# CAPÍTULO VI

# RESULTADOS

## 6.1 DE y DEE de Diagramas $\overline{X}$ .

El algoritmo diseñado fue probado con el modelo **DERB-HJ** con tiempos de falla con distribución Gamma (ver *Apéndice II*) y Exponencial, e intervalos de muestreo fijos. Los datos del proceso son: $\mu = 182$ $\sigma = \sqrt{10}$ $\delta = 0.5$ $Z_0$=0.25 $Z_1$=1 $D_0$=50 $D_1$=950 a =20 b =4.22 W =1100 Y =500

Los mismos modelos fueron retomados en el modelo **DEERR-GA** con restricciones $\alpha_{\bar{x}} \leq 0.15$ y $\beta_{\bar{x}} \leq 0.20$. En la **Tabla 6.1** se presentan los resultados obtenidos con ambos. Adicionalmente se muestran los resultados obtenidos con el modelo propuesto **DEEOC-BT** usando las mismas restricciones y sin mantenimiento preventivo.

| Distribución del Tiempo entre Fallas | Parámetros | Modelos | n | h | k | α | β | 1−β | E(C ) / E(T) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Exponencial | λ=0,2525 | DERB-HJ | *22* | *1,38* | *1,38* | *0,1670* | *0,1676* | *0,8324* | *471,63* |
| | | DEERR-GA | *24* | *1,39* | *1,44* | *0,1498* | *0,1564* | *0,8436* | *471,96* |
| | | *DEEOC-BT* | *23* | *1,40* | *1,48* | *0,1401* | *0,1780* | *0,8220* | *472,11* |
| | λ=0,1129 | DERB-HJ | *24* | *1,85* | *1,50* | *0,1344* | *0,1703* | *0,8297* | *332,54* |
| | | DEERR-GA | *25* | *1,91* | *1,47* | *0,1396* | *0,1532* | *0,8468* | *332,59* |
| | | *DEEOC-BT* | *25* | *1,94* | *1,50* | *0,1345* | *0,1577* | *0,8423* | *332,60* |
| | λ=0,0505 | DERB-HJ | 26 | 2,63 | 1,57 | 0,1154 | 0,1647 | 0,8353 | 233,28 |
| | | DEERR-GA | 27 | 2,75 | 1,54 | 0,1246 | 0,1440 | 0,8560 | 233,38 |
| | | *DEEOC-BT* | *26* | *2,55* | *1,59* | *0,1109* | *0,1696* | *0,8304* | *233,31* |
| Gamma | Forma=2 Escala=0,05 | DERB-HJ | 28 | 3,77 | 1,62 | 0,1062 | 0,1514 | 0,8486 | 174,02 |
| | | DEERR-GA | 28 | 3,87 | 1,56 | 0,1183 | 0,1393 | 0,8607 | 174,02 |
| | | *DEEOC-BT* | *27* | *3,82* | *1,55* | *0,1212* | *0,1472* | *0,8528* | *174,10* |
| | Forma=2 Escala=0,08 | DERB-HJ | 27 | 3,02 | 1,58 | 0,1131 | 0,1553 | 0,8447 | 210,43 |
| | | DEERR-GA | 28 | 3,13 | 1,56 | 0,1188 | 0,1388 | 0,8612 | 210,39 |
| | | *DEEOC-BT* | *27* | *2,94* | *1,61* | *0,1070* | *0,1620* | *0,8380* | *210,48* |
| | Forma=2 Escala=0,10 | DERB-HJ | 27 | 2,74 | 1,58 | 0,1151 | 0,1533 | 0,8467 | 231,25 |
| | | DEERR-GA | 28 | 2,84 | 1,56 | 0,1190 | 0,1386 | 0,8614 | 231,17 |
| | | *DEEOC-BT* | *27* | *2,81* | *1,55* | *0,1214* | *0,1470* | *0,8530* | *231,27* |

**Tabla 6.1** Comparación de resultados 1.

Los resultados obtenidos con *BT* son muy aproximados a los obtenidos con *GA* en todos los casos, obteniendo casi el mismo valor de función objetivo. De igual manera, las soluciones obtenidas con el algoritmo propuesto mantienen a $\alpha_{\bar{x}}$ y $\beta_{\bar{x}}$ dentro de los límites establecidos de manera satisfactoria.

