**

**MTD. MARTÍN RUBÉN JIMÉNEZ MAGAÑA**



**MÉXICO 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

<b>Índice</b>	<b>pag.</b>
<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo 1.</b> Funcionamiento hidráulico de líneas de conducción en flujo permanente	2
1.1 Líneas de conducción por gravedad	2
1.1.1 Conducción por medio de canales	2
1.1.2 Conducción por medio de tuberías	2
1.1.3 Líneas de conducción por bombeo	3
1.2 Diseño	3
1.2.1 Materiales	3
1.2.2 Accesorios	3
1.2.2.1 piezas especiales	4
1.2.2.2 Válvulas	4
1.2.2.3 control de transitorios	6
1.2.2.4 Ubicación de válvulas	6
1.3 Presiones	6
1.4 Hidráulica de líneas de conducción	7
1.4.1 Ecuaciones para flujo permanente	7
1.4.2 Gasto de diseño	7
1.4.3 Velocidad de diseño	9
1.4.4 Perdidas por fricción	11
1.4.5 Flujo turbulento	12
1.4.6 Perdidas locales	13
1.4.7 Golpe de ariete	14
1.4.8 Potencia del sistema	15
1.5 Atraques	15

<b>Capítulo 2. Estado del arte</b>	17
2.1 Ondas acústicas	17
2.2 Oscilación de los tubos	18
2.3 Detección de fugas por medio de gases rastreadores	18
2.4 Dispositivos	18
2.4.1 Pre-localizador	18
2.4.2 Geófonos	19
2.4.3 Varillas de escucha	19
2.4.4 Sistema de detecciones distribuidas	20
2.4.5 Correlador	20
2.4.5.1 multicorrelador acústico	21
2.4.6 Localizador digital y medidor de tamaño de fugas	21
2.4.7 Gas de rastreo	21
<b>Capítulo 3. Fundamentos sobre algoritmos genéticos</b>	23
3.1 Reseña histórica	23
3.2 Función y componentes de los Algoritmos genéticos	24
3.3 Algoritmo Genético simple	25
3.4 Tamaño de la Población	26
3.5 Población Inicial	26
3.6 Función Objetivo	26
3.7 Operador de Selección	28
3.8 Codificación	29
3.9 Operador de cruce	30
3.10 Operador de mutación	31
3.11 Convergencia	32
3.12 Reducción	32

<b>Capítulo 4.</b> Implantación del algoritmo genético para localización de fugas en líneas de conducción.	34
4.1 Determinación de la función "X"	34
4.2 Codificación	35
4.3 Implantación de la función "X"	36
4.4 Implantación de la función F(x)	37
4.5 Factor de aptitud	38
4.6 Porcentaje de aptitud	39
4.7 Suma de porcentaje de aptitud	40
4.8 valores aleatorios	41
4.9 Selección	42
4.10 Cruza	43
4.11 Muta	46
4.12 Generaciones	47
<b>Conclusión</b>	48
<b>Bibliografía.</b>	49
<b>Anexo 1</b>	50
<b>Anexo 2</b>	51

## **Introducción**

La humanidad se asentaba en lugares donde hubiera agua, como ríos, lagos, lagunas, etc., posteriormente se fueron presentando asentamientos de poblaciones más alejadas de estos lugares por lo que tuvieron que llevar el agua hacia ellos, una de las maneras más rústicas era por medio de contenedores, como ollas de barro las cuales almacenaban en sus casas, luego se desarrollaron sistemas más complejos como los acueductos que llevaban el agua por avenidas principales hasta un contenedor en donde las personas podían tomar el vital líquido, con el paso del tiempo se realizaron canales de sistema abierto los cuales transportan una gran cantidad de agua hacia un contenedor en donde se llevan a cabo procesos de purificación, para posteriormente suministrarlos a la población en general por medio de conductos cerrados, dígame tuberías de PVC, cobre, plomo, etc..

Los conductos cerrados hacen más eficiente el suministro de agua, pero este sistema de conducción presenta varios defectos si no se les da el mantenimiento adecuado como: sarro en las paredes internas del conducto, taponamiento por tierra o basura que se llegara a introducir en estos, corrosión exterior, fugas, las cuales son un problema muy grande ya que con estas se pierde gran cantidad de agua de hasta el 30% en el transcurso del suministro de esta.

Hace ya varias décadas se vienen implementando y/o desarrollando sistemas para detectar fugas en conductos cerrados, los cuales pueden ser por medio de pre-localizadores tales como hidrófonos, geófonos, varillas de escucha, correladores, gas de rastreo, etc., estos pueden ser utilizados ya sea externa o internamente en el conducto dependiendo del sistema a utilizar.

En este trabajo se presenta la implantación de los AG (algoritmos genéticos) junto con un software de modelación hidráulica para localizar fugas en líneas de conducción. Los AG fueron creados por John Holland, que los desarrolló, junto a sus alumnos y colegas, durante las décadas de 1960 y 1970. El sistema cuenta con varios pasos que son: selección, codificación, cruza, muta, convergencia y reducción, los cuales debemos llevar a cabo para poder llegar a un resultado satisfactorio, los algoritmos presentan un 95% de eficiencia al llevarse a cabo.

---

## **Funcionamiento hidráulico de líneas de conducción en flujo permanente**

Las líneas de conducción hacen referencia al conjunto de tuberías y dispositivos de control cuya función es conducir agua desde la captación hasta la planta potabilizadora o de esta hasta el tanque de regularización.

Dichas líneas deben seguir la topografía del lugar, serán resistentes al cambio de ambiente y desplazamientos del terreno. De estas hay dos tipos las cuales son:

### **1.1 Líneas de conducción por gravedad**

Son aquellas que por las cuales se lleva el agua desde un nivel topográfico más alto hasta uno más bajo por acción de la gravedad, y se calcula con el gasto máximo diario. Esta conducción puede ser de dos tipos:

#### **1.1.1 Conducción por medio de canales**

Lo que caracteriza a un canal abierto o cerrado es que el agua escurre a la presión atmosférica, es decir, que la línea piezométrica coincide con la superficie libre del agua. La elección de este tipo de obra depende, de la disponibilidad de agua en la fuente, del clima, de la topografía, de la constitución geológica del terreno en que se va alojar y debe tener la capacidad suficiente para llevar el gasto máximo diario.

Debido a la naturaleza del escurrimiento y por razones de conservación, las pendientes deben ser pequeñas, por lo que debemos desarrollar un canal que no sobrepase los límites mínimos de velocidad que son; 50 cm/s para no provocar azolves, ni exceda del máximo; tierra arcillosa de 1 a 1.5 m/s, mampostería de 1.5 a 2.5 m/s, concreto de 2.5 a 3.5 m/s, para no causar erosiones.

Los canales usados son de sección trapecial, rectangular y semicircular, siendo la trapecial la más común y práctica, la semicircular la más económica. En sí los canales se revisten de concreto armado, colado in situ, pero pueden ser de mampostería o tierra.

#### **1.1.2 Conducción por medio de tuberías**

Cuando se eligen tuberías estas pueden trabajar como canal o a tubo lleno, es decir, a presión, dependiendo de las características topográficas de la línea.

Si la tubería no está completamente llena el diseño hidráulico se ajustara a las formulas empleadas en canales abiertos y se cuidara asimismo las velocidades mínimas, 50 cm/s (asbesto-cemento, acero galvanizado, fierro fundido, acero, polietileno, etc.).

### 1.1.3 Líneas de conducción por bombeo

Son aquellas por las cuales se lleva el agua desde un nivel topográfico inferior a el punto de entrega superior ayudándonos siempre por un equipo de bombeo, la línea de conducción por bombeo se calcula con el gasto máximo diario y siempre debe hacerse un estudio de diámetro económico ya que en este caso no sólo interviene en la determinación del costo de la obra, los materiales y el equipo sino también en su operación (consumo energético), también debe considerarse los efectos del golpe de ariete.

A veces se establece un sistema combinado de tuberías a presión y canales abiertos, esto dependiendo de las condiciones topográficas del terreno en donde se pretenda instalar dicha línea.

Además se cuenta con accesorios que sirven como protección del equipo de bombeo y de la tubería de conducción contra los efectos del golpe de ariete, se recurre a válvulas aliviadoras de presión, torres de oscilación, pozos de oscilación, cámaras de aire, etc., las cuales semencionaran más adelante.

## 1.2 Diseño

Para diseñar una línea de conducción se deben tomar en cuenta muchas variantes desde la localización de la fuente de abastecimiento y las descargas, el clima, los medios de comunicación del lugar y usos del agua. Así mismo el material a utilizar en la construcción de la línea, los accesorios, la hidráulica de las tuberías.

### 1.2.1 Materiales

Las tuberías que se utilizan para la realización de las líneas varían de acuerdo a la necesidad de esta. Los materiales que comúnmente se utilizan son:

- Acero
- Fierro galvanizado
- Fierro fundido
- Asbesto - cemento
- PVC
- Cobre
- Polietileno de alta calidad

### 1.2.2 Accesorios

Los accesorios pueden ser de diferentes medidas y diseños todo dependiendo del uso que se requiera y así como de la topografía del lugar, por lo cual tenemos:



### 1.2.2.1 Piezas especiales

Son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros. También permiten la inserción de válvulas y la conexión con estaciones de bombeo y otras instalaciones hidráulicas, así, se tienen:

**Juntas:** se utilizan para unir dos tuberías; las de metal pueden ser de varios tipos, por ejemplo, Gibault, Dresser, etc.

**Carretes:** son tubos de pequeña longitud provistos de bridas en los extremos para su unión. Se fabrican de fierro fundido con longitudes de 25, 50, y 75, cm.

**Extremidades:** son tubos de pequeña longitud que se colocan sobre alguna descarga por medio de una brida en uno de sus extremos. Se fabrican en longitudes de 40, 50, y 75 cm. Para materiales de PVC, las extremidades pueden ser campana o espiga.

**Tees:** se utilizan para unir tres conductos en forma de T, donde las tres uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor. En el segundo caso se llama te reducción.

**Cruces:** se utilizan para unir cuatro conductos en forma de cruz, donde las cuatro uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos mayores de igual diámetro y dos menores de igual diámetro. En el segundo caso se llama cruz reducción.

**Codos:** tienen la función de unir dos conductos del mismo diámetro en un cambio de dirección ya sea horizontal o vertical. Los codos pueden tener deflexiones de 22, 45 y 90 grados.

**Reducciones:** se emplean para unir dos tubos de diferente diámetro. En materiales de PVC, las reducciones pueden ser en forma de espiga o de campana.

**Coples:** son pequeños tramos de tubo de PVC o de fibrocemento que se utilizan para unir las espigas de dos conductos del mismo diámetro. Los coples se pueden deslizar libremente sobre el tubo para facilitar la unión de los dos tubos en el caso de una reparación.

**Tapones y tapas:** se colocan en los extremos de un conducto con la función de evitar la salida del flujo. En materiales de PVC, es costumbre llamarlos tapones, pudiendo ser en forma de campana o espiga. En materiales de fierro fundido, se acostumbra llamarlos tapas ciegas o comales.

### 1.2.2.2 Válvulas

Son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías. Pueden ser clasificadas de acuerdo a su función:

**Válvula de seguridad:** sirven para disminuir el incremento de presión asociado al golpe de ariete. Cuando se alcanza una presión  $P_2$  en el conducto de tal manera que la fuerza generada

supera a la resistencia del resorte, la válvula abre totalmente de forma instantánea y permite la salida de un determinado volumen de agua hasta que la presión disminuye y adquiere un valor igual a  $P_1$  cerrando totalmente y también en forma instantánea. Estas válvulas operan totalmente abiertas o totalmente cerradas.

Válvula eliminadora de aire: están diseñadas para que un sistema de bombeo trabaje a la máxima capacidad de flujo calculado. Estas válvulas se deberán instalar en todo punto alto de una línea de conducción con la finalidad de expulsar las pequeñas cantidades de aire que se acumulen durante la operación de dicha línea, sea por bombeo o gravedad.

Válvula de admisión y expulsión de aire: Las válvulas de Admisión y Expulsión de Aire están provistas de un flotador interno y un orificio de venteo del mismo diámetro que el de su entrada para expulsar y admitir las cantidades suficientes de aire al llenar o vaciar un sistema de bombeo.

Cuando un sistema está por ser llenado, el aire que está dentro será sustituido por el líquido a bombear, al irse llenando el sistema las válvulas colocadas en los puntos altos irán cerrando, cuando el nivel del líquido suba el flotador sella éste en el asiento de la válvula y quedará totalmente cerrada.

Las Válvulas de Admisión y Expulsión de Aire abrirán sólo cuando la presión interna se reduzca a un valor negativo.

Válvula de no retorno: sirven para impedir la inversión del flujo en un conducto, generalmente siempre se instalan en la tubería de descarga de una bomba para evitar el flujo en dirección opuesta a la original en los impulsores de ésta, también se instalan en el extremo aguas abajo del conducto que une de un tanque unidireccional con la tubería de descarga de una planta de bombeo.

Es importante destacar que estas válvulas cierran en forma instantánea cuando se presenta la inversión de flujo y en algunos casos, su diseño permite que el cierre sea lento y se lleve a cabo un poco más antes de la inversión, con objeto de reducir la magnitud de la sobrepresión asociada a un cierre instantáneo, pero si por alguna causa una bomba opera en la zona de disipación de energía durante un determinado intervalo de tiempo antes del cierre de la válvula, el aumento de carga será bastante mayor que el producido por cualquier tipo de cierre ya sea lento o instantáneo.

Válvula de seccionamiento o de compuerta: son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tuberías, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos.

Este tipo de válvula funciona con una placa que se mueve verticalmente a través del cuerpo de la válvula en forma perpendicular al flujo. El tipo de válvula de compuerta más empleado es la de vástago saliente. Tiene la ventaja de que el operador puede saber con facilidad si la válvula está abierta o cerrada. Es importante señalar que la válvula de compuerta está destinada propiamente para ser operada cuando se requiera un cierre o apertura total, y no se

recomienda para ser usada como reguladora de gasto debido a que provoca altas pérdidas de carga.

#### 1.2.2.3 Control de transitorios

Torre de oscilación: aseguran la entrada de agua a la tubería al bajar la presión en ésta, y reciben el agua que sale de la tubería al subir la presión. En su parte superior la torre de oscilación está abierta y se comunica directamente con la atmósfera. En un régimen permanente la cota del nivel de agua es igual a la carga piezométrica en la tubería.

Válvulas reguladoras de presión: estas válvulas tiene un funcionamiento semejante a las anteriores (de seguridad, eliminador de aire, admisión y expulsión de aire, seccionamiento, etc.) solo que tanto la apertura como el cierre de las mismas se lleva a cabo mediante la acción de un servomotor, y se caracteriza porque el tiempo de apertura es relativamente pequeño comparado con el de cierre lo cual ocasiona incrementos de presión despreciables en el sistema por causa de esta última maniobra.

Caja rompedora de presión: Son depósitos abiertos a la atmosfera y de volumen relativamente pequeño, cuya función es permitir que el flujo de la tubería se descargue en ésta, eliminando de esta forma la presión hidrostática y estableciendo un nuevo nivel estático aguas abajo.

#### 1.2.2.4 Ubicación de válvulas

En los puntos altos y bajos de la línea de aducción mediante tubería a presión es necesario ubicar respectivamente válvulas de purga de aire y de limpieza. Cada válvula deberá estar protegida con una cámara de inspección accesible dotada de sistema de drenaje.

### 1.3 Presiones

Las líneas de conducción son ductos que siguen la topografía del terreno y trabajan a presión. Al diseñar una línea de conducción, se debe tener en cuenta el cálculo de la línea piezométrica y se debe cuidar que la línea se encuentre siempre por encima del eje de la tubería, evitando así presiones negativas en la línea.

Otro factor muy importante a tomarse en cuenta es la selección de la tubería para la línea de conducción, esta debe soportar la presión más alta que pueda presentarse. Generalmente la presión más alta no se presenta cuando el sistema está en operación, sino cuando la válvula de salida se encuentra cerrada y se desarrollan presiones hidrostáticas. También las presiones pueden elevarse mucho cuando se presenta un golpe de ariete (por cierre de una válvula o porque una bomba deja de funcionar) que genera una sobrepresión.

Se recomienda que la presión estática máxima no sea mayor al 80% de la presión nominal de trabajo de las tuberías a emplearse, debiendo ser compatibles con las presiones de servicio de los accesorios y válvulas a emplearse.

## 1.4 Hidráulica de líneas de conducción

La hidráulica de las tuberías es muy importante ya que de ella obtendremos lo que son los diámetros, las presiones, tipo de material, accesorios, etc., no debemos olvidar que para llevar a cabo el diseño hidráulico debemos de tener ya calculado el gasto requerido para el suministro óptimo del agua.

### 1.4.1 Ecuaciones para flujo permanente

Las ecuaciones fundamentales de la hidráulica que aquí se aplican son dos, la de continuidad y la de energía, que se presentan para el caso de un flujo permanente.

### 1.4.2 Gasto de diseño

Para poder determinar la capacidad de los conductos, es necesario calcular los gastos que por ellos han de fluir. El gasto con el que se diseña la línea de conducción, se obtiene en función del gasto de diseño requerido, así como del gasto disponible que pueden proporcionar las fuentes de abastecimiento.

Es importante conocer los gastos que pueden proporcionar las fuentes de abastecimiento, sus niveles del agua y el tipo de fuente (galería filtrante, manantial, presa, etc.). Para evitar los trabajos de un constante cierre y apertura de válvulas, en una conducción por gravedad, su funcionamiento deberá cubrir las 24 horas del día. Es por ello que al existir una sola descarga, el gasto de ésta es igual al gasto máximo diario.

Tomando en cuenta que el tiempo de funcionamiento es de 24 horas, el gasto faltante se obtiene con:

$$Q = \frac{24}{N} (Q_{md} - Q_{disp.})$$

Conservación de la masa (principio de continuidad)

El principio de de la conservación de la materia o del transporte de la masa permite derivar la primera ecuación fundamental para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido, por unidad de tiempo, es constante. Esta puede calcularse como sigue:

$$P_1 * A_1 * V_1 = P_2 * A_2 * V_1 = Constante \quad \text{Ó} \quad \gamma_1 * A_1 * V_1 = \gamma_2 * A_2 * V_1 = \left(\frac{kg}{seg}\right)$$

Para fluidos incompresibles y para todos los casos prácticos en que  $\gamma_1 = \gamma_2$ , la ecuación se transforma en:

$$Q = A_1 * V_1 = A_2 * V_2 = Constante \left(\frac{m^3}{seg}\right)$$

Segunda ley de Newton (conservación de la energía)

En flujo uniforme, las características del flujo (presión y velocidad media) permanecen constantes en el espacio y en el tiempo. Por consiguiente, es el tipo de flujo más fácil de analizar y sus ecuaciones se utilizan para el diseño de sistemas de tuberías. Como la velocidad no está cambiando, el fluido no está siendo acelerado.

De acuerdo con la segunda ley de Newton establece la relación fundamental entre la resultante de las fuerzas que actúan sobre una partícula y la variación en el tiempo de la cantidad de movimiento. Dependiendo de la forma en cómo se aplique, puede conducir a la ecuación llamada de la energía la cual permite calcular las diferentes transformaciones de la energía mecánica dentro del flujo y las cantidades disipadas en forma de energía calorífica.

La ecuación de la energía, aplicada en los recorridos, expresa que el flujo de agua en tuberías está siempre acompañado de pérdidas de presión debidas a la fricción del agua con las paredes de la tubería; por lo que requiere un análisis especial y detallado. En la Figura 1.4.1, se representa un flujo permanente y uniforme en una sección transversal constante, con lo que las velocidades medias en las secciones 1 y 2, ( $v_1$  y  $v_2$ ), son iguales. Por otro lado, se considera que a lo largo de este movimiento líquido no existen transiciones locales, de manera que las pérdidas menores serán nulas.

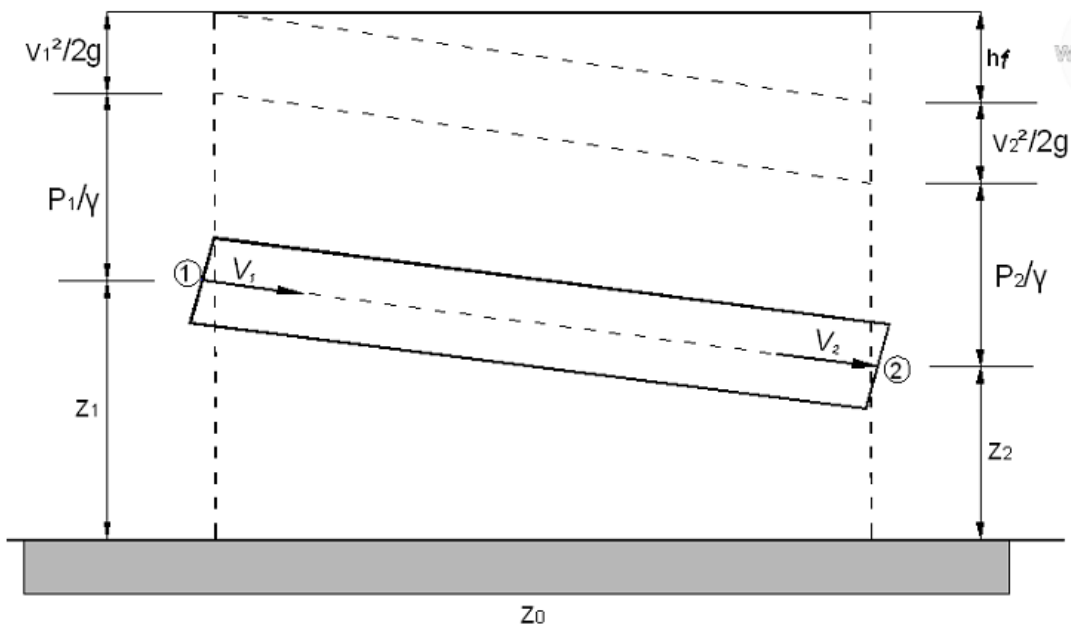


Figura 1.4.1. Flujo permanente, esquema del teorema de Bernoulli

Teniendo en cuenta estas dos consideraciones, la ecuación de la energía entre los puntos 1 y 2, se puede establecer como sigue:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \Sigma h_f$$

Dónde:

$Z_1 =$  Carga de posición (m)

$\frac{V_1}{\gamma} =$  Carga de presión (m)

$\gamma =$  peso específico del fluido  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

$\frac{V_1}{2g} =$  Carga de velocidad (m)

$g =$  aceleración gravitatoria  $\left(\frac{9.81m}{s^2}\right)$

$\sum h_f =$  Son las pérdidas de energía que existen en el recorrido, más las pérdidas locales de energía provocadas por dispositivos como válvulas, codos, reducciones, etc., en m.

