

3 Metodología

Este capítulo presenta la metodología utilizada para el problema de maximización de la disponibilidad con relación al costo por medio de algoritmos genéticos y programación multiobjetivo, muestra el modelo matemático, prueba de validación y el desarrollo realizado.

En esta sección lo que se realizó para la solución del problema de maximización de la disponibilidad con relación al costo, esta dado por una lista de pasos.

A continuación se presentan los pasos realizados para el problema de maximización de la disponibilidad:

Paso 1. Se definió el problema a evaluar el cuál consiste en encontrar el número adecuado de componentes redundantes para la maximización de la disponibilidad con relación al costo.

Paso 2. Se definió la codificación de los parámetros, la cuál es una codificación de números enteros, teniendo así una representación más práctica que una representación de números binarios, es mas práctico y representativo en este problema de maximización de la disponibilidad con relación al costo al representar a los componentes redundantes (máquinas) con un número entero (ejemplo; número entero 8, número binario 0001), que ayude a visualizar fácilmente el intercambio de elementos.

Esta representación muestra dos listas la cual llamamos combinación, la primera lista esta formada por cinco secciones en donde cada sección muestra un numero entero que representa el numero de componentes redundantes (maquinas) y la segunda lista de igual forma pero representando el numero de equipos de mantenimiento.

Paso 3. Se definió la función de rendimiento para evaluar a los individuos.

La cual se encuentra en la ecuación 2.15.

Paso 4. Se definió la función de reproducción utilizando un punto de recombinación que representa un 20%.

Paso 5. Se definió el operador mutación, al realizar el operador recombinación las soluciones que se encontraron fueron buenas, sin embargo se utilizó este operador dando todo un cambio al complementar una representación del 80%, es decir, 4 secciones en la lista de representación de enteros cambiarían de manera aleatoria y ver así el tipo de resultados, siendo estos factibles.

Paso 6. Se empieza el método utilizado.

Paso 7. Se generó una población de tamaño 50.

Paso 8. Se definió el conjunto de soluciones que mejor se adaptaron, es decir, de la población se tomaron las 5 mejores de lista de representación en cuanto a disponibilidad.

Paso 9. Reproducir a los parámetros y formar la nueva generación entre los padres (de la generación anterior) y los hijos (producto de la reproducción), la cual llamamos recombinación.

Paso 10. Mutar parámetros.

Paso 11. Se comprobó si se llegó a una "mejor" solución.

Paso 12. Si se llegó, entonces los valores de los parámetros dan la mejor solución, si no regresar al paso 6 hasta que se llegue con la mejor solución.

Los datos de tamaño de población, equipos de mantenimiento fueron tomados de acuerdo al artículo de base para este problema [2].

3.1 Modelo Matemático

Función Objetivo: Encontrar el conjunto de vectores de y_i para calcular la disponibilidad y el costo, tal que $[As(y_i), CT(y_i)]$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{i=1}^n w_i * y_i \leq 1000 \quad (3.1)$$

$$\sum_{i=1}^n v_i * y_i \leq 1000 \quad (3.2)$$

$$eq_i \leq y_i \quad (3.3)$$

$$\sum eq_i \leq 20 \quad (3.4)$$

$$y_i \leq 10 \quad (3.5)$$

As = Disponibilidad

CT = Costo Total (Costos de diseño + Costo de mantenimiento)

Variables de decisión;

y_i = número de componentes redundantes (máquinas) que maximiza la disponibilidad asignados al subsistema i .

eq_i = número de equipos de mantenimiento asignados al subsistema siendo menor e igual a 20.

3.2 Prueba de Validación

Este trabajo se basa en el artículo Availability optimization with genetic algorithm realizado por Helio Fiori de Castro y Katia Lucchesi Cavalca [2].

El problema propone un sistema de producción con cinco subsistemas, donde cada subsistema tiene una capacidad para 10 componentes redundantes

(maquinas), así como 20 equipos de mantenimiento disponibles, capacidad de volumen de 1000, capacidad de peso de 1000 unidades en el sistema, los datos utilizados se encuentran en la tabla 3.1.