Otra comparación se obtiene usando el modelo **DEERR-GA** con tiempos entre fallas con distribución Weibull e intervalos de muestreo fijos. Los resultados se presentan en la **Tabla 6.2**.

| Distribución del Tiempo entre Fallas | Parámetros | Modelos | n | h | k | α | β | 1−β | E(C ) / E(T) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weibull | Forma=2 Escala=0,05 | DEERR-GA | 25 | 1,43 | 1,48 | 0,1389 | 0,1538 | 0,8462 | 274,90 |
| | | *DEEOC-BT* | *27* | *1,40* | *1,74* | *0,0825* | *0,1944* | *0,8056* | *270,14* |
| | Forma=2 Escala=0,10 | DEERR-GA | 25 | 1,13 | 1,48 | 0,1397 | 0,1331 | 0,8669 | 339,44 |
| | | *DEEOC-BT* | *25* | *1,10* | *1,65* | *0,0981* | *0,1987* | *0,8013* | *332,29* |

**Tabla 6.2** Comparación de resultados 2.

Con *BT* se obtuvo una reducción en el costo de 1.73 % y en $\alpha_{\bar{x}}$ de 40.6 % para el caso *Weibull(2,0.05)*. Aunque hay un incremento en $\beta_{\bar{x}}$ de 26.4%, se sigue cumpliendo la restricción $\beta_{\bar{x}} \leq 0.20$ de manera satisfactoria. Para el caso *Weibull(2,0.10)*, la reducción en el costo es de 2.1% y de 29.76% en $\alpha_{\bar{x}}$. De igual manera la nueva solución cumple las restricciones de manera satisfactoria.

Para intervalos de muestreo variables, el modelo **DEEOC-BT** sin mantenimiento preventivo se probó con el modelo **DEERR-GA.** Los resultados se presentan en la **Tabla 6.3**.

| Distribución del Tiempo entre Fallas | Parámetros | Modelos | Número de Intervalos m | n | h1 | h2 | h3 | h4 | h5 | h6 | h7 | k | α | β | 1−β | E(C ) / E(T) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weibull | Forma=2 Escala=0,05 | DEERR-GA | 7 | 97 | 2,89 | 1,20 | 0,92 | 0,78 | 0,68 | 0,62 | 0,57 | 2,45 | 0,0143 | 0,0067 | 0,9933 | 218,03 |
| | | *DEEOC-BT* | *7* | *73* | *2,94* | *1,22* | *0,93* | *0,79* | *0,69* | *0,63* | *0,58* | *1,50* | *0,1328* | *0,0028* | *0,9972* | *207,81* |
| | Forma=2 Escala=0,1225 | DEERR-GA | 6 | 80 | 2,07 | 0,86 | 0,66 | 0,55 | 0,49 | 0,44 | | 2,31 | 0,0209 | 0,0153 | 0,9847 | 370,68 |
| | | *DEEOC-BT* | *6* | *62* | *2,07* | *0,86* | *0,66* | *0,55* | *0,48* | *0,44* | | *1,45* | *0,1476* | *0,0064* | *0,9936* | *359,56* |
| Gamma | Forma=2 Escala=0,08 | DEERR-GA | 4 | 26 | 6,94 | 3,82 | 2,10 | 1,15 | | | | 1,50 | 0,1344 | 0,1462 | 0,8538 | 207,34 |
| | | *DEEOC-BT* | *4* | *32* | *8,01* | *4,41* | *2,42* | *1,33* | | | | *1,51* | *0,1298* | *0,0945* | *0,9055* | *206,01* |
| | Forma=2 Escala=0,25 | DEERR-GA | 5 | 27 | 4,32 | 2,37 | 1,31 | 0,72 | 0,40 | | | 1,52 | 0,1291 | 0,1400 | 0,8600 | 352,22 |
| | | *DEEOC-BT* | *5* | *28* | *4,02* | *2,21* | *1,22* | *0,67* | *0,37* | | | *1,56* | *0,1187* | *0,1388* | *0,8612* | *351,27* |