#### 1.4.3 Velocidad de diseño

La velocidad media del flujo se puede calcular con las ecuaciones de Hazen Williams y Manning, la cual nos servirá para el cálculo de las pérdidas de energía.

La ecuación de Hazen Williams puede ser satisfactoria ya que puede ser utilizada en cualquier tipo de ducto y material. Sus diámetros de aplicación son de 50 a 3500 mm. La ecuación es la siguiente:

$$V = 0.8494CR^{0.63}S^{0.54} \quad \text{O también:}$$

$$Q = 0.2785CD^{2.63}S^{0.54} \quad V = 0.355CD^{0.63}S^{0.54}$$

En donde:

$V =$  Velocidad  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$R =$  radio hidráulico (m),  $\left[\text{área de la sección entre el perímetro mojado}, \left(\frac{D}{4}\right)\right]$

$S =$  Pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (pérdidas de carga por unidad de longitud del conducto (m/m))

$C =$  coeficiente de rugosidad relativa de Hazen Williams (ver tabla 1.4.1)

Tabla 1.4.1 Valores del coeficiente C de Hazen Williams.

Tubería	Valor de C
Tuberías rectas muy lisas	140
Tuberías de fundición lisas y nuevas	130
Tuberías de fundición usadas y de acero ronoblado nuevas	110
Tuberías de alcantarillado vitrificadas	110
Tuberías de fundición con algunos años de servicio	100
Tuberías de fundición en malas condiciones	80
Tuberías de concreto	120
Tuberías de plástico	150
Tuberías de asbesto – cemento	140

Otra alternativa es la ecuación de Manning, esta es considerada exacta para tuberías de 1m de diámetro, siendo muy fiable para la gama de diámetros comprendidos entre 0.40 y 1.30 m. la formula viene dada por:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

$$V = \text{Velocidad} \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$R = \text{radio hidráulico} \left( \frac{D}{4} \right) [m]$$

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning (ver tabla 1.4.2)

$S$  = Pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (perdidas de carga por unidad de longitud del conducto (m/m))

Además:

$$S = \left( \frac{h_f}{L} \right)$$

Dónde:

$h_f$  = pérdida de carga por fricción (m)

$L$  = longitud de la línea de conducción (m)

Tabla 1.4.2 Valores medidos de  $n$  empleados en la fórmula de Manning.

Tubería	Coefficiente de rugosidad ( $n$ )
Concreto simple hasta 0.45 m de diámetro	0.011
Concreto reforzado de 0.60 m de diámetro o mayor	0.011
Asbesto – cemento	0.010
Acero galvanizado	0.014
Acero sin revestimiento	0.014
Acero con revestimiento	0.011
Polietileno de alta calidad	0.009
PVC (policloruro de vinilo)	0.009

#### Velocidad máxima

En tuberías de impulsión la velocidad no debe exceder los 2 m/s. Cuando existan alturas de carga elevada se utilizaran las velocidades máximas ver tabla 1.4.3.

Tabla 1.4.3 Velocidades máximas recomendadas para el escurrimiento del agua en los distintos tipos de tubería.

Tuberías	Velocidad máxima permisible (m/s)
Concreto simple hasta 0.45 m de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 0.60 m de diámetro o mayor	3.5
Asbesto – cemento	5.0
Acero galvanizado	5.0
Acero sin revestimiento	5.0
Acero con revestimiento	5.0
Polietileno de alta densidad	5.0
PVC (policloruro de vinilo)	5.0

Lo anterior con el objeto de mitigar los efectos del golpe de ariete, y en general cuando sea inminente, se recomienda que las velocidades máximas no superen el rango de 1.2 m/s a 1.5 m/s. la velocidad mínima podrá ser determinada en función de las condiciones de auto limpieza, calidad del agua, etc.

#### 1.4.4 Perdidas por fricción

Las pérdidas por fricción se dan por el roce del agua con las paredes de la tubería debido a la presión y velocidad que esta lleva, para su cálculo se pueden utilizar las ecuaciones de Darcy – Weisbach, Hacen Williams y Manning, de las cuales es más recomendable utilizar la primera, por su carácter general y modelación del fenómeno.



La ecuación de Darcy - Weisbach se expresa:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

f = coeficiente de pérdidas

L y D = longitud y diámetro interior del tubo (m)

V = velocidad media del flujo (m/s)

$h_f$  = pérdida de energía por fricción (m)

#### 1.4.5 Flujo turbulento

Con respecto al flujo turbulento, este se presenta principalmente en ductos del sistema de agua potable, en este régimen de flujo, f depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa  $\epsilon/D$ ; sus valores se pueden obtener aplicando la ecuación de Colebrook - White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{\epsilon}{3.71 D} \right)$$

Donde:

$$Re = \frac{V * D}{\gamma}$$

$\epsilon$  = rugosidad absoluta de la pared interior del tubo (mm)

$\gamma$  = viscosidad cinemática del fluido ( $m^2/s$ )

Se han realizado cambios a la ecuación de Colebrook - White, esto para obtener expresiones explícitas para el cálculo del coeficiente f por lo que tenemos:

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3.71 D} + \frac{G}{Re^T} \right) \right]^2}$$

Donde:

G = 4.555 y T = 0.8764 para  $4000 \leq Re \leq 10^5$

G = 6.732 y T = 0.9104 para  $10^5 \leq Re \leq 3 \times 10^6$

G = 8.982 y T = 0.93 para  $3 \times 10^6 \leq Re \leq 3 \times 10^8$

Ahora, si se sustituye la ecuación anterior en la de Darcy - Weisbach, se tiene:

$$h_f = \frac{0.203L}{gD^5 \left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3.71D} + \frac{G}{Re^T} \right) \right]^2} Q^2$$

Con lo que se calculan las pérdidas de energía por fricción en una conducción con los mismos resultados de las ecuaciones de Darcy - Weisbach y de Colebrook - White.

#### 1.4.6 Perdidas locales

Las perdidas locales se generan primordialmente por accesorios (todos, tees, Válvulas, etc.), normalmente a distancias cortas.

Para calcular las perdidas locales de energía se utiliza la expresión general:

$$h_{acc} = K \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

$K$  = coeficiente de perdida que depende del accesorio a utilizar (ver tabla 1.4.4)

$h_{acc}$  = pérdida de energía (m)

$\frac{v^2}{2g}$  = carga de velocidad, aguas abajo, de la zona de alteración del flujo en m.

Tabla 1.4.4 Valores de k para diferentes accesorios

Accesorios	Coficiente k
1. De depósito a tubería (perdida en la entrada)	
Conexión a ras de la pared	0.50
Tubería entrante	1.0
Conexión abocinada	0.05
2. De tubería a deposito (perdida a la salida)	1.0
3. Contraccion brusca	$K_c$
4. Codos y tees	
Codo de 45°	0.35 a 0.45
Codo de 90°	0.50 a 0.75
Tees	1.50 a 2.0

En el caso de que se produjera una ampliación o ensanchamiento brusco el valor de k sería igual a 1.0 y el valor del número de Reynolds se sustituye por la diferencia de velocidades existente en los tubos aguas arriba y aguas abajo del ensanchamiento, ver tabla 1.4.5.

Tabla 1.4.5 Valores de k para una contracción brusca

D1/D2	Kc
1.20	0.08
1.40	0.17
1.60	0.26
1.80	0.34
2.00	0.37
2.50	0.41
3.00	0.43
4.00	0.45
5.00	0.46

#### 1.4.7 Golpe de ariete

Es un proceso oscilatorio de corta duración que va acompañado por deformaciones elásticas de presión y depresión desplazados a lo largo de una tubería dilatando y contrayendo las paredes de la misma, el golpe de ariete se puede calcular con la ecuación de Allievi:

$$h_i = \frac{145V}{\sqrt{1 + \frac{E_a d}{E_t e}}}$$

$h_i$  = sobrepresión por golpe de ariete (m)

$v$  = velocidad del agua en la tubería ( $\frac{m}{s}$ )

$E_a$  = Modulo de elasticidad del agua ( $\frac{kg}{cm^2}$ )

$E_t$  = modulo de elasticidad del material de la tubería ( $\frac{kg}{cm^2}$ ) (ver tabla 1.4.6)

$d$  = diametro interior de la tubería (cm)

$e$  = espesor de la tubería (cm)

Tabla 1.4.6 Módulos de elasticidad de algunos materiales.

Material	E (kg/cm <sup>2</sup> )
Acero	2.10E+06
Hierro fundido	9.30E+05
Concreto simple	1.25E+05
Asbesto - cemento	3.28E+05
PVC	3.14E+04
Polietileno	5.20E+03
Agua	2.067E+04

Al cerrar instantáneamente o parar el equipó de bombeo, la compresión del agua y expansión de la tubería comienzan en el punto de cierre, transmitiéndose hacia arriba a una velocidad determinada, conocida como velocidad de propagación de la onda de choque. El tiempo requerido para que la onda de presión regrese a la válvula es:

$$T = \frac{2L}{a}$$

Donde:

$L =$  longitud de la tubería (m)

$a =$  Celeridad de la onda de presión ( $\frac{m}{s}$ )

#### 1.4.8 Potencia del sistema

Con la ayuda de la ecuación de Bernoulli se puede obtener la energía del líquido en la unidad de tiempo, es decir su potencia, vale:

$$P = \gamma QH$$

Donde:

$\gamma =$  peso específico del líquido ( $\frac{kg}{m^3}$ )

$H =$  energía total respecto del plano de referencia (m)

$Q =$  gasto en la sección considerada ( $\frac{m^3}{s}$ )

$P =$  potencia del líquido ( $\frac{kgm}{s}$ )

### 1.5 Atraveses

En el diseño de líneas de conducción colocadas sobre soportes, se presentan con frecuencia cambios de dirección tanto horizontal como vertical, los que provocan un desequilibrio

entre las distintas fuerzas actuantes que intentarán desplazar la tubería. A fin de evitar estos posibles desplazamientos, se diseñan atraques especiales, capaces de absorber el desequilibrio de las fuerzas que puedan ocurrir, en cualquier cambio, en el trazo de la tubería. Véase la imagen 1.5.1



Imagen 1.5.1. Atraques de concreto

En tuberías de conducción deben preverse los atraques de seguridad necesarios, ya sea de hormigón (ciclópeo, simple o armado) o metálicos, en los siguientes casos:

- a) En tuberías expuestas a la intemperie que requieran estar apoyadas en soportes, o adosadas a formaciones naturales de rocas (mediante atraques metálicos).
- b) En los cambios de dirección tanto horizontales como verticales de tramos enterrados o expuestos, siempre que el cálculo estructural lo justifique

Los atraques mínimos en sistemas de distribución de agua, se presentan en la Figura.1.5.2

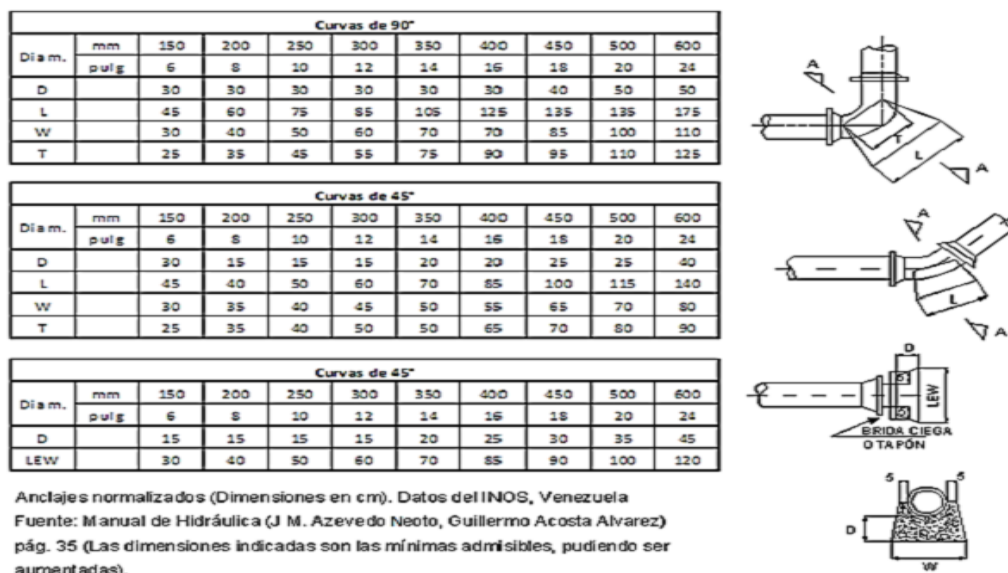


Figura 1.5.2. Atraques mínimos en sistemas de distribución de agua.

---

## Estado del arte

Para poder localizar fugas que no son visibles, los métodos que se utilizan hoy en día son los acústicos y un conocimiento pleno sobre el trazo de la línea de conducción. Para poder utilizar estos métodos se debe tener un conocimiento básico de cómo funciona la propagación de las ondas acústicas y la oscilación en los tubos, también se debe tener un conocimiento técnico de los instrumentos a utilizar.

### 2.1 Ondas acústicas

Cuando el agua se transporta a una cierta presión a través de las líneas de conducción ésta genera ruido el cual posteriormente se convierte en ondas acústicas. Esto debido a la fricción, cambios de dirección, a los cambios de dimensiones, etc., los cuales generan pérdidas de energía que se convierten en sonidos acústicos. Un ejemplo de ello es la descarga de agua desde una fuga la cual genera mucha pérdida de energía local, esto causa una importante reducción de la presión del sistema llevándola hasta cero.

Dependiendo de varios factores, se puede disipar este ruido como ondas acústicas en una larga distancia. Los factores de influencia más importantes son el material, el diámetro, el espesor de la pared, la presión y el terreno circundante de los tubos.

En el caso de las tuberías de metal o de paredes gruesas, la propagación de las ondas es muy buena ya que estas tienen muy baja elasticidad y absorben toda la energía del sonido el cual es transmitido por las paredes de los tubos. Gracias a este efecto se pueden localizar fugas que no son detectadas a simple vista.

La velocidad del sonido depende del material del tubo y la proporción entre diámetro y espesor de la pared. Para los tubos de metal comunes es de alrededor de 1200 m/s. En los tubos plásticos, que son mucho más elásticos, la velocidad del sonido está entre 300 y 600 m/s. La ecuación general para la velocidad del sonido en tubos llenos de agua es la siguiente:

$$v_t = \frac{v_0}{\sqrt{1 + \frac{(E_a D)}{(E_t d)}}}$$

Donde:

$v_t$  = velocidad del sonido en el tubo ( $\frac{m}{s}$ )

$v_0$  = velocidad del sonido en el agua libre en el campo ( $\frac{m}{s}$ )

$E_a$  = modulus de elasticidad del agua ( $M P_a$ )

$E_t$  = modulus de elasticidad del material de los tubos ( $M P_a$ )

D = Diámetro externo del tubo (cm)

d = grosor de la pared del tubo (mm)

## **2.2 Oscilación de los tubos**

El agua que se descarga por el orificio de una fuga no exhibe un flujo constante, sino esporádico. Esto lleva a turbulencias en el extremo de salida, lo cual causa variaciones de presión. La presión variante manifiesta vibración de la tubería y de la tierra circundante. Esta oscilación se transmite a lo largo del tubo como ruido proveniente de la estructura y en el subsuelo circundante como ruido proveniente del terreno.

## **2.3 Detección de fugas por medio de gases rastreadores**

Para la detección de las fugas no solamente se utiliza el método acústico también se pueden usar gases inertes o ligeros como el hidrógeno  $H_2$  o el helio He. Como son las moléculas más pequeñas de la tabla periódica, tienen la capacidad de penetrar la cubierta de tierra de los tubos de suministro de agua, así como el concreto o el asfalto. La detección de esos gases puede hacerse por medio de un sensor microeléctrico.

## **2.4 Dispositivos**

Como se ha mencionado antes, los dispositivos que se utilizan se desarrollaron con el principio de las ondas acústicas, ya que es el único método por el momento que se puede utilizar para detectar y localizar fugas en líneas de conducción, hay que tomar en cuenta que conforme avanza la tecnología se pueden presentar avances y nuevas formas de detectar fugas.

A continuación se presentan algunos dispositivos que se utilizan hoy en día en el mundo.

### **2.4.1 Pre-localizador**

Los registradores de ruidos se utilizan principalmente para la detección de fugas y se basan en un análisis de frecuencia estadística de los niveles registrados de fuga y ruido. Existe dos tipos de registradores: sensores de ruido montados externamente (fonómetros) e hidrófonos instalados internamente. Los sensores de ruido tienen una base magnética que se puede adherir a las válvulas, hidrantes o accesorios. Hoy en día, los acelerómetros son a menudo sensores piezo - cerámicos que muestran un alto grado de sensibilidad.

Los fonómetros suelen ser instrumentos portátiles, manejables con una sola mano. Esta clase de instrumentos están diseñados especialmente para la pre-localización, tanto en exteriores como en interiores.

Tienen una sensibilidad de medición, permitiendo detectar fugas muy débiles en cuanto al ruido generado, pero muy importantes por el largo tiempo que se mantienen ocultas sin ser detectadas, perdiendo grandes volúmenes de agua que pasan inadvertidas por cualquier otro sistema, logrando recuperaciones de caudales inalcanzables por medio de otros equipos.

Un hidrófono es un micrófono que se puede utilizar para escuchar y registrar bajo el agua. Se puede insertar directamente en el tubo para tener contacto directo en el agua y aprovechar la mejor propagación de las ondas acústicas en la columna de agua. El propósito del registrador de datos es almacenar las mediciones de resultados. Se puede (bajar la información) de manera manual o remota. Pudiendo utilizar software amigable al usuario para ilustrar los registros en forma de histogramas.

Está diseñado para ser instalado en campo, contiene un anillo de bloqueo el cual mantiene el adaptador en su lugar, y una válvula de descarga que se acciona para retirar el aire de la cámara del sensor y asegurar la mejor calidad de sonido. La unidad se aprieta en su sitio con una llave estándar.

El sistema consta de sensores de alta tecnología, transmisores compactos y una unidad de interfaz con conexión Bluetooth a PDA / PC para optimizar la versatilidad. El PDA / PC se puede utilizar en cualquier lugar, dentro del rango de Bluetooth, lo que significa que el operador puede trabajar sólo con la PDA/PC, dejando la unidad de interfaz en su vehículo. Cuando el acceso vehicular no es posible, la unidad de interfaz puede ser acomodada al cinturón del operador, para portabilidad total.

Se utilizan para mejorar el rendimiento en situaciones que son tradicionalmente complejas a la hora de buscar fugas, como son las tuberías plásticas o de grandes diámetros.

El resultado de todo esto, es un sistema que combina exactitud y confiabilidad, con facilidad de uso.

#### 2.4.2 Geófonos

El geófono se usa para la pre-localización y localización de las pérdidas de agua. Este equipo está formado por un micrófono que capta y recoge el ruido de la fuga. Este ruido se filtra y se transmite como una señal acústica mediante un micro amperímetro para ser visualizado a través de un display digital el cual, representa el nivel del ruido medido a través de un amplificador para que se pueda escuchar con auriculares. El micrófono está puesto en dos tipos de sondas: sonda de campana y sonda de bastón. Este equipo es ligero y sobre todo se usa para confirmar la posición de fugas subterráneas, que pueden ser oídas a *nivel* de suelo.



Figura. 2.4.2. Funcionamiento de un geófono



### 2.4.3 Varillas de escucha

La varilla de escucha es un compacto y sencillo equipo de bajo costo y mantenimiento, diseñado específicamente para la localización de fugas de agua. Existen dos tipos de varillas de escucha: mecánicas simples o electrónicas amplificadas.

Para la varilla mecánica se requiere de un alto grado de experiencia del usuario para identificar y diferenciar los ruidos de fugas.

Las varillas de escucha electrónicas son más fáciles de usar. Los filtros y las lecturas digitales transforman los ruidos de fuga en sonidos claros. También ofrecen una transformación de sonidos que no pueden escuchar los oídos humanos en señales electrónicas. Esta técnica es importante para los tubos plásticos o los tubos de diámetro más grande.

Esto se consigue mediante la escucha directa en distintos puntos de la red, (válvulas, acometidas, contadores, etc.) o del terreno circundante. La varilla proporciona un sonido claro y natural que permite al operario discriminar fácilmente el sonido de la fuga de otros.

Componentes de las varillas mecánicas: varilla de metal (con cámara de ampliación del sonido), pieza para el oído.

Los componentes adicionales de las varillas electrónicas son micrófono, audífonos, unidad de control.



Figura. 2.4.5.1. Funcionamiento de una varilla de escucha

### 2.4.4 Sistema de detecciones distribuidas

El sistema permite la detección de fugas en redes de abastecimiento mediante la colocación de registradores distribuidos a lo largo de la red. Su diseño permite el uso temporal o permanente con altos rendimientos de detección. Los equipos del sistema registran las

señales acústicas y están dotados con indicadores LED para señalar la presencia de fuga. Opcionalmente los resultados son enviados por SMS a un PC.

#### 2.4.5 Correlador

Se puede describir como el método más sofisticado de los instrumentos de detección acústicos de fugas. No se basa en el nivel de ruido de la fuga, sino en la velocidad con la que el ruido de una fuga viaja a lo largo de un tubo.