TABLA 3.1 DATOS UTILIZADOS PARA EL PROBLEMA

Subsistema	MTTF	MTTR	Peso	Volumen	Costo del Diseño	Costo de Mantenimiento	Costo del equipo de Mantenimiento
1	500	50	50	55	50	60	30
2	550	35	45	50	55	40	30
3	600	40	80	70	55	45	25
4	750	30	35	35	40	30	25
5	500	30	70	65	60	50	30

MTTF: Tiempo promedio de falla

MTTR: Tiempo promedio de reparación

Se realizaron cálculos para encontrar y verificar resultados, en base al encontrado por los autores Helio Fiori de Castro y Katia Lucchesi Cavalca [2].

3.3 Desarrollo

1.-Obtención de números aleatorios para representar componentes redundantes (máquinas) y equipos de mantenimiento, teniendo como restricciones:

- a) La suma total de peso en el sistema debe ser menor e igual a 1000.
- b) La suma total de volumen en el sistema debe ser menor e igual a 1000.
- c) El número de equipos de mantenimiento E_{qi} en cada subsistema debe ser igual o menor al número de componentes redundantes encontrados.

- d) Que la suma de los equipos de mantenimiento (Eqi) en el subsistema sea menor o igual a 20 equipos de mantenimiento disponibles.
- e) El número de CRedundantes en cada estación debe ser menor e igual al propuesto 10 (máquinas).

2.-Realización de cálculos; costos totales (costo de diseño y costo de mantenimiento), disponibilidad.

3.- Obtención volumen y peso.

Suma Volumen \leq 1000 valor propuesto problema

Suma Peso \leq 1000 valor propuesto problema

4.- Obtención de soluciones en tabla de los dos factores a analizar disponibilidad y costo total, adicionando un índice para las combinaciones y un rango para la disponibilidad y costo total. Teniendo en cuenta que nivel de disponibilidad mayor es mejor y costo total menor es mejor.

La tabla 3.2 muestra como se representan los resultados, índice que indica el número de combinación, CRedundantes formado por 5 números que representan el número de componentes redundantes (máquinas) encontrados para cada subsistema que maximizan la disponibilidad, Eqi formado por 5 números que representan el número de equipos de mantenimiento encontrados para cada subsistema, Rango que indica posición de acuerdo a mejor disponibilidad y a mejor costo, As que indica el nivel de disponibilidad obtenido

para cada combinación y CT que indica el costo total obtenido para cada combinación.

TABLA 3.2 OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE DISPONIBILIDAD (AS) Y COSTO TOTAL

Índice	Credundantes	Eqi	Rango	As	Rango	CT
0	6 3 1 2 1	5 3 1 1 1	19	86.74	11	1088.67
1	5 3 3 1 3	3 2 1 1 2	6	91.29	24	1185.99

5.- Aplicación de algoritmos genéticos.

Tamaño de la población 50.

Utilizando los operadores recombinación y mutación.

Recombinación.- De la población de 50 combinaciones se tomaron las 5 mejores combinaciones de acuerdo a la mayor disponibilidad. Aleatoriamente se tomaron dos combinaciones que representan al Padre1 y Padre2. Se tomo un elemento representando un 20 % de la combinación el cuál representa una posición aleatoriamente y se realizó la recombinación, para realizar el intercambio de información en los cromosomas de las combinaciones de los componentes redundantes en los hijos, también se intercambio la información de los equipos de mantenimiento para cumplir la restricción 3.3.