**Tabla 6.3** Comparación de resultados 3.

Para el caso de una distribución *Weibull(2,0.05)* con *m* = 7 intervalos de muestreo, con *BT* se obtuvo una reducción de 4.69% en el costo, y de 24.74 % en el tamaño de la muestra. Por otro lado, para *Weibull(2,0.1225)* con *m* = 6, la reducción fue de 3% en el costo y de 22.5% en el tamaño de la muestra. Para *Gamma (2,0.08)* la reducción en el costo fue de 0.64%, y de 0.27% para *Gamma (2,0.25).*

El tiempo de respuesta del programa diseñado para la implementación del modelo **DEEOC-BT** oscila entre 2 y 5 segundos para los ejercicios de la **Tabla 6.1**. Para el ejercicio de la **Tabla 6.2 y 6.3**, ambos (**DEEOC-BT** y **DEERR-GA**) tardaron aproximadamente 5 minutos. El programa fue probado en una computadora Pentium III a 650 MHz de velocidad.

## 6.2 Diversificación de la Búsqueda Tabú.

En la *sección 5.4* se comentó que la diversificación se puede hacer una vez que no se ha encontrado una mejor solución a la obtenida. Dado que esta última se obtiene a partir de una solución inicial, para diversificar es necesario comenzar a partir de una nueva solución. En total se generan 20 soluciones iniciales que al aplicar *Búsqueda Tabú* van a proporcionar 20 mejores soluciones. En la **Tabla 6.4**, para el caso de la distribución

*Gamma (2, 0.08)* con intervalos fijos, se presentan las soluciones iniciales y sus mejores soluciones respectivas.

| | **Solución Inicial** | | | | **Mejor Solución** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***$t_1$*** | ***n*** | ***h*** | ***k*** | ***E(C)/E(T)*** | ***n*** | ***h*** | ***k*** | ***E(C)/E(T)*** |
| 1 | 43 | 1.28 | 2.29 | 277.39 | 28 | 2.88 | 1.69 | 210.72 |
| 2 | 79 | 1.33 | 2.72 | 371.06 | 24 | 2.93 | 1.52 | 210.76 |
| 3 | 142 | 1.76 | 3.15 | 457.05 | 42 | 2.96 | 1.95 | 216.88 |
| 4 | 89 | 1.64 | 2.81 | 351.09 | 29 | 2.84 | 1.61 | 210.97 |
| 5 | 110 | 1.61 | 2.97 | 406.24 | 25 | 2.81 | 1.57 | 210.63 |
| 6 | 55 | 3.14 | 2.46 | 229.27 | 30 | 3.14 | 1.66 | 210.70 |
| 7 | 176 | 3.61 | 3.31 | 349.99 | 76 | 3.61 | 3.31 | 254.81 |
| **8** | **66** | **3.05** | **2.60** | **240.41** | **26** | **2.85** | **1.60** | **210.54** |
| 9 | 126 | 1.52 | 3.06 | 464.80 | 26 | 2.92 | 1.66 | 210.81 |
| 10 | 218 | 2.90 | 3.46 | 448.52 | 118 | 2.90 | 3.46 | 310.29 |
| 11 | 61 | 3.41 | 2.54 | 232.12 | 31 | 3.41 | 1.54 | 211.09 |
| 12 | 104 | 3.94 | 2.93 | 265.27 | 34 | 3.94 | 1.53 | 212.64 |
| 13 | 86 | 3.77 | 2.79 | 250.52 | 31 | 3.77 | 1.59 | 211.90 |
| 14 | 97 | 3.07 | 2.87 | 275.47 | 27 | 2.87 | 1.67 | 210.69 |
| 15 | 131 | 2.62 | 3.10 | 343.19 | 31 | 2.82 | 1.70 | 211.51 |
| 16 | 213 | 3.70 | 3.44 | 386.89 | 113 | 3.70 | 3.44 | 280.35 |
| 17 | 45 | 1.30 | 2.32 | 280.41 | 25 | 2.90 | 1.52 | 210.69 |
| 18 | 53 | 2.02 | 2.44 | 249.58 | 28 | 2.82 | 1.64 | 210.74 |
| 19 | 179 | 1.06 | 3.32 | 809.57 | 79 | 2.86 | 3.32 | 266.91 |
| 20 | 229 | 2.87 | 3.50 | 467.02 | 129 | 2.87 | 3.50 | 326.39 |