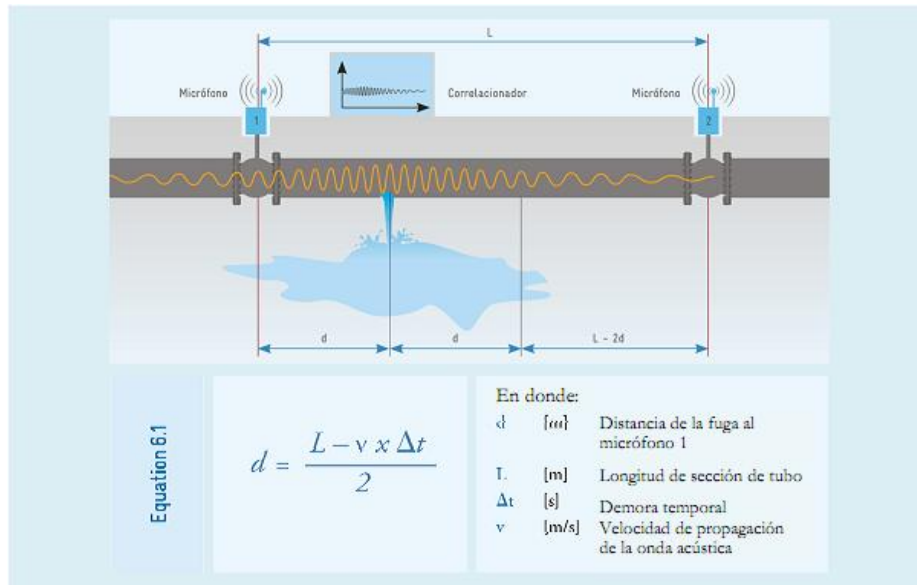


Figura. 2.4.5.1. Funcionamiento de un correlador

Los correladores acústicos permiten la detección precisa de fugas de agua en todo tipo de conducciones. Dotado de sensores especialmente sensibles y un avanzado procesamiento digital de la señal, este arroja resultados satisfactorios hasta en las situaciones más adversas. Opcionalmente el equipo permite la conexión de tres sensores para el cálculo automático de la velocidad de transmisión del sonido en el medio, esta técnica consiste en eliminar muchas de las interferencias que limitan la eficacia de la técnica acústica. Actualmente se usa en diversos países

El correlacionador analiza la estructura del sonido y mide la demora temporal  $\Delta t$  hasta que se registra un ruido de la misma estructura en el mismo micrófono. Como datos básicos, se tiene que conocer la longitud del tubo, su diámetro y su material. Los instrumentos son portátiles y los pueden operar una o dos personas. La precisión del método llega a ser de +/- 2 metros.

##### 2.4.5.1 Multicorrelador acústico

Constituye uno de los equipos de detección y localización de fugas más avanzadas es completamente digital (de 24 bits), el sistema está formado por múltiples registradores y sensores que registran el comportamiento acústico de la red. La combinación de registro de datos y correlación acústica multipunto permite la detección simultánea de varias fugas y su confirmación, incrementando la exactitud y rendimientos de trabajo.

El sonido típico de las fugas es digitalizado en el mismo sensor, lo que lo protege de cualquier degradación de la señal. Adicionalmente, la transmisión de radio también es digital con el fin de asegurar que la calidad de la señal se mantenga hasta el fin del proceso de correlación. La tecnología de radio digital significa que la comunicación en dos vías con la unidad base es posible, permitiendo a los outstations ser controlados y monitorizados en forma remota.

La unidad cuenta con una pantalla a color de alta visibilidad que incluye al software, el que permite la tri-correlación automática para mejorar la precisión de los resultados. Esto permite medición automática de la velocidad, múltiples resultados de correlación para poder confirmar con información cruzada y una mayor distancia de cobertura por correlación.

#### 2.4.6 Localizador digital y medidor de tamaño de fugas

Es un instrumento avanzado para la localización y determinación de la probabilidad y tamaño de la fuga. Permite priorizar los trabajos de reparación, minimizando las pérdidas de agua durante el proceso. La digitalización de la señal confiere alta sensibilidad para la localización de pequeñas roturas

#### 2.4.7 Gas de rastreo

Como los métodos acústicos a menudo no se pueden utilizar en sistemas de suministro intermitente, se debe introducir un método conveniente para esas condiciones. Los gases rastreadores son muy confiables para la ubicación de fugas, pero se usan solamente en casos especiales. Esto se debe al hecho de que toman mucho tiempo y son caros. El uso de gases rastreadores requiere equipamiento especial y pericia y los que llevan a cabo las pruebas son en general contratistas especialistas.

El generador de humo puede ser usado para identificar conexiones deficientes en las instalaciones de tratamientos de agua (agua residual y de lluvia). También puede ser usado para realizar inspecciones de certificación de entrega al realizar conexiones domiciliarias o ante cualquier situación de emergencia.

Funciona con un líquido generador de humo. El humo generado se inyecta a la red usando una turbina. Dos modelos están disponibles: Un modelo grande (para sistemas completos) y un modelo pequeño (para trabajar en conexiones).

Instalado en un sistema de inspección, el modelo grande puede generar hasta 350m<sup>3</sup>/min. El modelo pequeño se instala en la apertura de la conexión y es capaz de generar hasta 210m<sup>3</sup>/min.

---

## **Fundamentos sobre algoritmos genéticos**

Los seres vivos siempre compiten entre sí ya sea por alimento, agua o refugio, de igual manera por conseguir o encontrar un compañero (a) que satisfaga sus necesidades, esto se lleva a cabo para que se pueda dar una combinación de genes, en la cual solamente los más fuertes prevalecerán y tendrán más oportunidad de generar descendientes, mas sin en cambio los más débiles tienen menos oportunidad y por lo tanto no dejaran descendientes suficientes para la supervivencia de sus genes lo que trae consigo la extinción de estos.

De esta manera se genera una población nueva y con mejores características que la anterior, se puede decir que se crea una superespecie, es decir, tiene una mejor adaptabilidad al medio en donde radica, mayor capacidad de supervivencia y dominio de su especie así como de heredar sus genes a las generaciones futuras.

### **3.1 Reseña histórica**

La primera mención del término, y la primera publicación sobre una aplicación de Algoritmos Genéticos, se deben a Bagley (1967), que diseñó algoritmos genéticos para buscar conjuntos de parámetros en funciones de evaluación de juegos, y los comparó con los algoritmos de correlación, procedimientos de aprendizaje modelizados después de los algoritmos de pesos variantes de ese periodo. Pero es otro científico el considerado creador de los Algoritmos Genéticos: John Holland, que los desarrolló, junto a sus alumnos y colegas, durante las décadas de 1960 y 1970.

Fue a principios de los 60, en la Universidad de Michigan en Ann Arbor, donde, dentro del grupo Logic of Computers, sus ideas comenzaron a desarrollarse y a dar frutos. Y fue, además, leyendo un libro escrito por un biólogo evolucionista, R. A. Fisher, titulado "La teoría genética de la selección natural", como comenzó a descubrir los medios de llevar a cabo sus propósitos de comprensión de la naturaleza. De ese libro aprendió que la evolución era una forma de adaptación más potente que el simple aprendizaje, y tomó la decisión de aplicar estas ideas para desarrollar programas bien adaptados para un fin determinado.

En esa universidad, Holland impartía un curso titulado Teoría de sistemas adaptativos. Dentro de este curso, y con una participación activa por parte de sus estudiantes, fue donde se crearon las ideas que más tarde se convertirían en los AG.

Por tanto, cuando Holland se enfrentó a los AG, los objetivos de su investigación fueron dos:

- Imitar los procesos adaptativos de los sistemas naturales, y
- Diseñar sistemas artificiales (normalmente programas) que retengan los mecanismos importantes de los sistemas naturales.

En contraste con las estrategias evolutivas y la programación evolutiva, el propósito original de Holland no era diseñar algoritmos para resolver problemas concretos, sino estudiar, lo

antes mencionado. El libro que Holland escribió en 1975 *Adaptación en Sistemas Naturales y Artificiales* presentaba el algoritmo genético como una abstracción de la evolución biológica, y proporcionaba el entramado teórico para la adaptación bajo el algoritmo genético.

La mayor innovación de Holland fue la de introducir un algoritmo basado en poblaciones con cruces, mutaciones e inversiones. Es más, Holland fue el primero en intentar colocar la computación evolutiva sobre una base teórica firme (Holland, 1975).

Unos 15 años más adelante, David Goldberg, conoció a Holland, y se convirtió en su estudiante. Goldberg era un ingeniero civil trabajando en diseño de tuberías par gas, y fue uno de los primeros que trató de aplicar los AG a problemas industriales. Aunque Holland trató de disuadirle, porque pensaba que el problema era excesivamente complicado como para aplicarle AG, Goldberg consiguió lo que quería, escribiendo un AG en un ordenador personal Apple II. Estas y otras aplicaciones creadas por estudiantes de Holland convirtieron a los AG en un campo con bases suficientemente aceptables como para celebrar la primera conferencia en 1985, ICGA'85.

Durante varias décadas se implementaba la estructura robusta de los AG para solución de problemas. Hasta hace poco la forma de concebirlo ha cambiado, ya que se da una amplia interacción con los investigadores de varios métodos de computación evolutiva, lo que trae en la actualidad un concepto más amplio de lo que son los AG que el que concibió Holland.

### **3.2 Función y componentes de los Algoritmos genéticos**

Los algoritmos genéticos son métodos que se basan en el proceso genético de las especies, los cuales se utilizan para la búsqueda y optimización de soluciones a problemas determinados. Estos funcionan mediante la imitación de la teoría de Darwin, la cual hace referencia a la selección natural, es decir, la supervivencia del fuerte o más apto.

Son una técnica robusta ya que no garantiza una solución óptima, pero puede resolver diferentes tipos de problemas de distintas áreas. Sin embargo si existen métodos para resolver problemas específicos, en estos casos los AG no serían funcionales, pero si se podría dar una combinación entre estos para que se genere una mejora en dicho método.

Como se mencionó anteriormente durante los primeros años el tipo de representación utilizado era siempre binario, debido a que se adapta perfectamente al tipo de operaciones y el tipo de operadores que se utilizan en un AG. Sin embargo, las representaciones binarias no son siempre efectivas por lo que se empezaron a utilizar otro tipo de representaciones.

En general, una representación ha de ser capaz de identificar las características constituyentes de un conjunto de soluciones, de forma que distintas representaciones dan lugar a distintas perspectivas y por tanto distintas soluciones. Podemos considerar tres tipos básicos de representaciones:

Representación binaria: Cada gen es un valor 1 ó 0. (1 0 1 1 0 1)

Representación entera: Cada gen es un valor entero. (1 0 3 -1 0 4)

Representación real: Cada gen es un valor real. (1,78 2,6 7 0 -1,2 6,5)

### 3.3 Algoritmo Genético simple

El AG procesa poblaciones de cromosomas, reemplazando sucesivamente cada población por otra. El algoritmo suele requerir una función de capacidad o potencial que asigna una puntuación a cada cromosoma de la población actual. De este modo, los operadores de cruce y mutación pueden verse como modos de mover una población en el paisaje definido por su función de capacidad, y un algoritmo genético como un método de búsqueda. El Algoritmo Genético simple o canónico se representa en el siguiente esquema.

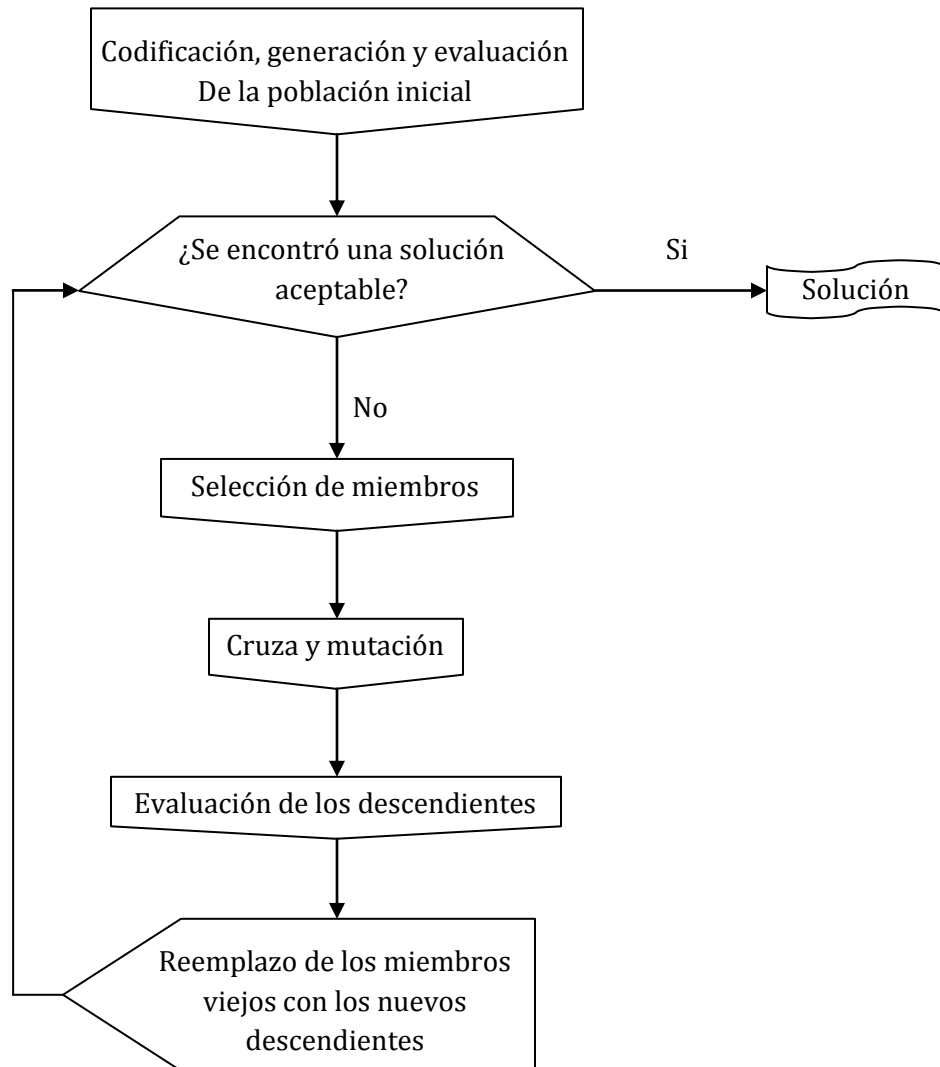


Diagrama del Algoritmo Genético Simple, también conocido como Canónico.

Como se puede observar se necesita una codificación del problema a tratar, la cual debe ser adecuada para el mismo. También se requiere una función de ajuste o adaptación al problema, con lo cual se le asigna un número real a cada posible solución codificada. Durante la ejecución del algoritmo, deben ser seleccionados los padres para la reproducción, posteriormente los padres seleccionados se cruzaran generando dos hijos, en donde actuara un operador de mutación sobre cada hijo. El resultado de la combinación de las funciones anteriores será un conjunto de individuos (posibles soluciones al problema), los cuales en la evolución del AG formaran parte de la siguiente población.

### **3.4 Tamaño de la Población**

Una cuestión que se puede plantear es la relacionada con el tamaño idóneo de la población. Parece intuitivo que las poblaciones pequeñas corren el riesgo de no cubrir adecuadamente el espacio de búsqueda, mientras que el trabajar con poblaciones de gran tamaño puede acarrear problemas relacionados con el excesivo costo computacional. Goldberg efectuó un estudio teórico, obteniendo como conclusión que el tamaño óptimo de la población para ristas de longitud  $l$ , con codificación binaria, crece exponencialmente con el tamaño de la cadena.

Este resultado traería como consecuencia que la aplicabilidad de los AG en problemas reales sería muy limitada, ya que resultarían no competitivos con otros métodos de optimización combinatoria. Alander, basándose en evidencia empírica sugiere que un tamaño de población comprendida entre  $l$  y  $2l$  es suficiente para atacar con éxito los problemas considerados.

### **3.5 Población Inicial**

Habitualmente la población inicial se escoge generando ristas al azar, pudiendo contener cada gen uno de los posibles valores del alfabeto con probabilidad uniforme. Se podría preguntar qué es lo que sucedería si los individuos de la población inicial se obtuviesen como resultado de alguna técnica heurística o de optimización local. En los pocos trabajos que existen sobre este aspecto, se constata que esta inicialización no aleatoria de la población inicial, puede acelerar la convergencia del AG. Sin embargo en algunos casos la desventaja resulta ser la prematura convergencia del algoritmo, queriendo indicar con esto la convergencia hacia óptimos locales.

La población inicial de un AG puede ser creada de muy diversas formas, desde generar aleatoriamente el valor de cada gen para cada individuo, utilizar una función o generar alguna parte de cada individuo y luego aplicar una búsqueda local.

### **3.6 Función Objetivo**

Dos aspectos que resultan cruciales en el comportamiento de los AG son la determinación de una adecuada función de adaptación o función objetivo, así como la codificación utilizada.

Idealmente nos interesaría construir funciones objetivo con “ciertas regularidades”, es decir funciones objetivo para verificar que para dos individuos que se encuentren cercanos en el

espacio de búsqueda, sus respectivos valores en las funciones objetivo sean similares. Por otra parte una dificultad en el comportamiento del AG puede ser la existencia de gran cantidad de óptimos locales, así como el hecho de que el óptimo global se encuentre muy aislado.

La regla general para construir una buena función objetivo es que ésta debe reflejar el valor del individuo de una manera “real”, pero en muchos problemas de optimización combinatoria, donde existe gran cantidad de restricciones, buena parte de los puntos del espacio de búsqueda representan individuos no válidos.

Para este planteamiento en el que los individuos están sometidos a restricciones, se han propuesto varias soluciones. La primera es la que se podría denominar absolutista, en la que aquellos individuos que no verifican las restricciones, no son considerados como tales, y se siguen efectuando cruces y mutaciones hasta obtener individuos válidos, o bien, a dichos individuos se les asigna una función objetivo igual a cero.

Otra posibilidad consiste en reconstruir aquellos individuos que no cumplen las restricciones. Dicha reconstrucción suele llevarse a cabo por medio de un nuevo operador que se acostumbra a denominar reparador.

Otro enfoque está basado en la penalización de la función objetivo. La idea general consiste en dividir la función objetivo del individuo por una cantidad (la penalización) que guarda relación con las restricciones que dicho individuo viola. Dicha cantidad puede simplemente tener en cuenta el número de restricciones violadas ó bien el denominado costo esperado de reconstrucción, es decir el costo asociado a la conversión de dicho individuo en otro que no viole ninguna restricción.

Otra técnica que se ha venido utilizando en el caso de que el cálculo de la función objetivo sea muy compleja es la denominada evaluación aproximada de la función objetivo. En algunos casos la obtención de n funciones objetivo aproximadas puede resultar mejor que la evaluación exacta de una única función objetivo (supuesto el caso de que la evaluación aproximada resulta como mínimo n veces más rápida que la evaluación exacta).

Un problema habitual en las ejecuciones de los AG surge debido a la velocidad con la que el algoritmo converge. En algunos casos la convergencia es muy rápida, lo que suele denominarse convergencia prematura, en la cual el algoritmo converge hacia óptimos locales, mientras que en otros casos el problema es justo el contrario, es decir se produce una convergencia lenta del algoritmo. Una posible solución a estos problemas pasa por efectuar transformaciones en la función objetivo.

El problema de la convergencia prematura, surge a menudo cuando la selección de individuos se realiza de manera proporcional a su función objetivo. En tal caso, pueden existir individuos con una adaptación al problema muy superior al resto, que a medida que avanza el algoritmo “dominan” a la población.

El problema de la lenta convergencia del algoritmo, se resuelve de manera análoga, pero en este caso efectuando una expansión del rango de la función objetivo. La idea de especies de



organismos, ha sido imitada en el diseño de los AG en un método propuesto por Goldberg y Richardson, utilizando una modificación de la función objetivo de cada individuo, de tal manera que individuos que estén muy cercanos entre sí devalúen su función objetivo, con objeto de que la población gane en diversidad.

### **3.7 Operador de Selección**

El operador de Selección es el encargado de transmitir y conservar aquellas características de las soluciones que se consideran valiosas a lo largo de las generaciones. El principal medio para que la información útil se transmita es que aquellos individuos mejor adaptados (mejor valor de función de evaluación) tengan más probabilidades de reproducirse. Sin embargo, es necesario también incluir un factor aleatorio que permita reproducirse a individuos que aunque no estén muy bien adaptados, puedan contener alguna información útil para posteriores generaciones, con el objeto de mantener así también una cierta diversidad en cada población. Algunas de las técnicas de las cuales se dispone son las siguientes:

**Ruleta o Selección Proporcional:** Con este método la probabilidad que tiene un individuo de reproducirse es proporcional a su valor de función de evaluación, es decir, a su adaptación. En este método se define un rango con las características de la selección por sorteo. El número al azar será un número aleatorio forzosamente menor que el tamaño del rango. El elemento escogido será aquel en cuyo rango esté el número resultante de sumar el número aleatorio con el resultado total que sirvió para escoger el elemento anterior. El comportamiento es similar al de una ruleta, donde se define un avance cada tirada a partir de la posición actual.

Esta tiene la ventaja de que no es posible escoger dos veces consecutivas el mismo elemento, y que puede ser forzado a que sea alta la probabilidad de que no sean elementos próximos en la población, esto último no es una ventaja; salvo en algunos operadores genéticos, de tal manera que sería mejor utilizar un método de selección directa basado en la posición relativa de los individuos de la población.

**Selección por Ranking:** Desarrollado por Whitley(1989) consiste en calcular las probabilidades de reproducción atendiendo a la ordenación de la población por el valor de adaptación en vez de atender simplemente a su valor de adecuación. Estas probabilidades se pueden calcular de diversas formas, aunque el método habitual es el ranking lineal (Baker (1985)).

**Selección por Torneo:** Reporta un valor computacional muy bajo debido a su sencillez. Se selecciona un grupo de  $t$  individuos (normalmente  $t = 2$ , torneo binario) y se genera un número aleatorio entre 0 y 1. Si este número es menor que un cierto umbral  $K$  (usualmente 0,75), se selecciona para reproducirse al individuo con mejor adaptación, y si este número es menor que  $K$ , se selecciona, por el contrario, al individuo con peor adaptación. Esta técnica tiene la ventaja de que permite un cierto grado de elitismo el mejor nunca va a morir, y los mejores tienen más probabilidad de reproducirse y de emigrar que los peores pero sin producir una convergencia genética prematura, si la población es, al menos, un orden de magnitud superior al del número de elementos involucrados en el torneo.

### 3.8 Codificación

Cada individuo puede representarse como un conjunto de parámetros (denominados genes), los cuales forman una cadena de valores (referida cromosoma). El alfabeto utilizado por los Algoritmos Genéticos generalmente está constituido por (0,1), pero no necesariamente tiene que ser este.

En términos biológicos el parámetro que representa un cromosoma se denomina fenotipo el cual contiene la información requerida para construir un organismo el cual a su vez se le denomina genotipo. La adaptación del individuo al problema dependerá del genotipo y este puede inferirse a partir del fenotipo, lo que quiere decir que puede ser calculada a partir de un cromosoma, usando la función de evaluación.

La función de adaptación debe ser diseñada para cada problema en específico, es decir, para un cromosoma en particular, la función le asigna un número real el cual refleja el nivel de adaptación al problema del individuo (cromosoma).