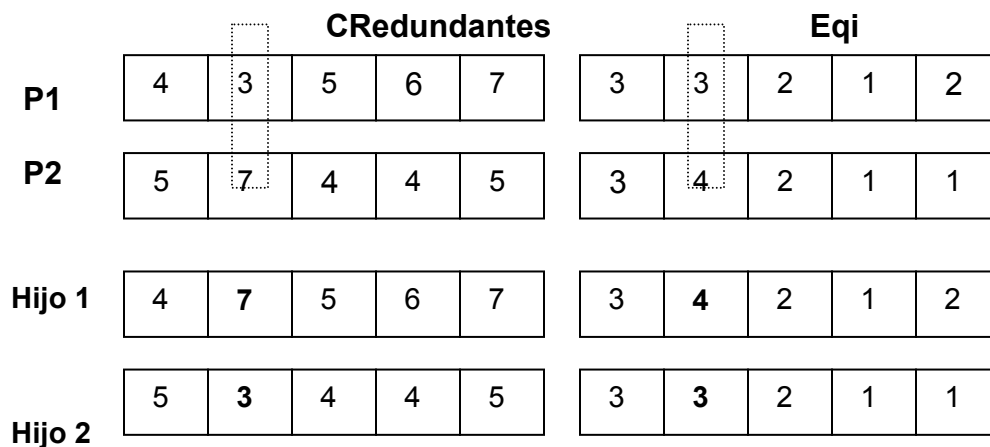


FIGURA 3.1 REPRESENTACIÓN DE RECOMBINACIÓN.

La figura 3.1 representa el operador recombinación, P1 es una combinación encontrada factible para intercambiar información, la cual esta formada por una lista de 5 elementos que representan el número de componentes redundantes (máquinas) para cada subsistema y una lista de 5 elementos que representan el número de equipos de mantenimiento para cada subsistema, la combinación esta formada por 5 subsistemas, se toma un elemento de la primera lista aleatoriamente y se intercambia la información con el segundo padre P2, el recuadro punteado representa el elemento seleccionado.

NOTA: Los operadores recombinación y mutación se basan solo en la primera lista la cual indica el número de componentes redundantes(máquinas) por que lo que se busca es un número adecuado de éstos para maximizar la disponibilidad con relación al costo, la segunda lista que representa los equipos de mantenimiento cambian también por las restricciones 3.3 y 3.4.

Mutación.- Obteniendo una nueva población, se procedió a realizar el operador mutación donde se tomaron cuatro elementos de la lista, representando un 80 % de la combinación, la cuál indica que cuatro posiciones de la combinación cambiaran aleatoriamente para encontrar nuevas soluciones.

	CRedundantes					Eqi				
Aplicando	4	7	5	6	7	3	4	2	1	2
Mutación	3	6	5	4	5	3	3	2	1	1

FIGURA 3.2 REPRESENTACIÓN DE MUTACIÓN

La figura 3.2 muestra la representación de mutación, el recuadro puntuado representa el subsistema o posición no alterada, teniendo en cuenta que cuatro posiciones cambiaron.

6. Obtención de una nueva población, realizando los dos operadores de algoritmos genéticos se procedió a realizar búsqueda de soluciones de combinaciones factibles, realizando grupos de acuerdo al porcentaje de disponibilidad con relación al costo de cada combinación mostrado en la tabla 3.3.

TABLA 3.3 EJEMPLO DE RESULTADOS RANGO, COMBINACIÓN.

Rango	Agrupaciones de disponibilidad
100-98	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 98% hasta el 100%.
98-96	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 96% hasta el 98%.
96-94	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 94% hasta el 96%.
94-92	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 92% hasta el 94%.
92-90	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 90% hasta el 92%.
90-88	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 88% hasta el 90%.
88-86	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 86% hasta el 88%.
86-84	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 84% hasta el 86%.
84-82	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 82% hasta el 84%.
82-80	se agrupan todas las combinaciones con una disponibilidad del 80% hasta el 82%.

De las combinaciones encontradas en cada grupo se tomo la mejor combinación a ese grupo, entendiendo como mejor a la de menor costo.

El programa se realizo en Microsoft C++ 6.0, Profesional Edition ver Anexo 16.

A continuación se muestra el algoritmo principal.

```
Inicializa ();
Leer Datos (argv [1]);
Obtén Cálculos ();
Obtén población ();
Imprime población ();
Aplicar genéticos ();
void Aplicar genéticos() {

printf("Dar el numero de generaciones: ");
scanf("%d", &Num Generaciones);
for (i=0; i<Num Generaciones; i++) {
    Elegir Mas Aptos ();
    Cruza ();
    printf("***** En la generación %d se aplica MUTACION %d    **\n",
i, mutación++);

Imprimir Resultados ();
```