Durante el periodo de reproducción se seleccionan individuos de la población para cruzarse y reproducir descendientes, que una vez mutados constituirán la siguiente generación. La selección de los padres es al azar utilizando un procedimiento que favorezca a los individuos mejor adaptados. En este procedimiento los individuos bien adaptados probablemente se escogerán varias veces por generación, mientras los que no están bien adaptados al problema se escogerán unas pocas veces.

Una vez que son seleccionados los padres, sus cromosomas se combinan, utilizando los operadores de cruce y mutación.

### 3.9 Operador de cruce

Se trata de un operador cuya función es el de elegir un lugar, y cambiar las secuencias antes y después de esa posición entre dos cromosomas para crear una nueva descendencia, es decir, imita la recombinación biológica entre dos organismos haploides, véase la figura 3.9.1.

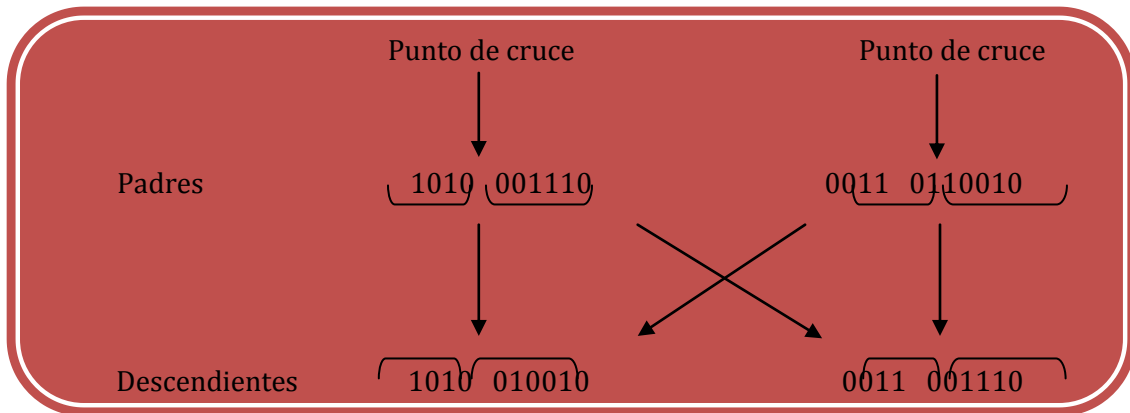


Figura 3.9.1 Operador de cruce basado en un punto

Como se puede observar se escogen dos padres y cortan sus aristas de cromosomas, estos son escogidos al azar, para producir dos subcadenas iniciales y dos finales. Después se intercambian las subcadenas finales, generando dos nuevos cromosomas completos y ambos heredan genes de ambos padres.

Normalmente este operador no se aplica a todos los pares de individuos seleccionados, ya que se lleva a cabo de manera aleatoria, normalmente tiene una probabilidad entre 0.5 y 1.0. En caso de que el operador cruce no se aplique, la descendencia se obtiene simplemente duplicando los padres.

El operador de cruce permite realizar una exploración de toda la información almacenada hasta el momento en la población y combinarla para crear mejores individuos. Dentro de los métodos habituales destacamos los siguientes:

**Cruce de un punto:** Es el método de cruce más sencillo. Se selecciona una posición en las cadenas de los progenitores, y se intercambian los genes a la izquierda de esta posición.

**Cruce de n puntos:** Es una generalización del método anterior. Se seleccionan varias posiciones (n) en las cadenas de los progenitores y se intercambian los genes a ambos lados de estas posiciones.

**Cruce Uniforme:** Se realiza un test aleatorio para decidir de cual de los progenitores se toma cada posición de la cadena.

**Cruces para permutación:** Existe una familia de cruces específicas para los problemas de permutación, siendo algunos de ellos:

- ☞ **Cruce de mapeamiento parcial:** Toma una subsecuencia del genoma del padre y procura preservar el orden absoluto de los fenotipos, es decir, orden y posición en el genoma del resto del genoma lo más parecido posible de la madre.
- ☞ **Cruce de orden:** toma una subsecuencia del genoma del padre y procura preservar el orden relativo de los fenotipos del resto del genoma lo más parecido posible de la madre.
- ☞ **Cruce de ciclo:** Tomamos el primer gen del genoma del padre, poniéndolo en la primera posición del hijo, y el primer gen del genoma de la madre, poniéndolo dentro del genoma del hijo en la posición que ocupe en el genoma del padre. El fenotipo que está en la posición que ocupa el gen del genoma del padre igual al primer gen del genoma de la madre se va a colocar en la posición que ocupe en el genoma del padre, y así hasta rellenar el genoma del hijo.

Es una buena idea que, tanto la codificación como la técnica de cruce, se hagan de manera que las características buenas se hereden; o, al menos, no sea mucho peor que el peor de los padres. En problemas en los que, por ejemplo, la adaptación es función de los pares de genes colaterales, el resultante del cruce uniforme tiene una adaptación completamente aleatoria.

### 3.10 Operador de mutación

Este operador produce variaciones de modo aleatorio en un cromosoma. La mutación puede darse en cada posición de un bit en una cadena, con una probabilidad normalmente muy pequeña, véase figura 3.10.1.



Figura 3.10.1. Operador de mutación

El operador de mutación se aplica individualmente a cada uno de los hijos, consiste en una alteración aleatoria de cada gen componente del cromosoma.

Si bien se admite que el operador de cruce es el responsable de efectuar la búsqueda a lo largo del espacio de posibles soluciones, también parece desprenderse de los experimentos efectuados por varios investigadores que el operador de mutación va ganando en importancia a medida que la población de individuos va convergiendo (Davis). El objetivo del operador de mutación es producir nuevas soluciones a partir de la modificación de un cierto número de genes de una solución existente, con la intención de fomentar la variabilidad dentro de la población.

Existen muy diversas formas de realizar la mutación, desde la más sencilla ( Puntual ), donde cada gen muta aleatoriamente con independencia del resto de genes, hasta configuraciones más complejas donde se tienen en cuenta la estructura del problema y la relación entre los distintos genes.

Schaffer y col. Encuentran que el efecto del cruce en la búsqueda es inferior al que previamente se esperaba. Utilizan la denominada evolución primitiva, en la cual, el proceso evolutivo consta tan sólo de selección y mutación. Encuentran que dicha evolución primitiva supera con creces a una evolución basada exclusivamente en la selección y el cruce.

Otra conclusión de su trabajo es que la determinación del valor óptimo de la probabilidad de mutación es mucho más crucial que el relativo a la probabilidad de cruce. Si bien en la mayoría de las implementaciones de AG se asume que tanto la probabilidad de cruce como la de mutación permanecen constantes, algunos autores han obtenido mejores resultados experimentales modificando la probabilidad de mutación a medida que aumenta el número de iteraciones.

### 3.11 Convergencia

Para criterios prácticos, la definición de convergencia es muy útil en este campo, la cual fue introducida por Jong (1975) en su tesis doctoral.

Si el AG ha sido bien implementado, la población evolucionara a lo largo de las generaciones sucesivas de tal manera que la adaptación media extendida a todos los individuos de la población, así como la adaptación del mejor individuo se irán incrementando hacia el óptimo global. El concepto de convergencia esta relacionado con la progresión hacia la uniformidad: un gen ha convergido cuando al menos el 95 % de los individuos de la población comparten el mismo valor para dicho gen. Se dice que la población converge cuando todos los genes han convergido. Se puede generalizar dicha definición al caso en que al menos un % de los individuos de la población hayan convergido.

### **3.12 Reducción**

Cada vez que se aplica el operador de cruce, nos encontramos con un número de nuevos individuos (la descendencia) que se han de integrar en la población para formar la siguiente generación. Esta operación se puede hacer de diversas formas, pero en general existen tres métodos fundamentales para realizar el reemplazo:

- Cuando el número de individuos llega a un cierto número, se elimina un subconjunto de la población conteniendo a los individuos peor adaptados.
- Cada vez que se crea un nuevo individuo, en la población se elimina el peor adaptado para dejar su lugar a este nuevo individuo.
- Cada vez que se crea un nuevo individuo, en la población se elimina aleatoriamente una solución, independientemente de su adaptación.

En cuanto a el criterio de paro, generalmente viene determinado por criterios a priori sencillos, como un número máximo de generaciones o un tiempo máximo de resolución, o más eficientemente por estrategias relacionadas con indicadores del estado de evolución de la población, como por la pérdida de diversidad dentro de la población o por no haber mejora en un cierto número de iteraciones, siendo por lo general una condición mixta lo más utilizado, es decir, limitar el tiempo de ejecución a un número de iteraciones y tener en cuenta algún indicador del estado de la población para considerar la convergencia antes de alcanzar tal limitación.

Como vemos, los Algoritmos Genéticos difieren de los métodos tradicionales de búsqueda y optimización, en cuatro cuestiones esenciales:

- a) Trabajan con un código del conjunto de parámetros, no con el conjunto mismo (necesitan que el conjunto de parámetros del problema de optimización esté codificado en cadenas finitas sobre un determinado alfabeto). Por trabajar a nivel de código, y no con las funciones y sus variables de control, como los otros métodos, son más difíciles de “engañar”.
- b) Buscan una población de puntos, no un único punto. Manteniendo una población de puntos muestrales bien adaptados, se reduce la probabilidad de caer en una cima falsa (óptimo local).

- c) Emplean la función objetivo, no necesitan derivadas ni otra información complementaria, tan difícil a veces de conseguir. De este modo ganan en eficiencia y en generalidad.
- d) Se valen de reglas de transición estocásticas, no determinista. Los AG se valen de operadores aleatorios para guiar la búsqueda de los mejores puntos; puede parecer extraño, pero la Naturaleza está llena de precedentes al respecto.

## Implantación del algoritmo genético para localización de fugas en líneas de conducción.

Los algoritmos genéticos constan de varios pasos para poder dar una solución a un problema específico, en este caso se utilizara para la detección de fugas en líneas de conducción de conductos cerrados, para poder utilizar este sistema necesitamos los datos del conducto los cuales son: Gasto  $Q=0.020 \text{ m}^3/\text{s}$  Diámetro  $D=200 \text{ mm}$ , rugosidad, longitud  $L=1610 \text{ m}$ , altura piezométrica  $H=118.50$  (ver plano de anexo) y la presión en el nudo de salida  $\gamma=$  variable, una vez teniendo dichos datos procedemos a su implantación.

### 4.1 Determinación de variables

Para poder determinar el valor del gasto ( $Q$ ) y la longitud ( $L$ ) se tienen que realizar los pasos siguientes:

*Gasto ( $Q$ )*

1. Rango, en este caso la variable "X" que se desea representar va de 0 a 20, por lo tanto el rango es 20.
2. Como se requiere la precisión de un decimal, entonces se tiene  $20(10) = 200$
3. Se busca un número que se mayor a 200 por lo que tenemos  $2^7=128 < 200 < 2^8=256$ , con lo consiguiente como  $2^8$  es mayor que 200, se requieren 8 genomas para poder representar el rango de la variable "X".
4. Una vez obtenido el número de genomas necesarios y el rango procedemos a utilizar la ecuación siguiente para obtener el valor de la variable "X". Ver figura.

$$x = 0 + y + \frac{20}{2^8-1} \quad \text{Donde:}$$

$0$  = límite inferior

$20$  = rango

$Y$  = codificación real de la cadena de genomas.

*Longitud ( $L$ )*

1. Rango, en este caso la variable "X" que se desea representar va de 0 a 1610, por lo tanto el rango es 1610
2. Se busca un número que sea mayor a 1610 por lo que tenemos  $2^{10}=1024 < 1610 < 2^{11}= 2048$ , con lo consiguiente como  $2^{11}$  es mayor que 1610, se requieren 11 genomas para poder representar el rango de la variable "X".
3. Una vez obtenido el número de genomas necesarios y el rango procedemos a utilizar la ecuación siguiente para obtener el valor de la variable "X"

$$x = 0 + y + \frac{1610}{2^{11}-1} \quad \text{Donde:}$$

0 = límite inferior

1610 = rango

Y = codificación real de la cadena de genomas.

Solamente se codifican el gasto y la longitud ya que son las variables que se utilizan para poder llevar a cabo los algoritmos genéticos, aplicados a la detección de fugas.

#### 4.2 Codificación

Una vez determinada la función “X”, se procede con la codificación real de genomas tanto para el gasto (Q) como para la longitud (L), la cual obtendremos en base una serie de números aleatorios. Véase tabla 4.1 y 4.2.

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	1	1	1	1	0	0	1	249
2	0	1	1	1	1	1	1	1	127
3	1	0	0	1	0	1	0	1	149
4	1	0	0	0	0	1	0	0	132
5	0	1	1	1	0	1	1	0	118
6	0	1	0	0	1	0	1	0	74
7	0	1	0	1	0	0	0	0	80
8	1	0	0	0	0	0	0	0	128
9	0	0	1	1	0	1	0	0	52
10	0	1	0	1	0	1	0	0	84
11	0	0	0	0	0	1	0	1	5
12	0	0	0	1	1	0	1	0	26
13	0	1	1	1	1	1	1	0	126
14	1	0	0	0	1	1	1	1	143
15	1	0	1	0	0	1	1	0	166
16	0	0	0	0	0	1	0	0	4
17	1	1	0	1	1	0	0	1	217
18	1	0	0	0	0	0	0	0	128
19	0	0	1	1	0	0	1	1	51
20	1	0	0	0	1	0	1	0	138

Tabla 4.1. Codificación de gasto (Q)



INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1774
2	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	684
3	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1387
4	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1912
5	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1426
6	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1464
7	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1254
8	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1656
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	528
10	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1252
11	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	504
12	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1062
13	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	252
14	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	71
15	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1948
16	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1686
17	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1005
18	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	663
19	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	595
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162

Tabla 4.2 Codificación de longitud (L)

### 4.3 Implantación de la función “X”

Una vez obtenida la codificación real de genomas, evaluamos la función “X” (ver ejemplo) determinada anteriormente. Se hará tanto para el gasto (Q) y la longitud (L), los resultados obtenidos serán los valores de estos. Véase tabla 4.3 y 4.4

Ejemplo para el gasto

$$x = 0 + y + \frac{20}{2^8 - 1} = 19.53$$

Ejemplo para la longitud

$$x = 0 + 1774 + \frac{1610}{2^{11} - 1} = 1395.28$$

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	1	1	1	1	0	0	1	249	19.53
2	0	1	1	1	1	1	1	1	127	9.96
3	1	0	0	1	0	1	0	1	149	11.69
4	1	0	0	0	0	1	0	0	132	10.35
5	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9.25
6	0	1	0	0	1	0	1	0	74	5.80
7	0	1	0	1	0	0	0	0	80	6.27
8	1	0	0	0	0	0	0	0	128	10.04
9	0	0	1	1	0	1	0	0	52	4.08
10	0	1	0	1	0	1	0	0	84	6.59
11	0	0	0	0	0	1	0	1	5	0.39
12	0	0	0	1	1	0	1	0	26	2.04
13	0	1	1	1	1	1	1	0	126	9.88
14	1	0	0	0	1	1	1	1	143	11.22
15	1	0	1	0	0	1	1	0	166	13.02
16	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0.31
17	1	1	0	1	1	0	0	1	217	17.02
18	1	0	0	0	0	0	0	0	128	10.04
19	0	0	1	1	0	0	1	1	51	4.00
20	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82

Tabla 4.3 Evaluación de la función "X" para gasto (Q)

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1774	1395.28
2	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	684	537.98
3	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1387	1090.90
4	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1912	1503.82
5	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1426	1121.57
6	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1464	1151.46
7	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1254	986.29
8	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1656	1302.47
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	528	415.28
10	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1252	984.72
11	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	504	396.40
12	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1062	835.28
13	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	252	198.20
14	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	71	55.84
15	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1948	1532.13
16	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1686	1326.07
17	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1005	790.45
18	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	663	521.46
19	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	595	467.98
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.93

Tabla 4.4 Evaluación de la función "X" para longitud (L)

#### 4.4 Implantación de la función F(x)

Se evalúan los valores antes obtenidos del gasto (Q) y la longitud (L), en el cual obtendremos los valores de la presión medida (Pmed.) y la presión obtenida F(x). Véase tabla 4.5.

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED
1	19.5294	1395.2809	12.33	12.99
2	9.9608	537.9775	13.34	12.99
3	11.6863	1090.8989	12.69	12.99
4	10.3529	1503.8202	12.08	12.99
5	9.2549	1121.5730	12.54	12.99
6	5.8039	1151.4607	12.33	12.99
7	6.2745	986.2921	12.50	12.99
8	10.0392	1302.4719	12.34	12.99
9	4.0784	415.2809	12.68	12.99
10	6.5882	984.7191	12.53	12.99
11	0.3922	396.4045	12.02	12.99
12	2.0392	835.2809	12.19	12.99
13	9.8824	198.2022	13.77	12.99
14	11.2157	55.8427	14.14	12.99
15	13.0196	1532.1348	12.06	12.99
16	0.3137	1326.0674	11.95	12.99
17	17.0196	790.4494	13.39	12.99
18	10.0392	521.4607	13.37	12.99
19	4.0000	467.9775	12.64	12.99
20	10.8235	913.9326	12.9	12.99

Tabla 4.5 Evaluación de la función F(x) con valores de gasto (Q) y longitud (L).

#### 4.5 Factor de aptitud

Se obtiene el factor de aptitud (fa) de cada individuo. Esto utilizando la función siguiente:

$$fa = \frac{1}{(P_{med} - F(x))^2} \quad \text{Donde:}$$

$P_{med}$ . = presión medida en campo con un manómetro.

$F(x)$  = presión obtenida en base a EPANET.

Posteriormente se suman los valores obtenidos. Véase tabla 4.6. Esta parte es muy importante ya que es el corazón del método, si la función estuviera mal diseñada no funcionaría para localizar el sitio de fuga,

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD
1	19.5294	1395.2809	12.33	12.99	2.30
2	9.9608	537.9775	13.34	12.99	8.16
3	11.6863	1090.8989	12.69	12.99	11.11
4	10.3529	1503.8202	12.08	12.99	1.21
5	9.2549	1121.5730	12.54	12.99	4.94
6	5.8039	1151.4607	12.33	12.99	2.30
7	6.2745	986.2921	12.50	12.99	4.16
8	10.0392	1302.4719	12.34	12.99	2.37
9	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.41
10	6.5882	984.7191	12.53	12.99	4.73
11	0.3922	396.4045	12.02	12.99	1.06
12	2.0392	835.2809	12.19	12.99	1.56
13	9.8824	198.2022	13.77	12.99	1.64
14	11.2157	55.8427	14.14	12.99	0.76
15	13.0196	1532.1348	12.06	12.99	1.16
16	0.3137	1326.0674	11.95	12.99	0.92
17	17.0196	790.4494	13.39	12.99	6.25
18	10.0392	521.4607	13.37	12.99	6.93
19	4.0000	467.9775	12.64	12.99	8.16
20	10.8235	913.9326	12.9	12.99	123.46
				<b>Σ =</b>	<b>203.58</b>

Tabla 4.6 Obtención del factor de aptitud (fa).

#### 4.6 Porcentaje de aptitud

Con la suma total del factor de aptitud de cada uno de los individuos se divide esta por cada una de las aptitudes obtenidas, esto para obtener el porcentaje de valor de aptitud de cada individuo. Véase tabla 4.7.

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD
1	19.5294	1395.2809	12.33	12.99	2.30	0.0113
2	9.9608	537.9775	13.34	12.99	8.16	0.0401
3	11.6863	1090.8989	12.69	12.99	11.11	0.0546
4	10.3529	1503.8202	12.08	12.99	1.21	0.0059
5	9.2549	1121.5730	12.54	12.99	4.94	0.0243
6	5.8039	1151.4607	12.33	12.99	2.30	0.0113
7	6.2745	986.2921	12.50	12.99	4.16	0.0205
8	10.0392	1302.4719	12.34	12.99	2.37	0.0116
9	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.41	0.0511
10	6.5882	984.7191	12.53	12.99	4.73	0.0232
11	0.3922	396.4045	12.02	12.99	1.06	0.0052
12	2.0392	835.2809	12.19	12.99	1.56	0.0077
13	9.8824	198.2022	13.77	12.99	1.64	0.0081
14	11.2157	55.8427	14.14	12.99	0.76	0.0037
15	13.0196	1532.1348	12.06	12.99	1.16	0.0057
16	0.3137	1326.0674	11.95	12.99	0.92	0.0045
17	17.0196	790.4494	13.39	12.99	6.25	0.0307
18	10.0392	521.4607	13.37	12.99	6.93	0.0340
19	4.0000	467.9775	12.64	12.99	8.16	0.0401
20	10.8235	913.9326	12.9	12.99	123.46	0.6064
				$\Sigma =$	203.58	

Tabla 4.7 Obtención del valor de porcentaje de aptitud.

#### 4.7 Suma de porcentaje de aptitud

Una vez obtenido el porcentaje de aptitud se procede a sumar cada uno de estos de la siguiente forma:

1. El porcentaje del primer individuo se pasa a otra columna con el mismo valor.
2. Al segundo porcentaje se le suma el primero, pero de forma cruzada, es decir con el valor de la otra columna.
3. Al tercer porcentaje se le aplica el mismo procedimiento que al segundo y así sucesivamente, hasta llegar con el último individuo. Véase tabla 4.8
4. Esto se lleva a cabo para corroborar que el porcentaje de aptitud es el correcto, y se puede ver en la suma final ya que el resultado es la unidad.

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES
1	19.5294	1395.2809	12.33	12.99	2.30	0.0113	0.0113
2	9.9608	537.9775	13.34	12.99	8.16	0.0401	0.0514
3	11.6863	1090.8989	12.69	12.99	11.11	0.0546	0.1060
4	10.3529	1503.8202	12.08	12.99	1.21	0.0059	0.1119
5	9.2549	1121.5730	12.54	12.99	4.94	0.0243	0.1361
6	5.8039	1151.4607	12.33	12.99	2.30	0.0113	0.1474
7	6.2745	986.2921	12.50	12.99	4.16	0.0205	0.1679
8	10.0392	1302.4719	12.34	12.99	2.37	0.0116	0.1795
9	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.41	0.0511	0.2306
10	6.5882	984.7191	12.53	12.99	4.73	0.0232	0.2538
11	0.3922	396.4045	12.02	12.99	1.06	0.0052	0.2591
12	2.0392	835.2809	12.19	12.99	1.56	0.0077	0.2667
13	9.8824	198.2022	13.77	12.99	1.64	0.0081	0.2748
14	11.2157	55.8427	14.14	12.99	0.76	0.0037	0.2785
15	13.0196	1532.1348	12.06	12.99	1.16	0.0057	0.2842
16	0.3137	1326.0674	11.95	12.99	0.92	0.0045	0.2887
17	17.0196	790.4494	13.39	12.99	6.25	0.0307	0.3194
18	10.0392	521.4607	13.37	12.99	6.93	0.0340	0.3535
19	4.0000	467.9775	12.64	12.99	8.16	0.0401	0.3936
20	10.8235	913.9326	12.9	12.99	123.46	0.6064	1.0000
					$\Sigma =$	203.58	

Tabla 4.8 Suma del valor de porcentaje de aptitud.

#### 4.8 Valores aleatorios

Después de tener la suma de cada porcentaje de aptitud, se requieren de valores de forma aleatoria para poder llevar a cabo la selección del individuo. Véase tabla 4.9

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1	19.5294	1395.2809	12.33	12.99	2.30	0.0113	0.0113	0.0888
2	9.9608	537.9775	13.34	12.99	8.16	0.0401	0.0514	0.6272
3	11.6863	1090.8989	12.69	12.99	11.11	0.0546	0.1060	0.5257
4	10.3529	1503.8202	12.08	12.99	1.21	0.0059	0.1119	0.9935
5	9.2549	1121.5730	12.54	12.99	4.94	0.0243	0.1361	0.3455
6	5.8039	1151.4607	12.33	12.99	2.30	0.0113	0.1474	0.9680
7	6.2745	986.2921	12.50	12.99	4.16	0.0205	0.1679	0.4398
8	10.0392	1302.4719	12.34	12.99	2.37	0.0116	0.1795	0.1993
9	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.41	0.0511	0.2306	0.4285
10	6.5882	984.7191	12.53	12.99	4.73	0.0232	0.2538	0.2188
11	0.3922	396.4045	12.02	12.99	1.06	0.0052	0.2591	0.1209
12	2.0392	835.2809	12.19	12.99	1.56	0.0077	0.2667	0.9484
13	9.8824	198.2022	13.77	12.99	1.64	0.0081	0.2748	0.1890
14	11.2157	55.8427	14.14	12.99	0.76	0.0037	0.2785	0.2633
15	13.0196	1532.1348	12.06	12.99	1.16	0.0057	0.2842	0.1938
16	0.3137	1326.0674	11.95	12.99	0.92	0.0045	0.2887	0.3224
17	17.0196	790.4494	13.39	12.99	6.25	0.0307	0.3194	0.4477
18	10.0392	521.4607	13.37	12.99	6.93	0.0340	0.3535	0.3634
19	4.0000	467.9775	12.64	12.99	8.16	0.0401	0.3936	0.7700
20	10.8235	913.9326	12.9	12.99	123.46	0.6064	1.0000	0.1667

Tabla 4.9 Obtención de valores aleatorios.

### 4.9 Selección

Con los valores obtenidos de forma aleatoria y con el porcentaje de aptitud se procede con la selección de los individuos de la manera siguiente:

1. El porcentaje del primer individuo se pasa a otra columna con el mismo valor. En dicha columna se presenta un valor aleatorio.
2. Al segundo porcentaje se la suma el primero, pero de forma cruzada, es decir con el valor de la otra columna.
3. Al tercer porcentaje se le aplica el mismo procedimiento que al segundo y así sucesivamente, hasta llegar a un valor mayor al aleatorio, de cada una de las columnas. Véase tabla 4.10.

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																		
				0.08878	0.6272	0.52573	0.99349	0.34545	0.96798	0.43983	0.19928	0.42848	0.21883	0.12093	0.94841	0.18896	0.26334	0.19379	0.32241	0.44772	0.36345	0.76996
1	0.0113	0.0888		0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	0.01128	
2	0.0401	0.6277		0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	0.05138	
3	0.0546	0.5257	3	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	0.10596	
4	0.0059	0.9935		0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	0.11189	
5	0.0243	0.3455	5	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	0.13615	
6	0.0113	0.9680		0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	0.14742	
7	0.0205	0.4398	7	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	0.16788	
8	0.0116	0.1993		0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	0.17951	
9	0.0511	0.4285	9	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	0.23062	
10	0.0232	0.2188		0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	0.25384	
11	0.0052	0.1209		0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	0.25906	
12	0.0077	0.9484	12	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	0.26673	
13	0.0081	0.1890		0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	0.27481	
14	0.0037	0.2633		0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	0.27852	
15	0.0057	0.1938		0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	0.2842	
16	0.0045	0.3224		0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	0.28874	
17	0.0307	0.4477		0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	0.31944	
18	0.0340	0.3634	18	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	0.35346	
19	0.0401	0.7700	19	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	0.39356	
20	0.6064	0.1667	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tabla 4.10 Selección del individuo.



4.10 Cruza

Después de llevar a cabo la selección procedemos con la cruza tanto para el gasto (Q) como para la longitud (L) con el paso siguiente:

- Una probabilidad de cruza de  $P_c = 0.7$ , se genera, por par, un numero aleatorio entre cero y uno, si el numero aleatorio generado es menor a 0.7 los pares de individuos se cruzan, de lo contrario no se cruzan y se replican tal cual en la siguiente generación, después de esto se determina el punto de cruza generando números aleatorios, entre cero y la longitud del cromosoma, este número indicara el punto de cruza. Véase la tabla 4.11 y 4.12

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								$P_c = 0.7$	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
3	1	0	0	1	0	1	0	1	0.81	
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	1	0	1	0	1		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.63	
20	1	0	0	0	1	0	1	0	0.63	8
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.37	
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0.37	3
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	0	0		
									0.79	
20	1	0	0	0	1	0	1	0	0.79	
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.58	
20	1	0	0	0	1	0	1	0	0.58	7
9	0	0	1	1	0	1	0	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	0	1	1	0	1	0	0		
									0.86	
5	0	1	1	1	0	1	1	0	0.86	
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	0	1	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.46	
9	0	0	1	1	0	1	0	0	0.46	6
12	0	0	0	1	1	0	1	0		
	0	0	1	1	0	1	1	0		
	0	0	0	1	1	0	0	0		
									0.94	
9	0	0	1	1	0	1	0	0	0.94	
18	1	0	0	0	0	0	0	0		
	0	0	1	1	0	1	0	0		
	1	0	0	0	0	0	0	0		
									0.76	
20	1	0	0	0	1	0	1	0	0.76	
19	0	0	1	1	0	0	1	1		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	0	1	1	0	0	1	1		
									0.76	
20	1	0	0	0	1	0	1	0	0.76	
7	0	1	0	1	0	0	0	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	0	1	0	0	0	0		

Tabla 4.11 Cruza del gasto (Q).

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												0.14	
3	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1		3
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1		
												0.16	
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		6
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.038	
18	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0		7
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0		
												0.46	
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		4
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.81	
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0		
												0.5	
5	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1		6
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1		
												0.34	
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0		5
12	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1		
	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1		
	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0		
												0.98	
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0		
18	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0		
	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0		
	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0		
												0.78	
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
19	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0		
												0.2	
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		7
7	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1		

Tabla 4.12 Cruza de longitud (L).

### 4.11 Muta

Una vez obtenida la cruza se procede a realizar la muta tanto en para el gasto (Q) como para la longitud (L), de la siguiente manera:

1. Después se selecciona el bit a mutar, ¿Cómo ? ahora se genera un número aleatorio entre cero y la longitud del cromosoma y ese número indicara el bit a mutar
2. La probabilidad de muta **Pm = 0.05**, es baja para que la búsqueda no se vuelva aleatoria, pero es necesaria para mantener la diversidad. Para cada individuo se genera un numero aleatorio entre cero y uno, si el número generado aleatoriamente es menor que 0.05, el individuo será mutado de lo contrario no será mutado. Véase tabla 4.13. y 4.14

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								<b>Pm=0.05</b>	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	0	0	0	1	0	1	0	1	0.04	1
2	1	0	0	0	1	0	1	0	0.87	
3	1	0	0	0	1	0	1	0	0.33	
4	1	0	0	0	1	0	1	0	0.67	
5	1	0	0	0	1	0	1	0	0.93	
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0.45	
7	1	0	0	0	1	0	1	0	0.53	
8	1	0	0	0	1	0	1	0	0.32	
9	1	0	0	0	1	0	1	0	0.89	
10	0	0	1	1	0	1	0	0	0.89	
11	0	1	1	1	0	1	1	0	0.35	
12	1	0	0	0	1	0	1	0	0.25	
13	0	0	1	1	0	1	1	0	0.14	
14	0	0	0	1	1	0	0	0	0.06	
15	0	0	1	1	0	1	0	0	0.24	
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0.13	
17	1	0	0	0	1	0	1	0	0.35	
18	0	0	1	1	0	0	1	1	0.90	
19	1	0	0	0	1	0	1	0	0.59	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0.62	

Tabla 4.13 Muta del gasto (Q).

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.19	
2	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0.21	
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.84	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.36	
5	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0.12	
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0.81	
7	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.24	
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.38	
9	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.46	
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0.35	
11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.02	8
12	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0.60	
13	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0.05	2
14	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0.26	
15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0.70	
16	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0.29	
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.28	
18	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0.64	
19	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.32	
20	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0.08	

Tabla 4.14 Muta de la longitud (L).

#### 4.12 Generaciones

Una vez concluido cada una de los procesos anteriores se repite el mismo hasta un cierto número de generaciones hasta llegar al valor deseado o más próximo. Véase que el algoritmo encontró el punto de fuga. Ver tabla 4.15.

Mejor individuo			
Generaciones	Gasto (m3/seg.)	Longitud (m)	Factor de aptitud (fa)
1	10.82	913.93	123.46
2	9.25	819.55	204.08
3	9.57	819.55	400
4	9.57	819.55	400
5	10.51	813.26	1111.11
6	10.51	813.26	1111.11
7	10.51	813.26	1111.11
8	10.20	813.26	10000
9	10.20	813.26	10000
10	10.20	813.26	10000
11	10.20	813.26	10000
12	10.20	813.26	10000
<b>13</b>	<b>10.20</b>	<b>813.26</b>	<b>10000</b>

Tabla 4.15 tabla resumen.

## **Conclusión**

Los algoritmos genéticos son aplicables a varios tipos de problemas ya sean simples o complejos en distintas áreas de estudio. Como en el caso de detección de fugas en líneas de conducción que el resultado fue satisfactorio, por lo que podemos decir que con este sistema se puede detectar mejor la ubicación de dichas fugas para su posterior reparación y habilitado del ducto, y así disminuir la gran cantidad de agua perdida y/o desperdiciada que se genera con estas.

Cabe mencionar que este trabajo es muy interesante y complejo, debido a que se manejan dos variables distintas tales como el gasto (Q) y la longitud (L) los cuales hacen posible el funcionamiento y/o desarrollo del sistema del algoritmo genético, caso diferente con la de otros trabajos que solamente se desarrollan con una sola variable.

Se puede decir que el sistema es eficiente, confiable, preciso, etc... Este podría utilizarse no solamente en sistemas de conducción de agua sino también en oleoductos de PEMEX, esto para saber en qué punto se están robando (ordeñando) el crudo que produce dicha dependencia. Pero esto con un sistema más completo y complejo ya que el flujo de dicho crudo no es el mismo que el del agua. Además de que esta red de distribución es un poco más extensa.

Por ahora sólo se considera que la fuga está concentrada en un solo nudo pero se puede ampliar la metodología para que se simule la fuga en dos o más.

## **Bibliografía**

Sotelo, A.G. (1981). Hidráulica general, México, D.F.: Limusa.

<http://es.scribd.com/doc/13938949/Capitulo-V-Hidraulica-de-tuberias>

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/43RedesDeDistribucion.pdf>

<http://es.scribd.com/doc/53860666/48/Dispositivos-de-control-de-transitorios>

<http://www.dnk-water.com/es/>

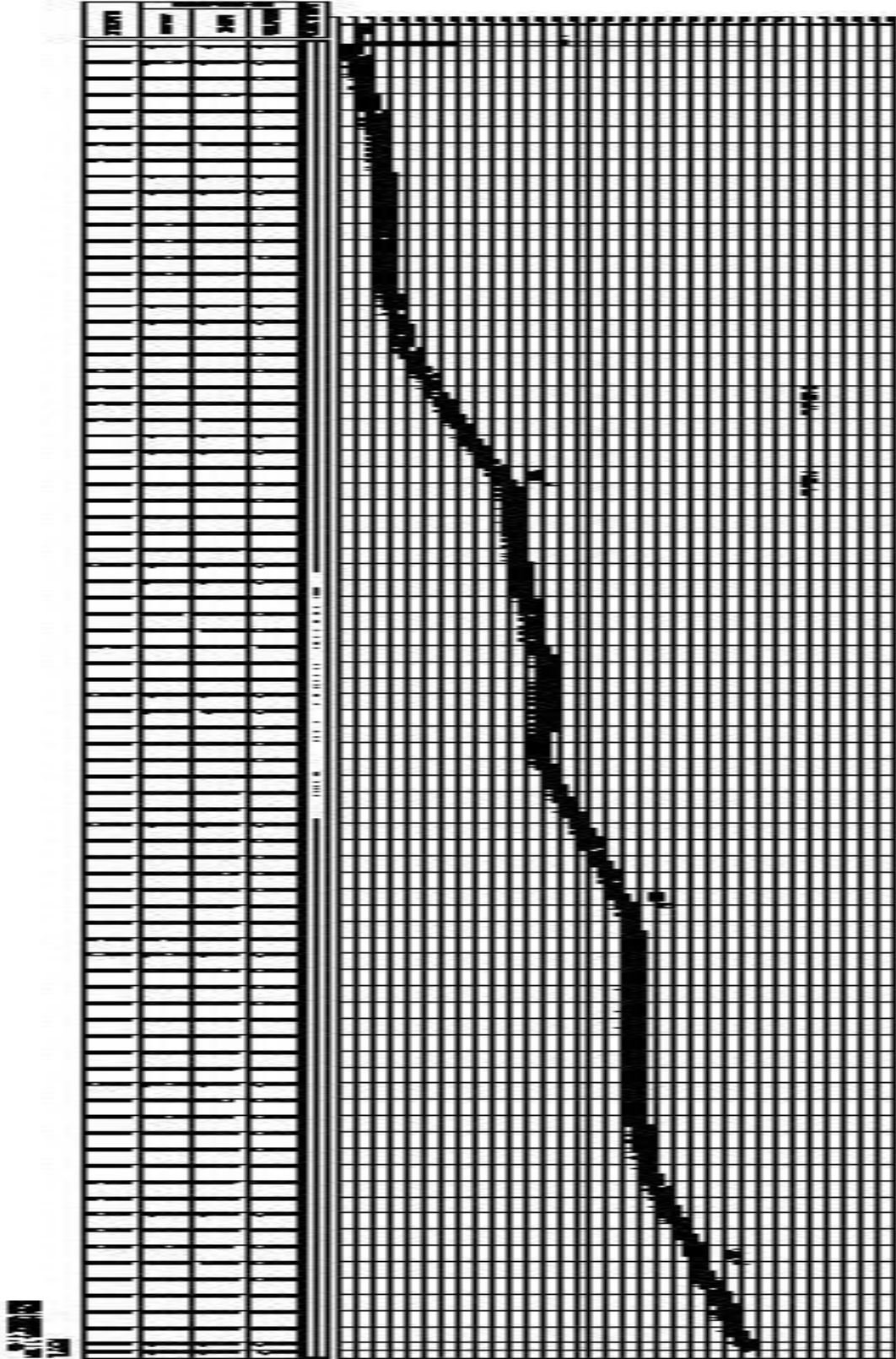
<http://www.mejoras-energeticas.com/deteccion.html>

[http://www.grhidro.com/archivos/grhidro\\_detecciondefugas\\_HL500-5000.pdf](http://www.grhidro.com/archivos/grhidro_detecciondefugas_HL500-5000.pdf)

<http://www.panatec.net/agua/Detectores-Fugas.php>

[http://www.proapac.org/publicaciones/libros/28-11-11/material\\_suplementario/MS%206\\_4%20Metodos%20de%20deteccion%20y%20ubicacion%20de%20fugas.pdf](http://www.proapac.org/publicaciones/libros/28-11-11/material_suplementario/MS%206_4%20Metodos%20de%20deteccion%20y%20ubicacion%20de%20fugas.pdf)

Anexo 1



Anexo 2

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	0	0	0	1	0	1	0	1	21	1.6471
2	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
3	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
4	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
5	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
6	1	0	0	0	0	0	0	0	128	10.0392
7	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
8	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
9	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
10	0	0	1	1	0	1	0	0	52	4.0784
11	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9.2549
12	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
13	0	0	1	1	0	1	1	0	54	4.2353
14	0	0	0	1	1	0	0	0	24	1.8824
15	0	0	1	1	0	1	0	0	52	4.0784
16	1	0	0	0	0	0	0	0	128	10.0392
17	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
18	0	0	1	1	0	0	1	1	51	4.0000
19	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.8235
20	0	1	0	1	0	0	0	0	80	6.2745

Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1163	914.7191
2	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1386	1090.1124
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9326
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9326
5	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1175	924.1573
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	650	511.2360
7	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9326
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9326
9	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9326
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	528	415.2809
11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5506
12	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1418	1115.2809
13	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1074	844.7191
14	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	518	407.4157
15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	528	415.2809
16	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	663	521.4607
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9326
18	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	595	467.9775
19	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9326
20	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1254	986.2921

Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L)



Implementación de la función F(x) y factor de aptitud

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED
1.00	1.6471	914.7191	12.12	12.99
2.00	10.8235	1090.1124	12.66	12.99
3.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99
4.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99
5.00	10.8235	924.1573	12.89	12.99
6.00	10.0392	511.2360	13.38	12.99
7.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99
8.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99
9.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99
10.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99
11.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99
12.00	10.8235	1115.2809	12.62	12.99
13.00	4.2353	844.7191	12.43	12.99
14.00	1.8824	407.4157	12.30	12.99
15.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99
16.00	10.0392	521.4607	13.37	12.99
17.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99
18.00	4.0000	467.9775	12.64	12.99
19.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99
20.00	6.2745	986.2921	12.50	12.99

Evaluación de la función f(x).

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD
1.00	1.6471	914.7191	12.12	12.99	1.3212
2.00	10.8235	1090.1124	12.66	12.99	9.1827
3.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568
4.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568
5.00	10.8235	924.1573	12.89	12.99	100.0000
6.00	10.0392	511.2360	13.38	12.99	6.5746
7.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568
8.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568
9.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568
10.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.4058
11.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99	204.0816
12.00	10.8235	1115.2809	12.62	12.99	7.3046
13.00	4.2353	844.7191	12.43	12.99	3.1888
14.00	1.8824	407.4157	12.30	12.99	2.1004
15.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.4058
16.00	10.0392	521.4607	13.37	12.99	6.9252
17.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568
18.00	4.0000	467.9775	12.64	12.99	8.1633
19.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568
20.00	6.2745	986.2921	12.50	12.99	4.1649
				<b>Σ =</b>	<b>1238.0165</b>

Obtención del factor de aptitud.

Porcentaje y suma de aptitud

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD
1.00	1.6471	914.7191	12.12	12.99	1.3212	0.001067174
2.00	10.8235	1090.1124	12.66	12.99	9.1827	0.007417297
3.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439
4.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439
5.00	10.8235	924.1573	12.89	12.99	100.0000	0.080774365
6.00	10.0392	511.2360	13.38	12.99	6.5746	0.005310609
7.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439
8.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439
9.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439
10.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.4058	0.008405241
11.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99	204.0816	0.164845644
12.00	10.8235	1115.2809	12.62	12.99	7.3046	0.005900246
13.00	4.2353	844.7191	12.43	12.99	3.1888	0.002575713
14.00	1.8824	407.4157	12.30	12.99	2.1004	0.001696584
15.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.4058	0.008405241
16.00	10.0392	521.4607	13.37	12.99	6.9252	0.005593793
17.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439
18.00	4.0000	467.9775	12.64	12.99	8.1633	0.006593826
19.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439
20.00	6.2745	986.2921	12.50	12.99	4.1649	0.003364197
				$\Sigma =$	1238.0165	

Obtención del valor de porcentaje de aptitud

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES
1.00	1.6471	914.7191	12.12	12.99	1.3212	0.001067174	0.001067174
2.00	10.8235	1090.1124	12.66	12.99	9.1827	0.007417297	0.008484471
3.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.108205909
4.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.207927348
5.00	10.8235	924.1573	12.89	12.99	100.0000	0.080774365	0.288701713
6.00	10.0392	511.2360	13.38	12.99	6.5746	0.005310609	0.294012323
7.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.393733761
8.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.4934552
9.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.593176639
10.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.4058	0.008405241	0.60158188
11.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99	204.0816	0.164845644	0.766427523
12.00	10.8235	1115.2809	12.62	12.99	7.3046	0.005900246	0.772327769
13.00	4.2353	844.7191	12.43	12.99	3.1888	0.002575713	0.774903482
14.00	1.8824	407.4157	12.30	12.99	2.1004	0.001696584	0.776600066
15.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.4058	0.008405241	0.785005307
16.00	10.0392	521.4607	13.37	12.99	6.9252	0.005593793	0.7905991
17.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.890320539
18.00	4.0000	467.9775	12.64	12.99	8.1633	0.006593826	0.896914364
19.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.996635803
20.00	6.2745	986.2921	12.50	12.99	4.1649	0.003364197	1

Suma del valor de porcentaje de aptitud

Valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	1.6471	914.7191	12.12	12.99	1.3212	0.001067174	0.001067174	0.4135
2.00	10.8235	1090.1124	12.66	12.99	9.1827	0.007417297	0.008484471	0.2482
3.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.108205909	0.3019
4.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.207927348	0.8741
5.00	10.8235	924.1573	12.89	12.99	100.0000	0.080774365	0.288701713	0.8622
6.00	10.0392	511.2360	13.38	12.99	6.5746	0.005310609	0.294012323	0.8607
7.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.393733761	0.9587
8.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.4934552	0.4571
9.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.593176639	0.1718
10.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.4058	0.008405241	0.60158188	0.0856
11.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99	204.0816	0.164845644	0.766427523	0.2901
12.00	10.8235	1115.2809	12.62	12.99	7.3046	0.005900246	0.772327769	0.9864
13.00	4.2353	844.7191	12.43	12.99	3.1888	0.002575713	0.774903482	0.6393
14.00	1.8824	407.4157	12.30	12.99	2.1004	0.001696584	0.776600066	0.2805
15.00	4.0784	415.2809	12.68	12.99	10.4058	0.008405241	0.785005307	0.3950
16.00	10.0392	521.4607	13.37	12.99	6.9252	0.005593793	0.7905991	0.6538
17.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.890320539	0.1576
18.00	4.0000	467.9775	12.64	12.99	8.1633	0.006593826	0.896914364	0.4907
19.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.099721439	0.996635803	0.2950
20.00	6.2745	986.2921	12.50	12.99	4.1649	0.003364197	1	0.6476

Obtención de valores aleatorios

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																			
				0.4135	0.2482	0.3019	0.8741	0.8622	0.8607	0.9587	0.4571	0.1718	0.0856	0.2901	0.9864	0.6393	0.2805	0.395	0.6538	0.1576	0.4907	0.295	0.6476
1	0.0011	0.4135		0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011		
2	0.0074	0.2482		0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085		
3	0.0997	0.3019	3	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082		
4	0.0997	0.8741	4	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079	0.2079		
5	0.0808	0.8622	5	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887	0.2887		
6	0.0053	0.8607	6	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940	0.2940		
7	0.0997	0.9587	7	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937	0.3937		
8	0.0997	0.4571	8	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935	0.4935		
9	0.0997	0.1718		0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932	0.5932		
10	0.0084	0.0856		0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016	0.6016		
11	0.1648	0.2901	11	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664	0.7664		
12	0.0059	0.9864		0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723	0.7723		
13	0.0026	0.6393		0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749	0.7749		
14	0.0017	0.2805		0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766	0.7766		
15	0.0084	0.3950		0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785		
16	0.0056	0.6538		0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906	0.7906		
17	0.0997	0.1576	17	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903	0.8903		
18	0.0066	0.4907		0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969	0.8969		
19	0.0997	0.2950	19	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966	0.9966		
20	0.0034	0.6476																					

Selección del individuo

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
									0.27	
8	1	0	0	0	1	0	1	0		1
5	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.064	
7	1	0	0	0	1	0	1	0		3
17	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.34	
17	1	0	0	0	1	0	1	0		1
17	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.77	
19	1	0	0	0	1	0	1	0		
8	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.54	
4	1	0	0	0	1	0	1	0		2
3	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.62	
6	1	0	0	0	0	0	0	0		3
19	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	0	0		
	1	0	0	0	0	0	0	0		
									0.095	
11	0	1	1	1	0	1	1	0		7
5	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	0	1	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.4	
8	1	0	0	0	1	0	1	0		4
11	0	1	1	1	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.39	
4	1	0	0	0	1	0	1	0		4
8	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.17	
7	1	0	0	0	1	0	1	0		2
11	0	1	1	1	0	1	1	0		
	1	0	1	1	0	1	1	0		
	0	1	0	0	1	0	1	0		

Cruza del gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												0.81	
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
5	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1		
												0.17	
7	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		9
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.27	
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		6
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.049	
19	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		2
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.65	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		2
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.53	
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0		0
19	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.19	
11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		9
5	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1		
												0.84	
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.86	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.68	
7	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		4
11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1		

Cruza de la longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	1	0	0	0	1	0	1	0	0.92	
2	1	0	0	0	1	0	1	0	0.26	
3	1	0	0	0	1	0	1	0	0.23	
4	1	0	0	0	1	0	1	0	0.57	
5	1	1	0	0	1	0	1	0	0.03	2
6	1	0	0	0	1	0	1	0	0.36	
7	1	0	0	0	1	0	1	0	0.54	
8	1	0	0	0	1	0	1	0	0.92	
9	1	0	0	0	1	0	1	0	0.48	
10	1	0	0	0	1	0	1	0	0.78	
11	1	0	0	0	1	0	1	0	0.78	
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0.50	
13	0	1	1	1	0	1	1	0	0.28	
14	1	0	0	0	0	0	1	0	0.03	5
15	1	0	0	0	0	1	1	0	0.33	
16	0	1	1	1	1	0	1	0	0.90	
17	1	0	0	0	1	0	1	0	0.56	
18	1	0	0	0	1	0	1	0	0.87	
19	1	0	1	1	0	1	1	0	0.09	
20	0	1	0	0	1	0	1	0	0.71	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.96	
2	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0.92	
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.71	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.97	
5	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.65	
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.12	
7	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.78	
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.15	
9	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0.00	7
10	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.02	4
11	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0.55	
12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.31	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.30	
14	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0.77	
15	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.52	
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.41	
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.97	
18	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.06	
19	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0.42	
20	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.34	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
2	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
3	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
4	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
5	1	1	0	0	1	0	1	0	202	15.84313725
6	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
7	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
8	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
9	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
10	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
11	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
12	1	0	0	0	0	0	0	0	128	10.03921569
13	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9.254901961
14	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
15	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
16	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
17	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
18	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
19	1	0	1	1	0	1	1	0	182	14.2745098
20	0	1	0	0	1	0	1	0	74	5.803921569

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
2	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1175	924.1573034
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
5	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
7	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
9	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1226	964.2696629
10	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1154	907.6404494
11	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	650	511.2359551
12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
14	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1175	924.1573034
15	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
18	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
19	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1050	825.8426966
20	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1154	907.6404494

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L)**

Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO	
1.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.05757347	0.057573468	0.6485	
2.00	10.8235	924.1573	12.89	12.99	100.0000	0.04663451	0.104207978	0.2847	
3.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.05757347	0.161781446	0.3508	
4.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.05757347	0.219354915	0.2269	
5.00	15.8431	913.9326	13.14	12.99	44.4444	0.02072645	0.240081364	0.5108	
6.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.05757347	0.297654832	0.1655	
7.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.05757347	0.3552283	0.5578	
8.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.05757347	0.412801769	0.9534	
9.00	10.8235	964.2697	12.83	12.99	39.0625	0.01821661	0.431018374	0.5456	
10.00	10.8235	907.6404	12.91	12.99	156.2500	0.07286642	0.503884795	0.9978	
11.00	10.8235	511.2360	13.46	12.99	4.5269	0.00211111	0.505995909	0.0075	
12.00	10.0392	913.9326	12.85	12.99	51.0204	0.02379312	0.529789026	0.8549	
13.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99	204.0816	0.09517247	0.624961495	0.2207	
14.00	10.1961	924.1573	12.85	12.99	51.0204	0.02379312	0.648754612	0.6217	
15.00	10.5098	913.9326	12.88	12.99	82.6446	0.03854092	0.687295529	0.6200	
16.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.18653804	0.873833566	0.1082	
17.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.05757347	0.931407035	0.6523	
18.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.05757347	0.988980503	0.8101	
19.00	14.2745	825.8427	13.22	12.99	18.9036	0.0088156	0.997796101	0.5513	
20.00	5.8039	907.6404	12.53	12.99	4.7259	0.0022039	1	0.0278	
				<b>Σ = 2144.33477</b>					

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios.

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																		
				0.6485	0.2847	0.3508	0.2269	0.5108	0.1655	0.5578	0.9534	0.5456	0.9978	0.0075	0.8549	0.2207	0.6217	0.6200	0.1082	0.6523	0.8101	0.5513
1	0.0576	0.6485	1	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576
2	0.0466	0.2847		0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042	0.1042
3	0.0576	0.3508	3	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618
4	0.0576	0.2269	4	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194	0.2194
5	0.0207	0.5108	5	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401
6	0.0576	0.1655	6	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977	0.2977
7	0.0576	0.5578	7	0.3552		0.3552		0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552	0.3552
8	0.0576	0.9534		0.4128				0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128	0.4128
9	0.0182	0.5456		0.4310				0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310	0.4310
10	0.0729	0.9978		0.5039				0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039	0.5039
11	0.0021	0.0075		0.5060				0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060	0.5060
12	0.0238	0.8549	12	0.5298				0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298	0.5298
13	0.0952	0.2207	13	0.6250					0.6250	0.625	0.6250	0.625	0.625	0.625	0.6250	0.6250	0.625	0.625	0.625	0.625	0.6250	0.6250
14	0.0238	0.6217	14	0.6488						0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488
15	0.0385	0.6200	15							0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873	0.6873
16	0.1865	0.1082	16							0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738	0.8738
17	0.0576	0.6523								0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314
18	0.0576	0.8101	18							0.9890	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989
19	0.0088	0.5513									0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978
20	0.0022	0.0278	20									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Selección del individuo



Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
									0.67	
14	1	0	0	0	0	0	1	0		1
6	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.19	
7	1	0	0	0	1	0	1	0		4
5	1	1	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	1	0	0	1	0	1	0		
									0.2	
12	1	0	0	0	0	0	0	0		6
4	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	0	0		
									0.96	
13	0	1	1	1	0	1	1	0		
18	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	0	1	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.4	
13	0	1	1	1	0	1	1	0		4
20	0	1	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	0	0	0	1	1	0		
									0.93	
1	1	0	0	0	1	0	1	0		
16	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.65	
5	1	1	0	0	1	0	1	0		7
13	0	1	1	1	0	1	1	0		
	1	1	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	0	1	1	0		
									0.021	
13	0	1	1	1	0	1	1	0		1
3	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	0	0	0	1	0	1	0		
	1	1	1	1	0	1	1	0		
									0.79	
15	1	0	0	0	0	1	1	0		
16	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.42	
13	0	1	1	1	0	1	1	0		4
1	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		

Cruza del gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7 No. ALEATORIO	PUNTO DE CRUZA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
													0.35	
14	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1		5	
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
													0.8	
7	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
5	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
													0.077	
12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		8	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
													0.85	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
18	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
													0.098	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		8	
20	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1			
													0.71	
1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
													0.51	
5	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		9	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
													0.87	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
													0.65	
15	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		9	
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
													0.61	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		9	
1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			

Cruza de la longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	1	0	0	0	1	0	1	0	0.13	
2	1	0	0	0	0	0	1	0	0.37	
3	1	0	0	0	1	0	1	0	0.95	
4	1	1	0	0	1	0	1	0	0.33	
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0.61	
6	1	0	0	0	1	0	0	0	0.32	
7	0	1	1	1	0	1	1	0	0.46	
8	1	0	0	0	1	0	1	0	0.50	
9	0	1	1	1	1	0	1	0	0.74	
10	0	1	0	0	0	1	1	0	0.46	
11	1	0	0	0	1	0	1	0	0.40	
12	0	1	1	1	1	0	1	0	0.17	
13	1	1	0	0	1	0	1	0	0.69	
14	0	1	1	1	0	1	1	0	0.29	
15	0	0	0	0	1	0	1	0	0.24	
16	1	1	1	1	0	1	1	0	0.07	
17	1	0	0	0	0	1	1	0	0.63	
18	0	1	1	1	1	0	1	0	0.31	
19	0	1	1	1	1	0	1	0	0.20	
20	1	0	0	0	0	1	1	0	0.79	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0.35	
2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.81	
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.19	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.86	
5	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.42	
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.71	
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.98	
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.61	
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.93	
10	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.15	
11	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.96	
12	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.43	
13	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.16	
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.06	
15	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.63	
16	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.32	
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.17	
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.56	
19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.20	
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.14	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
2	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
3	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
4	1	1	0	0	1	0	1	0	202	15.84313725
5	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
6	1	0	0	0	1	0	0	0	136	10.66666667
7	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9.254901961
8	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
9	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
10	0	1	0	0	0	1	1	0	70	5.490196078
11	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
12	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
13	1	1	0	0	1	0	1	0	202	15.84313725
14	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9.254901961
15	0	0	0	0	1	0	1	0	10	0.784313725
16	1	1	1	1	0	1	1	0	246	19.29411765
17	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
18	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
19	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
20	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1175	924.1573034
2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
5	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
8	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
10	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1154	907.6404494
11	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
12	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
13	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
15	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
16	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L)**

Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	10.8235	924.1573	12.89	12.99	100.0000	0.03480582	0.034805819	0.6743
2.00	10.1961	913.9326	12.86	12.99	59.1716	0.02059516	0.055400978	0.2878
3.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.04297015	0.098371125	0.4924
4.00	15.8431	913.9326	13.14	12.99	44.4444	0.01546925	0.113840378	0.1096
5.00	10.1961	913.9326	12.86	12.99	59.1716	0.02059516	0.134435537	0.9481
6.00	10.6667	913.9326	12.89	12.99	100.0000	0.03480582	0.169241356	0.6650
7.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99	204.0816	0.07103228	0.240273639	0.7779
8.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.04297015	0.283243786	0.3829
9.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.13922328	0.422467061	0.1056
10.00	5.4902	907.6404	12.51	12.99	4.3403	0.00151067	0.423977731	0.0536
11.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.04297015	0.466947877	0.8122
12.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.13922328	0.606171153	0.9991
13.00	15.8431	913.9326	13.14	12.99	44.4444	0.01546925	0.621640406	0.7827
14.00	9.2549	819.5506	12.89	12.99	100.0000	0.03480582	0.656446225	0.4705
15.00	0.7843	819.5506	12.04	12.99	1.1080	0.00038566	0.656831885	0.4910
16.00	19.2941	913.9326	13.21	12.99	20.6612	0.00719128	0.66402317	0.9383
17.00	10.5098	913.9326	12.88	12.99	82.6446	0.02876514	0.692788309	0.0619
18.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.13922328	0.832011585	0.3407
19.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.13922328	0.97123486	0.8086
20.00	10.5098	913.9326	12.88	12.99	82.6446	0.02876514	1	0.8895
				<b>Σ = 2873.08281</b>				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios.

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																		
				0.6743	0.2878	0.4924	0.1096	0.9481	0.665	0.7779	0.3829	0.1056	0.0536	0.8122	0.9991	0.7827	0.4705	0.4910	0.9383	0.0619	0.3407	0.8086
1	0.0348	0.6743		0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	0.0348	
2	0.0206	0.2878	2	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	
3	0.0430	0.4924	3	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	0.0984	
4	0.0155	0.1096	4	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	0.1138	
5	0.0206	0.9481		0.1344	0.1344	0.1344		0.1344	0.1344	0.1344	0.1344		0.1344	0.1344	0.1344	0.1344	0.1344	0.1344	0.1344	0.1344	0.1344	
6	0.0348	0.6650		0.1692	0.1692	0.1692		0.1692	0.1692	0.1692	0.1692		0.1692	0.1692	0.1692	0.1692	0.1692	0.1692	0.1692	0.1692	0.1692	
7	0.0710	0.7779		0.2403	0.2403	0.2403		0.2403	0.2403	0.2403	0.2403		0.2403	0.2403	0.2403	0.2403	0.2403	0.2403	0.2403	0.2403	0.2403	
8	0.0430	0.3829		0.2832	0.2832	0.2832		0.2832	0.2832	0.2832	0.2832		0.2832	0.2832	0.2832	0.2832	0.2832	0.2832	0.2832	0.2832	0.2832	
9	0.1392	0.1056	9	0.4225	0.4225	0.4225		0.4225	0.4225	0.4225	0.4225		0.4225	0.4225	0.4225	0.4225	0.4225	0.4225	0.4225	0.4225	0.4225	
10	0.0015	0.0536		0.424		0.424		0.424	0.424	0.424			0.424	0.424	0.424	0.424	0.424			0.424	0.424	
11	0.0430	0.8122		0.4669		0.4669		0.4669	0.4669	0.4669			0.4669	0.4669	0.4669	0.4669	0.4669			0.4669	0.4669	
12	0.1392	0.9991	12	0.6062		0.6062		0.6062	0.6062	0.6062			0.6062	0.6062	0.6062	0.6062	0.6062			0.6062	0.6062	
13	0.0155	0.7827		0.6216				0.6216	0.6216	0.6216			0.6216	0.6216	0.6216					0.6216	0.6216	
14	0.0348	0.4705		0.6564				0.6564	0.6564	0.6564			0.6564	0.6564	0.6564					0.6564	0.6564	
15	0.0004	0.4910		0.6568				0.6568	0.6568	0.6568			0.6568	0.6568	0.6568					0.6568	0.6568	
16	0.0072	0.9383		0.6640				0.6640	0.664	0.664			0.6640	0.664	0.664					0.664	0.6640	
17	0.0288	0.0619	17	0.6928				0.6928	0.6928	0.6928			0.6928	0.6928	0.6928					0.6928	0.6928	
18	0.1392	0.3407	18					0.8320	0.832				0.8320	0.832	0.832					0.832	0.8320	
19	0.1392	0.8086	19					0.9712					0.9712							0.9712	0.9712	
20	0.0288	0.8895	20										1									

Selección del individuo

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
									0.95	
17	1	0	0	0	0	1	1	0		
9	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.98	
12	0	1	1	1	1	0	1	0		
4	1	1	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	1	0	0	1	0	1	0		
									0.96	
19	0	1	1	1	1	0	1	0		
17	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.90	
18	0	1	1	1	1	0	1	0		
9	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.80	
4	1	1	0	0	1	0	1	0		
2	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	1	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.84	
18	0	1	1	1	1	0	1	0		
20	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.55	
18	0	1	1	1	1	0	1	0		5
12	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.51	
12	0	1	1	1	1	0	1	0		7
19	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.81	
3	1	0	0	0	1	0	1	0		
9	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.64	
18	0	1	1	1	1	0	1	0		4
19	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		

Cruza del gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7 No. ALEATORIO	PUNTO DE CRUZA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
													0.47	
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		6	
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1			
													0.58	
12	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		5	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1			
													0.54	
19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		8	
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
													0.33	
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		1	
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
													0.40	
4	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		7	
2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
													0.89	
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
20	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
													0.90	
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
12	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
													0.47	
12	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		5	
19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
													0.87	
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
													0.79	
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1			

Cruza de la longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0.0645	
2	0	1	1	1	1	0	1	0	0.3095	
3	0	1	1	1	1	1	1	0	0.0448	6
4	1	1	0	0	1	0	1	0	0.1361	
5	0	1	1	1	1	0	1	0	0.7029	
6	1	0	0	0	0	1	1	0	0.8849	
7	0	1	1	1	1	0	1	0	0.3822	
8	0	1	1	1	1	0	1	0	0.5529	
9	1	1	1	0	1	0	1	0	0.0171	3
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0.2595	
11	1	1	1	1	1	0	1	0	0.0316	1
12	1	0	0	0	0	1	1	0	0.1286	
13	0	1	1	1	1	0	1	0	0.3038	
14	0	1	1	1	1	0	1	0	0.1102	
15	0	1	1	1	1	0	1	0	0.7801	
16	0	1	1	1	1	0	1	0	0.5594	
17	1	0	0	0	1	0	1	0	0.3584	
18	0	1	1	1	1	0	1	0	0.0799	
19	0	1	1	1	1	0	1	0	0.3983	
20	0	1	1	1	1	0	1	0	0.4767	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2396	
2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0.5305	
3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0.5481	
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1222	
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.1335	
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.3972	
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.5043	
8	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.7463	
9	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.9686	
10	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.5601	
11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.4034	
12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.5471	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.4477	
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.6140	
15	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.6716	
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.9833	
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.3378	
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.7391	
19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.5663	
20	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.2569	

Muta de la longitud (L)



**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
2	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
3	0	1	1	1	1	1	1	0	126	9.882352941
4	1	1	0	0	1	0	1	0	202	15.84313725
5	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
6	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
7	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
8	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
9	1	1	1	0	1	0	1	0	234	18.35294118
10	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
11	1	1	1	1	1	0	1	0	250	19.60784314
12	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
13	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
14	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
15	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
16	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
17	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
18	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
19	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
20	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451

Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1170	920.2247191
3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1170	920.2247191
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
6	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
8	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
9	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
10	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
11	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
15	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
18	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
19	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
20	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618

Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L)

Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.19743905	0.197439052	0.5908
2.00	9.5686	920.2247	12.81	12.99	30.8642	0.00548442	0.20292347	0.1667
3.00	9.8824	920.2247	12.83	12.99	39.0625	0.00694122	0.209864687	0.1748
4.00	15.8431	813.2584	13.31	12.99	9.7656	0.0017353	0.211599991	0.2327
5.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.28267805	0.2164
6.00	10.5098	913.9326	12.88	12.99	82.6446	0.01468555	0.297363599	0.5150
7.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.368441658	0.1719
8.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.439519717	0.0503
9.00	18.3529	913.9326	12.88	12.99	82.6446	0.01468555	0.454205266	0.9537
10.00	10.1961	913.9326	12.86	12.99	59.1716	0.01051451	0.464719772	0.5790
11.00	19.6078	819.5506	13.39	12.99	6.2500	0.00111059	0.465830367	0.1639
12.00	10.5098	913.9326	12.88	12.99	82.6446	0.01468555	0.480515916	0.4791
13.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.551593975	0.0336
14.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.622672034	0.0345
15.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.693750092	0.6211
16.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.764828151	0.7021
17.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.02193767	0.786765824	0.3879
18.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.857843882	0.1353
19.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	0.928921941	0.7691
20.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.07107806	1	0.3479
				$\Sigma = 5627.61571$				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																		
				0.5908	0.1667	0.1748	0.2327	0.2164	0.5150	0.1719	0.0503	0.9537	0.579	0.1639	0.4791	0.0336	0.0345	0.6211	0.7021	0.3879	0.1353	0.7691
1	0.1974	0.5908	1	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974	
2	0.0055	0.1667		0.2029		0.2029	0.2029	0.2029		0.2029	0.2029	0.2029		0.2029		0.2029	0.2029	0.2029		0.2029	0.2029	
3	0.0069	0.1748		0.2099		0.2099	0.2099	0.2099		0.2099	0.2099	0.2099		0.2099		0.2099	0.2099	0.2099		0.2099	0.2099	
4	0.0017	0.2327		0.2116		0.2116	0.2116	0.2116		0.2116	0.2116	0.2116		0.2116		0.2116	0.2116	0.2116		0.2116	0.2116	
5	0.0711	0.2164	5	0.2827		0.2827	0.2827	0.2827		0.2827	0.2827	0.2827		0.2827		0.2827	0.2827	0.2827		0.2827	0.2827	
6	0.0147	0.5150		0.2974			0.2974	0.2974		0.2974	0.2974	0.2974		0.2974		0.2974	0.2974	0.2974		0.2974	0.2974	
7	0.0711	0.1719	7	0.3684			0.3684	0.3684		0.3684	0.3684	0.3684		0.3684		0.3684	0.3684	0.3684		0.3684	0.3684	
8	0.0711	0.0503	8	0.4395			0.4395	0.4395		0.4395	0.4395	0.4395		0.4395		0.4395	0.4395	0.4395		0.4395	0.4395	
9	0.0147	0.9537		0.4542			0.4542	0.4542		0.4542	0.4542	0.4542		0.4542		0.4542	0.4542			0.4542	0.4542	
10	0.0105	0.5790		0.4647			0.4647	0.4647		0.4647	0.4647	0.4647		0.4647		0.4647	0.4647			0.4647	0.4647	
11	0.0011	0.1639		0.4658			0.4658	0.4658		0.4658	0.4658	0.4658		0.4658		0.4658	0.4658			0.4658	0.4658	
12	0.0147	0.4791	12	0.4805			0.4805	0.4805		0.4805	0.4805	0.4805		0.4805		0.4805	0.4805			0.4805	0.4805	
13	0.0711	0.0336	13	0.5516			0.5516	0.5516		0.5516	0.5516	0.5516		0.5516		0.5516	0.5516			0.5516	0.5516	
14	0.0711	0.0345	14	0.6227				0.6227		0.6227	0.6227	0.6227		0.6227		0.6227	0.6227			0.6227	0.6227	
15	0.0711	0.6211								0.6938						0.6938				0.6938	0.6938	
16	0.0711	0.7021	16							0.7648						0.7648				0.7648	0.7648	
17	0.0219	0.3879	17							0.7868										0.7868	0.7868	
18	0.0711	0.1353								0.8578											0.8578	0.8578
19	0.0711	0.7691								0.9289											0.9289	0.9289
20	0.0711	0.3479	20							1											1	1

Selección del individuo

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
									0.82	
14	0	1	1	1	1	0	1	0		
1	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.29	
1	1	0	0	0	0	1	1	0		2
5	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	1	1	1	0	1	0		
	0	1	0	0	0	1	1	0		
									0.41	
5	0	1	1	1	1	0	1	0		6
13	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.55	
1	1	0	0	0	0	1	1	0		4
1	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.47	
20	0	1	1	1	1	0	1	0		4
14	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.30	
1	1	0	0	0	0	1	1	0		1
12	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.92	
1	1	0	0	0	0	1	1	0		
1	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.06	
14	0	1	1	1	1	0	1	0		4
16	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.34	
8	0	1	1	1	1	0	1	0		4
1	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	0	1	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.30	
17	1	0	0	0	1	0	1	0		6
7	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		

Cruza del gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												0.13	
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		7
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.96	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.75	
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.88	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.95	
20	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.47	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		8
12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
												0.44	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		4
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.67	
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		3
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.49	
8	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.46	
17	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		0
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		

Cruza de la longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	0	1	1	1	1	0	1	0	0.1107	
2	1	0	0	0	0	1	1	0	0.5573	
3	1	0	1	1	1	0	1	0	0.8503	
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0.3640	
5	0	1	1	1	1	0	1	0	0.4292	
6	0	1	1	1	1	0	1	0	0.4689	
7	1	0	0	0	0	1	1	0	0.3033	
8	1	0	0	0	0	1	1	0	0.3112	
9	0	1	1	1	1	0	1	0	0.8613	
10	0	1	1	1	1	0	1	0	0.9667	
11	1	0	0	0	0	1	1	0	0.3148	
12	1	0	0	0	0	1	1	0	0.3452	
13	1	0	0	0	0	1	1	0	0.9690	
14	1	0	0	0	0	1	1	0	0.8684	
15	0	1	1	1	1	0	1	0	0.3412	
16	0	1	1	1	1	0	1	0	0.6739	
17	0	1	1	1	0	1	1	0	0.9152	
18	1	0	0	0	1	0	1	0	0.3736	
19	1	0	0	0	1	0	1	0	0.3301	
20	0	1	1	1	1	0	1	0	0.3060	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.9385	
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7553	
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7394	
4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.9949	
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.1819	
6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.3430	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1301	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2021	
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.2193	
10	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.3746	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3636	
12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0.0316	11
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6753	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9386	
15	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.5740	
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.4349	
17	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.1763	
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2025	
19	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.5966	
20	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.6134	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
2	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
3	1	0	1	1	1	0	1	0	186	14.58823529
4	0	1	0	0	0	1	1	0	70	5.490196078
5	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
6	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
7	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
8	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
9	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
10	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
11	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
12	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
13	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
14	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
15	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
16	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
17	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9.254901961
18	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
19	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
20	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
10	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
12	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	138	108.5393258
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
15	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
17	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
19	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
20	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L)**

**Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección**

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03768291	0.037682909	0.5082
2.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.10467475	0.142357658	0.4741
3.00	14.5882	813.2584	13.26	12.99	13.7174	0.00129228	0.143649938	0.4791
4.00	5.4902	819.5506	12.58	12.99	5.9488	0.00056042	0.144210362	0.8801
5.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03768291	0.181893272	0.4089
6.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03768291	0.219576181	0.1244
7.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.10467475	0.324250929	0.8642
8.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.10467475	0.428925677	0.3533
9.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03768291	0.466608587	0.0110
10.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03768291	0.504291496	0.4388
11.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.10467475	0.608966244	0.6830
12.00	10.5098	108.5393	13.98	12.99	1.0203	9.612E-05	0.609062364	0.6998
13.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.10467475	0.713737113	0.4343
14.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.10467475	0.818411861	0.4352
15.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03768291	0.85609477	0.1554
16.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03768291	0.89377768	0.3556
17.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99	204.0816	0.01922597	0.913003654	0.1974
18.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.03768291	0.950686563	0.2529
19.00	10.8235	913.9326	12.90	12.99	123.4568	0.01163053	0.962317091	0.5640
20.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03768291	1	0.1574
				<b>Σ = 10614.8917</b>				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios

INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																			
	0.5082	0.4741	0.4791	0.8801	0.4089	0.1244	0.8642	0.3533	0.011	0.4388	0.683	0.6998	0.4343	0.4352	0.1554	0.3556	0.1974	0.2529	0.564	0.1574
1	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377	0.0377
2	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424		0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424	0.1424
	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436		0.1436	0.1436		0.1436	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436	0.1436
	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442		0.1442	0.1442		0.1442	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442
5	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819		0.1819	0.1819		0.1819	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819	0.1819
6	0.2196	0.2196	0.2196	0.2196	0.2196		0.2196	0.2196		0.2196	0.2196	0.2196	0.2196	0.2196		0.2196	0.2196	0.2196	0.2196	0.2196
7	0.3243	0.3243	0.3243	0.3243	0.3243		0.3243	0.3243		0.3243	0.3243	0.3243	0.3243	0.3243		0.3243		0.3243	0.3243	0.3243
8	0.4289	0.4289	0.4289	0.4289	0.4289		0.4289	0.4289		0.4289	0.4289	0.4289	0.4289	0.4289		0.4289		0.4289	0.4289	0.4289
9	0.4666	0.4666	0.4666	0.4666			0.4666			0.4666	0.4666	0.4666	0.4666	0.4666					0.4666	0.4666
10	0.5043	0.5043	0.5043	0.5043			0.5043			0.5043	0.5043									0.5043
11	0.609			0.609			0.6090			0.6090	0.609									0.609
				0.6091			0.6091			0.6091	0.6091									
13				0.7137			0.7137			0.7137	0.7137									
				0.8184			0.8184													
				0.8561			0.8561													
16				0.8938			0.8938													

Selección del individuo

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7 No. ALEATORIO	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8		
									0.90	
11	1	0	0	0	0	1	1	0		
10	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.47	
10	0	1	1	1	1	0	1	0		7
16	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.02	
8	1	0	0	0	0	1	1	0		6
2	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.11	
16	0	1	1	1	1	0	1	0		4
8	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	0	1	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.05	
1	0	1	1	1	1	0	1	0		6
9	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.85	
13	1	0	0	0	0	1	1	0		
13	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.41	
9	0	1	1	1	1	0	1	0		8
9	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.87	
5	0	1	1	1	1	0	1	0		
8	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.87	
6	0	1	1	1	1	0	1	0		
7	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.06	
11	1	0	0	0	0	1	1	0		3
5	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	1	1	0	1	0		
	0	1	1	0	0	1	1	0		

Cruza del gasto (Q)



Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												0.85	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
10	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.58	
10	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		0
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												1.00	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.85	
16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.71	
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.60	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		6
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.88	
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.67	
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		7
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.98	
6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.04	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		0
5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		

Cruza de la longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0.3878	
2	0	1	1	1	1	0	1	0	0.9180	
3	0	1	1	1	1	0	1	0	0.3780	
4	0	1	1	1	1	0	1	0	0.8382	
5	1	0	0	0	0	1	1	0	0.4057	
6	1	0	0	0	0	1	1	0	0.3584	
7	0	1	1	1	0	1	1	0	0.4827	
8	1	0	0	0	1	0	1	0	0.1670	
9	0	1	1	1	1	0	1	0	0.8431	
10	0	1	1	1	1	0	1	0	0.7294	
11	1	0	0	0	0	1	1	0	0.2925	
12	1	0	0	0	0	1	1	0	0.1014	
13	0	1	1	1	1	0	1	0	0.1370	
14	0	1	1	1	1	0	1	0	0.1346	
15	0	1	1	1	1	0	1	0	0.2856	
16	1	0	0	0	0	1	1	0	0.7269	
17	0	1	1	1	1	0	1	0	0.8219	
18	1	0	0	0	0	1	1	0	0.7989	
19	1	0	0	1	1	0	1	0	0.5551	
20	0	1	1	0	0	1	1	0	0.8323	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7513	
2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.9249	
3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.6223	
4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.1301	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9761	
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9670	
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.5108	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5000	
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.9686	
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.0432	2
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2922	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5327	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.1666	
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.1686	
15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0256	5
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2751	
17	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.5619	
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.4297	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2335	
20	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.3755	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
2	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
3	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
4	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
5	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
6	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
7	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9.254901961
8	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
9	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
10	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
11	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
12	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
13	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
14	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
15	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
16	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
17	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
18	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
19	1	0	0	1	1	0	1	0	154	12.07843137
20	0	1	1	0	0	1	1	0	102	8

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1040	817.9775281
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1026	806.9662921
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
17	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
20	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L)**

Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(x)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.08692095	0.086920955	0.0146
2.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03129154	0.118212498	0.6055
3.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03129154	0.149504042	0.0237
4.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03129154	0.180795585	0.9550
5.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.08692095	0.26771654	0.2058
6.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.08692095	0.354637495	0.1616
7.00	9.2549	819.5506	12.92	12.99	204.0816	0.01596507	0.370602568	0.9119
8.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.03129154	0.401894112	0.7586
9.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03129154	0.433185655	0.8039
10.00	9.5686	817.9775	12.94	12.99	400.0000	0.03129154	0.464477199	0.2381
11.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.08692095	0.551398153	0.6143
12.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.08692095	0.638319108	0.0566
13.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03129154	0.669610652	0.1182
14.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03129154	0.700902195	0.3126
15.00	9.5686	806.9663	12.96	12.99	1111.1111	0.08692095	0.78782315	0.5545
16.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.08692095	0.874744104	0.9436
17.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.03129154	0.906035648	0.8155
18.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.08692095	0.992956602	0.3339
19.00	12.0784	813.2584	13.12	12.99	59.1716	0.00462893	0.997585529	0.0579
20.00	8.0000	819.5506	12.81	12.99	30.8642	0.00241447	1	0.3993
				<b>Σ = 12783.0063</b>				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios.

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																			
				0.0146	0.6055	0.0237	0.955	0.2058	0.1616	0.9119	0.7586	0.8039	0.2381	0.6143	0.0566	0.1182	0.3126	0.5545	0.9436	0.8155	0.3339	0.0579	0.3993
1	0.0869	0.0146	1	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869	0.0869		
2	0.0313	0.6055		0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182	0.1182		
3	0.0313	0.0237	3	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495	0.1495		
4	0.0313	0.9550	4	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808	0.1808		
5	0.0869	0.2058	5	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677	0.2677		
6	0.0869	0.1616	6	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546	0.3546		
7	0.0160	0.9119		0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706	0.3706		
8	0.0313	0.7586	8	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019	0.4019		
9	0.0313	0.8039		0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332	0.4332		
10	0.0313	0.2381		0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645	0.4645		
11	0.0869	0.6143		0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514	0.5514		
12	0.0869	0.0566	12	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383	0.6383		
13	0.0313	0.1182		0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696	0.6696		
14	0.0313	0.3126		0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009	0.7009		
15	0.0869	0.5545	15	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878	0.7878		
16	0.0869	0.9436	16	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747	0.8747		
17	0.0313	0.8155		0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906		
18	0.0869	0.3339	18	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993		
19	0.0046	0.0579																					
20	0.0024	0.3993																					

Selección del individuo

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
									0.28	
1	1	0	0	0	0	1	1	0		3
12	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.55	
1	1	0	0	0	0	1	1	0		5
18	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.18	
5	1	0	0	0	0	1	1	0		7
4	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.58	
18	1	0	0	0	0	1	1	0		4
15	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	0	1	1	0		
									0.28	
16	1	0	0	0	0	1	1	0		7
5	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.67	
12	1	0	0	0	0	1	1	0		5
1	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.90	
3	0	1	1	1	1	0	1	0		
6	1	0	0	0	0	1	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.80	
12	1	0	0	0	0	1	1	0		
18	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.09	
16	1	0	0	0	0	1	1	0		1
6	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.80	
1	1	0	0	0	0	1	1	0		
8	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		

Cruza de gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												0.84	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.18	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		3
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.17	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		7
4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
												0.77	
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
												0.60	
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		4
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.79	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.46	
3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		11
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.34	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		2
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.57	
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		7
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.04	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		7
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		

Cruza de longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0.4028	
2	1	0	0	0	0	1	1	0	0.4160	
3	1	0	0	0	0	1	1	0	0.8060	
4	1	0	0	0	0	1	1	0	0.9586	
5	1	0	0	0	0	1	1	0	0.5626	
6	0	1	1	1	1	0	1	0	0.2693	
7	1	0	0	0	1	0	1	0	0.9830	
8	0	1	1	1	0	1	1	0	0.5410	
9	1	0	0	0	0	1	1	0	0.5218	
10	1	0	0	0	0	1	1	0	0.7270	
11	1	0	0	0	0	0	1	0	0.0034	6
12	1	0	0	0	0	1	1	0	0.5897	
13	0	1	1	1	1	0	1	0	0.2758	
14	1	0	0	0	0	1	1	0	0.1105	
15	1	0	0	0	0	1	1	0	0.9249	
16	1	0	0	0	0	1	1	0	0.2880	
17	1	0	0	0	0	1	1	0	0.4580	
18	1	0	0	0	0	1	1	0	0.2664	
19	1	0	0	0	0	1	1	0	0.9554	
20	1	0	0	0	1	0	1	0	0.8008	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8430	
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0919	
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5115	
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7900	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5919	
6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.2509	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8651	
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.5993	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0906	
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7156	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1357	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6970	
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.4436	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2366	
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5206	
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0760	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3393	
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7319	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3278	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1652	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
2	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
3	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
4	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
5	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
6	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
7	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
8	0	1	1	1	0	1	1	0	118	9.254901961
9	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
10	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
11	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
12	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
13	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
14	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
15	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
16	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
17	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
18	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
19	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
20	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941

Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1026	806.9662921
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1042	819.5505618
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427

Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L).



Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.030003	0.2902
2.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.060006001	0.0010
3.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.090009001	0.6694
4.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.120012001	0.1820
5.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.150015002	0.8057
6.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.01080108	0.160816082	0.2010
7.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.01080108	0.171617162	0.7008
8.00	9.2549	806.9663	12.93	12.99	277.7778	0.00750075	0.179117912	0.6662
9.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.209120912	0.7468
10.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.239123912	0.8232
11.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.270027	0.509150915	0.1499
12.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.539153915	0.7951
13.00	9.5686	819.5506	12.94	12.99	400.0000	0.01080108	0.549954995	0.3393
14.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.579957996	0.3840
15.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.609960996	0.6406
16.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.639963996	0.7366
17.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.669966997	0.7134
18.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.699969997	0.8113
19.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.030003	0.729972997	0.9914
20.00	10.8235	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.270027	1	0.9451
				$\Sigma = 37033.3333$				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios.

% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																		
			0.2902	0.001	0.6694	0.182	0.8057	0.2010	0.7008	0.6662	0.7468	0.8232	0.1499	0.7951	0.3393	0.384	0.6406	0.7366	0.7134	0.8113	0.9914
0.0300	0.2902	1	0.0300	0.0300	0.0300	0.03	0.03	0.03	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.03	0.03	0.03	0.0300	0.0300	0.0300
0.0300	0.0010		0.0600	0.0600	0.06	0.06	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600	0.0600	0.06	0.06	0.06	0.0600	0.0600	0.0600
0.0300	0.6694		0.0900	0.0900	0.09	0.09	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.09	0.09	0.09	0.0900	0.0900	0.0900
0.0300	0.1820		0.1200	0.1200	0.12	0.12	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.12	0.12	0.12	0.1200	0.1200	0.1200
0.0300	0.8057		0.1500	0.1500	0.15	0.15	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	0.15	0.15	0.15	0.1500	0.1500	0.1500
0.0108	0.2010	6	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608	0.1608
0.0108	0.7008		0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716	0.1716
0.0075	0.6662		0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791	0.1791
0.0300	0.7468	9	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091	0.2091
0.0300	0.8232		0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391	0.2391
0.2700	0.1499	11	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092	0.5092
0.0300	0.7951		0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392	0.5392
0.0108	0.3393		0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.55	0.55	0.55	0.5500	0.5500	0.5500
0.0300	0.3840		0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.5800	0.58	0.58	0.58	0.5800	0.5800	0.5800
0.0300	0.6406		0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.6100	0.61	0.61	0.61	0.6100	0.6100	0.6100
0.0300	0.7366		0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.6400	0.64	0.64	0.64	0.6400	0.6400	0.6400
0.0300	0.7134	17	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.6700	0.67	0.67	0.67	0.6700	0.6700	0.6700
0.0300	0.8113	18	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7000	0.7	0.7	0.7	0.7000	0.7000	0.7000
0.0300	0.9914	19	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.7300	0.73	0.73	0.73	0.7300	0.7300	0.7300
0.2700	0.9451	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Selección del individuo

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
									0.89	
11	1	0	0	0	0	0	1	0		
1	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.20	
17	1	0	0	0	0	1	1	0		4
9	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.47	
20	1	0	0	0	1	0	1	0		2
9	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.33	
19	1	0	0	0	0	1	1	0		0
18	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.19	
20	1	0	0	0	1	0	1	0		1
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.99	
6	0	1	1	1	1	0	1	0		
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.47	
11	1	0	0	0	0	0	1	0		6
11	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.29	
17	1	0	0	0	0	1	1	0		2
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.34	
19	1	0	0	0	0	1	1	0		2
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.81	
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
20	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	0		

Cruza de gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												0.52	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		7
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.57	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		3
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.74	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.64	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		8
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.65	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		7
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.27	
6	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		4
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1		
												0.79	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.65	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		2
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.08	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		2
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.87	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		

Cruza de la longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05 No. ALEATORIO	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9238	
2	1	0	1	0	0	1	1	0	0.0084	3
3	1	0	0	0	0	1	1	0	0.8582	
4	1	0	0	0	0	1	1	0	0.7876	
5	1	0	0	0	0	1	1	0	0.7483	
6	1	0	0	0	1	0	1	0	0.1510	
7	1	0	0	0	0	1	1	0	0.7482	
8	1	0	0	0	0	1	1	0	0.4907	
9	1	0	0	0	1	0	1	0	0.7285	
10	1	0	0	0	1	0	1	0	0.4666	
11	0	1	1	1	1	0	1	0	0.5784	
12	1	0	0	0	1	0	1	0	0.7704	
13	1	0	0	0	0	0	1	0	0.3934	
14	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5827	
15	1	0	0	0	1	0	1	0	0.6512	
16	1	0	0	0	0	1	1	0	0.7046	
17	1	0	0	0	1	0	1	1	0.0211	8
18	1	0	0	0	0	1	1	0	0.2145	
19	1	0	0	0	1	0	1	0	0.8526	
20	1	0	0	0	1	0	1	0	0.6811	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05 No. ALEATORIO	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2375	
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7495	
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0.0327	8
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.4260	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7847	
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2107	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5844	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8146	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1082	
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3493	
11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4446	
12	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0.0963	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2002	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2920	
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.4842	
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5845	
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0.0034	7
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3226	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2941	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7590	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
2	1	0	1	0	0	1	1	0	166	13.01960784
3	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
4	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
5	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
6	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
7	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
8	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
9	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
10	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
11	0	1	1	1	1	0	1	0	122	9.568627451
12	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
13	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
14	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
15	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
16	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
17	1	0	0	0	1	0	1	1	139	10.90196078
18	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
19	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
20	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1162	913.9325843
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1026	806.9662921
12	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1050	825.8426966
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1098	863.5955056
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L).**

Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.19455543	0.194555427	0.2172
2.00	13.0196	813.2584	13.18	12.99	27.7008	0.00053893	0.195094362	0.2626
3.00	10.5098	913.9326	12.88	12.99	82.6446	0.0016079	0.196702258	0.7864
4.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.02161727	0.218319528	0.6540
5.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.02161727	0.239936797	0.1790
6.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.00778222	0.247719015	0.3200
7.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.02161727	0.269336284	0.6681
8.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.02161727	0.290953554	0.4484
9.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.00778222	0.298735771	0.5182
10.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.00778222	0.306517988	0.8475
11.00	9.5686	806.9663	12.96	12.99	1111.1111	0.02161727	0.328135258	0.5804
12.00	10.8235	825.8427	13.02	12.99	1111.1111	0.02161727	0.349752528	0.5918
13.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.19455543	0.544307955	0.7869
14.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.19455543	0.738863382	0.6703
15.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.00778222	0.746645599	0.8865
16.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.02161727	0.768262869	0.4644
17.00	10.9020	863.5955	12.98	12.99	10000.0000	0.19455543	0.962818296	0.3475
18.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.02161727	0.984435566	0.2008
19.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.00778222	0.992217783	0.6427
20.00	10.8235	813.2584	13.04	12.99	400.0000	0.00778222	1	0.8079
				<b>Σ = 51399.2343</b>				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																		
				0.2172	0.2626	0.7864	0.654	0.179	0.3200	0.6681	0.4484	0.5182	0.8475	0.5804	0.5918	0.7869	0.6703	0.8865	0.4644	0.3475	0.2008	0.6427
1	0.1946	0.2172	1	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	
2	0.0005	0.2626		0.1951	0.1951	0.1951	0.1951		0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	0.1951	
3	0.0016	0.7864		0.1967	0.1967	0.1967	0.1967		0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967	
4	0.0216	0.6540	4	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183		0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	0.2183	
5	0.0216	0.1790			0.2399	0.2399	0.2399		0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	0.2399	
6	0.0078	0.3200			0.2477	0.2477	0.2477		0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	0.2477	
7	0.0216	0.6681	7		0.2693	0.2693	0.2693		0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	0.2693	
8	0.0216	0.4484				0.2910	0.291		0.2910	0.2910	0.2910	0.2910	0.2910	0.2910	0.2910	0.2910	0.291	0.291	0.291	0.2910	0.2910	
9	0.0078	0.5182				0.2987	0.2987		0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	0.2987	
10	0.0078	0.8475				0.3065	0.3065		0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	0.3065	
11	0.0216	0.5804	11			0.3281	0.3281		0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	0.3281	
12	0.0216	0.5918				0.3498	0.3498		0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	0.3498	
13	0.1946	0.7869	13			0.5443	0.5443		0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	0.5443	
14	0.1946	0.6703	14			0.7389	0.7389		0.7389		0.7389	0.7389	0.7389	0.7389	0.7389	0.7389	0.7389			0.7389	0.7389	
15	0.0078	0.8865				0.7466			0.7466		0.7466		0.7466		0.7466		0.7466				0.7466	
16	0.0216	0.4644				0.7683			0.7683		0.7683		0.7683		0.7683		0.7683				0.7683	
17	0.1946	0.3475	17			0.9628			0.9628		0.9628		0.9628		0.9628		0.9628				0.9628	
18	0.0216	0.2008																				
19	0.0078	0.6427																				
20	0.0078	0.8079																				

Selección del individuo

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7 No. ALEATORIO	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8		
									0.49	
4	1	0	0	0	0	1	1	0		1
7	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.86	
17	1	0	0	0	1	0	1	1		
14	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	1		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.00	
1	1	0	0	0	0	0	1	0		7
11	0	1	1	1	1	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	0	1	1	1	1	0	1	0		
									0.75	
14	1	0	0	0	0	0	1	0		
13	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.06	
13	1	0	0	0	0	0	1	0		7
17	1	0	0	0	1	0	1	1		
	1	0	0	0	0	0	1	1		
	1	0	0	0	1	0	1	0		
									0.44	
14	1	0	0	0	0	0	1	0		4
14	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.53	
17	1	0	0	0	1	0	1	1		1
14	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	1		
									0.32	
17	1	0	0	0	1	0	1	1		2
13	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	1		
									0.50	
13	1	0	0	0	0	0	1	0		4
4	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.72	
14	1	0	0	0	0	0	1	0		
17	1	0	0	0	1	0	1	1		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	1		

Cruza del gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											No. ALEATORIO	PUNTO DE CRUZA	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
													0.55	
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		10
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
													0.09	
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		2
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		
													0.40	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		3
11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
													0.07	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		4
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
													0.94	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		
													0.50	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		9
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
													0.04	
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		1
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		
													0.47	
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		10
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
													0.32	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		6
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
													0.29	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		9
17	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1		

Cruza de la longitud (L)



Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05 No. ALEATORIO	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0.8216	
2	1	0	0	0	0	1	1	0	0.8329	
3	1	0	0	0	1	0	1	1	0.3818	
4	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5255	
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0.7226	
6	0	1	1	1	0	0	1	0	0.0281	5
7	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5323	
8	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6596	
9	1	0	0	0	0	0	1	1	0.7516	
10	1	0	0	0	1	0	1	0	0.6262	
11	1	0	0	0	0	0	1	0	0.0989	
12	1	0	0	0	0	0	1	0	0.7867	
13	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6786	
14	1	0	0	0	1	0	1	1	0.2984	
15	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5654	
16	1	0	0	0	1	0	1	1	0.9771	
17	1	0	0	0	0	1	1	0	0.5873	
18	1	0	0	0	0	0	1	0	0.4351	
19	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9264	
20	1	0	0	0	1	0	1	1	0.4641	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05 No. ALEATORIO	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8479	
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2626	
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9781	
4	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0.0820	
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4117	
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1200	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2418	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0840	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6854	
10	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0.9399	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3239	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0529	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7830	
14	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0.4021	
15	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0.8299	
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7089	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1537	
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2725	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6423	
20	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0.6818	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
2	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
3	1	0	0	0	1	0	1	1	139	10.90196078
4	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
5	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
6	0	1	1	1	0	0	1	0	114	8.941176471
7	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
8	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
9	1	0	0	0	0	0	1	1	131	10.2745098
10	1	0	0	0	1	0	1	0	138	10.82352941
11	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
12	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
13	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
14	1	0	0	0	1	0	1	1	139	10.90196078
15	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
16	1	0	0	0	1	0	1	1	139	10.90196078
17	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
18	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
19	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
20	1	0	0	0	1	0	1	1	139	10.90196078

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
4	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1098	863.5955056
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1026	806.9662921
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
10	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1098	863.5955056
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
14	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1098	863.5955056
15	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1098	863.5955056
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
20	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1098	863.5955056

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L).**

Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.01015872	0.010158724	0.4344
2.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.01015872	0.020317448	0.0123
3.00	10.9020	813.2584	13.05	12.99	277.7778	0.00253968	0.02285713	0.5395
4.00	10.1961	863.5955	12.93	12.99	277.7778	0.00253968	0.025396811	0.8172
5.00	10.1961	806.9663	13.01	12.99	2500.0000	0.02285713	0.04825394	0.1108
6.00	8.9412	813.2584	12.90	12.99	123.4568	0.00112875	0.049382687	0.3600
7.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.09142852	0.140811205	0.4068
8.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.09142852	0.232239724	0.3502
9.00	10.2745	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.09142852	0.323668242	0.4397
10.00	10.8235	863.5955	12.97	12.99	2500.0000	0.02285713	0.346525371	0.1514
11.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.09142852	0.437953889	0.1284
12.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.09142852	0.529382407	0.8081
13.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.09142852	0.620810926	0.8567
14.00	10.9020	863.5955	12.98	12.99	10000.0000	0.09142852	0.712239444	0.8704
15.00	10.1961	863.5955	12.93	12.99	277.7778	0.00253968	0.714779125	0.0870
16.00	10.9020	813.2584	13.05	12.99	277.7778	0.00253968	0.717318806	0.6064
17.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	918.2736	0.00839564	0.725714446	0.6991
18.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.09142852	0.817142964	0.7975
19.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.09142852	0.908571482	0.3572
20.00	10.9020	863.5955	12.98	12.99	10000.0000	0.09142852	1	0.0309
				<b>Σ = 109375.064</b>				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																		
				0.4344	0.0123	0.5395	0.8172	0.1108	0.3600	0.4068	0.3502	0.4397	0.1514	0.1284	0.8081	0.8567	0.8704	0.0870	0.6064	0.6991	0.7975	0.3572
1	0.0102	0.4344		0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102
2	0.0102	0.0123	2	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203
3	0.0025	0.5395		0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229	0.0229
4	0.0025	0.8172		0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254
5	0.0229	0.1108	5	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483	0.0483
6	0.0011	0.3600		0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494
7	0.0914	0.4068	7	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408	0.1408
8	0.0914	0.3502	8	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322	0.2322
9	0.0914	0.4397		0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237	0.3237
10	0.0229	0.1514		0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465	0.3465
11	0.0914	0.1284	11	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380	0.4380
12	0.0914	0.8081	12	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294	0.5294
13	0.0914	0.8567	13	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208	0.6208
14	0.0914	0.8704	14	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122	0.7122
15	0.0025	0.0870		0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148	0.7148
16	0.0025	0.6064		0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173	0.7173
17	0.0084	0.6991		0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257	0.7257
18	0.0914	0.7975	18	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171	0.8171
19	0.0914	0.3572	19	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086	0.9086
20	0.0914	0.0309																				

Selección del individuo

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
									0.44	
11	1	0	0	0	0	0	1	0		6
2	1	0	0	0	0	1	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	1	1	0		
									0.76	
13	1	0	0	0	0	0	1	0		
19	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.55	
7	1	0	0	0	0	0	1	0		4
11	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.15	
11	1	0	0	0	0	0	1	0		3
11	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.93	
12	1	0	0	0	0	0	1	0		
8	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.19	
7	1	0	0	0	0	0	1	0		7
19	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.55	
19	1	0	0	0	0	0	1	0		1
19	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.07	
7	1	0	0	0	0	0	1	0		1
13	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.38	
14	1	0	0	0	1	0	1	1		3
18	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	1	0	1	1		
									0.71	
11	1	0	0	0	0	0	1	0		
5	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		

Cruza del gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												0.47	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		9
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.45	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		3
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.47	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		1
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.85	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.62	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		2
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.40	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		2
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.10	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		1
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.02	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		3
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.25	
14	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1		5
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1		
												0.11	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		7
5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1		

Cruza de la longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05 No. ALEATORIO	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0.3349	
2	1	0	0	0	0	1	1	0	0.4439	
3	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9123	
4	1	0	0	0	0	0	1	0	0.1051	
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0.8996	
6	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6360	
7	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6230	
8	1	0	0	0	0	0	1	0	0.0693	
9	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5580	
10	1	0	0	0	0	0	1	1	0.0047	8
11	1	0	0	0	0	0	1	0	0.4707	
12	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6912	
13	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6108	
14	1	0	1	0	0	0	1	0	0.0315	3
15	1	0	0	0	0	0	1	0	0.1518	
16	1	0	0	0	0	0	1	0	0.0915	
17	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5329	
18	1	0	0	0	1	0	1	1	0.7557	
19	1	0	0	0	0	0	1	0	0.7616	
20	1	0	0	0	0	0	1	0	0.8070	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05 No. ALEATORIO	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1492	
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8332	
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6618	
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5960	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1957	
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6020	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2169	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9321	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5495	
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8996	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8335	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9793	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5191	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8548	
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.4670	
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5669	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7343	
18	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0.5841	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.4205	
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.5491	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
2	1	0	0	0	0	1	1	0	134	10.50980392
3	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
4	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
5	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
6	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
7	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
8	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
9	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
10	1	0	0	0	0	0	1	1	131	10.2745098
11	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
12	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
13	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
14	1	0	1	0	0	0	1	0	162	12.70588235
15	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
16	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
17	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
18	1	0	0	0	1	0	1	1	139	10.90196078
19	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
20	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
18	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1098	863.5955056
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1026	806.9662921

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L).**

**Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección**

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.057588522	0.0257
2.00	10.5098	813.2584	13.02	12.99	1111.1111	0.00639872	0.063987247	0.6523
3.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.121575769	0.8533
4.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.179164291	0.2930
5.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.236752813	0.3974
6.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.294341335	0.7386
7.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.351929858	0.3908
8.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.40951838	0.6150
9.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.467106902	0.2336
10.00	10.2745	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.524695424	0.1770
11.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.582283946	0.1447
12.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.639872468	0.9651
13.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.69746099	0.7117
14.00	12.7059	813.2584	13.16	12.99	34.6021	0.00019927	0.697660259	0.6407
15.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.755248781	0.4620
16.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.812837303	0.1662
17.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.870425825	0.1867
18.00	10.9020	863.5955	12.98	12.99	10000.0000	0.05758852	0.928014347	0.8541
19.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.05758852	0.985602869	0.1063
20.00	10.1961	806.9663	13.01	12.99	2500.0000	0.01439713	1	0.5254
				<b>Σ = 173645.713</b>				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios.

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																			
				0.0257	0.6523	0.8533	0.293	0.3974	0.7386	0.3908	0.6150	0.2336	0.177	0.1447	0.9651	0.7117	0.6407	0.4620	0.1662	0.1867	0.8541	0.1063	0.5254
1	0.0576	0.0257	1	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576	0.0576		
2	0.0064	0.6523		0.0640	0.0640	0.064	0.0640	0.0640	0.0640	0.0640	0.0640	0.0640	0.0640	0.0640	0.0640	0.064	0.064	0.064	0.0640	0.0640	0.0640		
3	0.0576	0.8533	3	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216	0.1216		
4	0.0576	0.2930	4	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792	0.1792		
5	0.0576	0.3974	5	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368		
6	0.0576	0.7386	6	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943	0.2943		
7	0.0576	0.3908		0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519	0.3519		
8	0.0576	0.6150	8	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095	0.4095		
9	0.0576	0.2336	9	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671	0.4671		
10	0.0576	0.1770		0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247	0.5247		
11	0.0576	0.1447	11	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823	0.5823		
12	0.0576	0.9651	12	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399	0.6399		
13	0.0576	0.7117	13	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975	0.6975		
14	0.0002	0.6407		0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977	0.6977		
15	0.0576	0.4620	15	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552	0.7552		
16	0.0576	0.1662		0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128	0.8128		
17	0.0576	0.1867	17	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704	0.8704		
18	0.0576	0.8541		0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280	0.9280		
19	0.0576	0.1063	19	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856	0.9856		
20	0.0144	0.5254																					

Selección del individuo.



Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7 No. ALEATORIO	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8		
									0.68	
1	1	0	0	0	0	0	1	0		8
13	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.56	
17	1	0	0	0	0	0	1	0		8
6	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.46	
8	1	0	0	0	0	0	1	0		6
15	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.83	
8	1	0	0	0	0	0	1	0		
12	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.61	
5	1	0	0	0	0	0	1	0		2
5	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.99	
4	1	0	0	0	0	0	1	0		
19	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.81	
15	1	0	0	0	0	0	1	0		
13	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.12	
9	1	0	0	0	0	0	1	0		3
4	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.00	
5	1	0	0	0	0	0	1	0		4
17	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.66	
3	1	0	0	0	0	0	1	0		2
11	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		

Cruza del gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												1.00	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.18	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		1
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												1.00	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.90	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.95	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.74	
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.08	
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		3
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.36	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		5
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.93	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		3
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.10	
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		1
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		

Cruza de la longitud (L)

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0.1147	
2	1	0	0	0	0	0	1	0	0.2892	
3	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6605	
4	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5975	
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9411	
6	1	0	0	0	0	0	1	0	0.7293	
7	1	0	0	0	0	0	1	0	0.0169	0
8	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5770	
9	1	0	0	0	0	0	1	0	0.2197	
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0.4636	
11	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9939	
12	1	0	0	0	0	0	1	0	0.4614	
13	1	0	0	0	0	0	1	0	0.1900	
14	1	0	0	0	0	0	1	0	0.0737	
15	1	0	0	1	0	0	1	0	0.0112	4
16	1	0	0	0	0	0	1	0	0.7695	
17	1	0	0	0	0	0	1	0	0.3713	
18	1	0	0	0	0	0	1	0	0.8480	
19	1	0	0	0	0	0	1	0	0.8417	
20	1	0	0	0	0	0	1	0	0.1266	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9705	
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1051	
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3622	
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6649	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9644	
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2481	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6771	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8580	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3398	
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8202	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.5151	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9706	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6897	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6118	
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7187	
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0721	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0132	0
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.4154	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1681	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7639	

Muta de la longitud (L)

**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
2	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
3	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
4	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
5	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
6	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
7	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
8	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
9	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
10	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
11	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
12	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
13	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
14	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
15	1	0	0	1	0	0	1	0	146	11.45098039
16	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
17	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
18	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
19	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
20	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L).**

Implementación de la función F(x), factor de aptitud, porcentaje de aptitud, suma del porcentaje de aptitud, valores aleatorios y selección

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD	% VALOR DE APTITUD	SUMA DE APTITUDES	NUMERO ALEATORIO
1.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.052597403	0.8139
2.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.105194805	0.6123
3.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.157792208	0.4263
4.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.21038961	0.3740
5.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.262987013	0.7184
6.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.315584416	0.9821
7.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.368181818	0.0509
8.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.420779221	0.4380
9.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.473376623	0.9388
10.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.525974026	0.7049
11.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.578571429	0.2664
12.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.631168831	0.0931
13.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.683766234	0.9518
14.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.736363636	0.7354
15.00	11.4510	813.2584	13.08	12.99	123.4568	0.00064935	0.737012987	0.2583
16.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.78961039	0.6682
17.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.842207792	0.8016
18.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.894805195	0.1323
19.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	0.947402597	0.4508
20.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000	0.0525974	1	0.7776
				<b>Σ = 190123.457</b>				

Evaluación de la función f(x), obtención del factor de aptitud, obtención del valor de porcentaje de aptitud, suma del valor del porcentaje de aptitud, obtención de valores aleatorios.

No. DE INDIVIDUO	% VALOR DE APTITUD	NUMERO ALEATORIO	INDIVIDUO SELECCIONADO	SELECCIÓN DEL INDIVIDUO																		
				0.8139	0.6123	0.4263	0.374	0.7184	0.9821	0.0509	0.4380	0.9388	0.7049	0.2664	0.0931	0.9518	0.7354	0.2583	0.6682	0.8016	0.1323	0.4508
1	0.0526	0.8139	1	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	0.0526	
2	0.0526	0.6123	2	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	
3	0.0526	0.4263	3	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	
4	0.0526	0.3740	4	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	0.2104	
5	0.0526	0.7184	5	0.2630	0.2630	0.2630	0.263	0.2630	0.2630	0.2630	0.2630	0.2630	0.2630	0.2630	0.2630	0.263	0.263	0.263	0.2630	0.2630	0.2630	
6	0.0526	0.9821	6	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	0.3156	
7	0.0526	0.0509	7	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	0.3682	
8	0.0526	0.4380	8	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	0.4208	
9	0.0526	0.9388	9	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	0.4734	
10	0.0526	0.7049	10	0.5260	0.5260		0.5260	0.5260		0.5260	0.5260		0.5260	0.5260		0.526	0.526			0.5260		
11	0.0526	0.2664	11	0.5786	0.5786		0.5786	0.5786		0.5786	0.5786		0.5786	0.5786		0.5786	0.5786			0.5786		
12	0.0526	0.0931	12	0.6312	0.6312		0.6312	0.6312		0.6312	0.6312		0.6312	0.6312		0.6312	0.6312			0.6312		
13	0.0526	0.9518	13	0.6838			0.6838	0.6838		0.6838	0.6838		0.6838	0.6838		0.6838	0.6838			0.6838		
14	0.0526	0.7354	14	0.7364			0.7364	0.7364		0.7364	0.7364		0.7364	0.7364		0.7364	0.7364			0.7364		
15	0.0006	0.2583	15	0.7370			0.7370			0.7370			0.7370			0.737				0.7370		
16	0.0526	0.6682	16	0.7896			0.7896			0.7896			0.7896			0.7896				0.7896	0.7896	
17	0.0526	0.8016	17	0.8422			0.8422			0.8422			0.8422			0.8422				0.8422		
18	0.0526	0.1323	18				0.8948			0.8948			0.8948			0.8948						
19	0.0526	0.4508	19				0.9474			0.9474			0.9474			0.9474						
20	0.0526	0.7776	20				1			1			1			1						

Selección del individuo.

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES								Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
									0.12	
17	1	0	0	0	0	0	1	0		2
12	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.78	
9	1	0	0	0	0	0	1	0		
8	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.70	
14	1	0	0	0	0	0	1	0		
20	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.39	
1	1	0	0	0	0	0	1	0		6
9	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.28	
19	1	0	0	0	0	0	1	0		7
14	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.14	
6	1	0	0	0	0	0	1	0		4
2	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.47	
20	1	0	0	0	0	0	1	0		7
14	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.71	
5	1	0	0	0	0	0	1	0		
13	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.66	
17	1	0	0	0	0	0	1	0		5
3	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
									0.92	
9	1	0	0	0	0	0	1	0		
16	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		
	1	0	0	0	0	0	1	0		

Cruza del gasto (Q)

Cruza

No. DE INDIVIDUO	CADENA DE CARACTERES											Pc = 0.7	PUNTO DE CRUZA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
												0.92	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.23	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		1
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.54	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		3
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.75	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.40	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		3
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.37	
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		6
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.14	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		10
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.63	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		10
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.81	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
												0.15	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		6
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		

Cruza de la longitud (L).

Muta

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES								Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	No. ALEATORIO	
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0.7510	
2	1	0	0	0	0	0	1	0	0.8851	
3	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6829	
4	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9288	
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0.1990	
6	1	0	0	0	0	0	1	0	0.3986	
7	1	0	0	0	0	0	1	0	0.8708	
8	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9228	
9	1	0	0	0	0	0	1	0	0.2872	
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5115	
11	1	0	0	0	0	0	1	0	0.4108	
12	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5957	
13	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6574	
14	1	0	0	0	0	0	1	0	0.5386	
15	1	0	0	0	0	0	1	0	0.3083	
16	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9788	
17	1	0	0	0	0	0	1	0	0.9011	
18	1	0	0	0	0	0	1	0	0.3295	
19	1	0	0	0	0	0	1	0	0.8520	
20	1	0	0	0	0	0	1	0	0.6620	

Muta del gasto (Q)

No. DE HIJOS	CADENA DE CARACTERES											Pm=0.05	PUNTO DE MUTA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	No. ALEATORIO	
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1242	
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.9234	
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.0771	
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6627	
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.4435	
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1522	
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2416	
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7742	
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.2535	
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.6709	
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8233	
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3281	
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3269	
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3986	
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.3947	
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.1941	
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8517	
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.4628	
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.7777	
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.8375	

Muta de la longitud (L)



**Codificación e implementación de la función "X"**

INDIVIDUOS	GENOMAS								CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
2	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
3	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
4	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
5	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
6	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
7	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
8	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
9	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
10	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
11	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
12	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
13	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
14	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
15	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
16	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
17	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
18	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
19	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843
20	1	0	0	0	0	0	1	0	130	10.19607843

**Codificación y evaluación de la función "X" del gasto (Q).**

INDIVIDUOS	GENOMAS											CODIFICACION REAL (Y)	VARIABLE (X)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
7	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
8	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
13	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
14	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
16	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
17	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
18	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
19	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427
20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1034	813.258427

**Codificación y evaluación de la función "X" de la longitud (L).**

## Implementación de la función F(x) y factor de aptitud

No. DE INDIVIDUO	Q	DIST	F(X)	PMED	APTITUD
1.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
2.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
3.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
4.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
5.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
6.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
7.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
8.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
9.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
10.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
11.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
12.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
13.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
14.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
15.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
16.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
17.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
18.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
19.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000
20.00	10.1961	813.2584	13.00	12.99	10000.0000

En esta última generación encontramos los valores deseados que son:

- Gasto (Q) = 10.1961 m<sup>3</sup>/seg
- Longitud (L) = 813.2584 ml
- Presión obtenida (Fx) = 13
- Aptitud (fa) = 10 000

Con lo que decimos que a esta distancia con este gasto y presión se encuentra el punto de la fuga de dicho conducto.