**Tabla 6.4** Diversificación de las soluciones iniciales.

Las soluciones iniciales son aleatorias y cada una lleva a generar una vecindad diferente que representa soluciones adyacentes a la misma. Estas vecindades son espacios potenciales en los cuales se puede encontrar la mejor solución. En este caso, la solución inicial 8 es la que genera la mejor solución de todo el proceso de búsqueda.

Este es un resultado favorable de la diversificación. Si sólo se hubiera hecho la *Búsqueda Tabú* a partir de una única solución inicial, por ejemplo la primera, se restringe la búsqueda a sólo una vecindad que puede no llegar a contener la mejor solución. Para el caso de la primera solución inicial, que generó una mejor solución con valor de 210.72 cuando el mejor es de 210.54, puede no haber mucha diferencia. Sin embargo suponga que la solución inicial fue la 10, la cual genera una mejor solución con valor de 310.29. Ahora existe una diferencia importante con respecto al mejor valor.

En algunos casos, el tener una solución inicial de buena calidad puede proporcionar una muy buena solución final, sin embargo observe las soluciones iniciales 13 y 14. Aunque 14 tiene un costo mayor al de 13, genera una mejor solución de menor costo con respecto a la misma. Por lo tanto la eficiencia de *BT* puede no depender de la calidad de la solución inicial. Por otro lado, se comprueba que la diversificación proporciona los medios para explorar diferentes espacios de soluciones y llegar a encontrar la mejor solución.

**6.3 DE y DEE de Diagramas $\overline{X} - S$.**

En este caso se probó el algoritmo completo presentado en la *sección 5.4* para el diseño del conjunto de diagramas $\overline{X} - S$. El modelo de comparación es el de Davis y Saniga **[17]** (**DEEDS-CB** y **DEDS-CB**) para el mismo tipo de diseño, utilizando la función de costos de Lorenzen y Vance **[19]**. Las características de este modelo (ver *Apéndice II*) son:

- Tiempo entre fallas con distribución exponencial: $\lambda = 0.01$ e intervalos de muestreo fijos.
- Datos del proceso: $\mu = 0$ $\sigma = 1$ $\mu_1 = 1.5$ $\sigma_1 = 2$

  $E = 0.01$ $T_0 = 0.1$ $T_1 = 0.1$ $T_2 = 0.5$ $C_0 = 0$ $C_1 = 100$

  $Y = 1$ $W = 2$ $a = 0.5$ $b = 0.1$ $d_1 = d_2 = 0$

En la **Tabla 6.5** se muestran los resultados obtenidos con el modelo **DEEOC-BT** y su comparación con los obtenidos por **DEEDS-CB** y **DEDS-CB** usando la misma función de costos. Las restricciones establecidas para ambos diagramas son $ARL_1 > 192$ ($\alpha <$

0.005) y $ARL_2 < 2$ ($(1-\beta) > 0.5$). Para hacer la comparación con **DEDS-CB**, el modelo **DEEOC-BT** se probó sin las restricciones, lo cual da el modelo **DEOC-BT**.

| Modelos | n | h | $\overline{X}$ kx | S ks | α | E(C) / E(T) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| DEDS-CB | 4 | 1,30 | 2,00 | 1,45 | 0,1386 | 1,62 |
| *DEOC-BT* | *3* | *1,31* | *1,24* | *1,24* | *0,2150* | *1,56* |
| DEEDS-CB | 7 | 1,30 | 3,00 | 1,85 | 0,0049 | 1,87 |
| *DEEOC-BT* | *8* | *1,50* | *2,83* | *1,82* | *0,0046* | *1,83* |

**Tabla 6.5** Comparación de resultados 4.

Para el **DEE** se obtuvo una reducción en el costo de 2.1% y una reducción en $\alpha$ de 5.1%. En el caso del **DE** en donde no hay restricciones, el algoritmo encuentra una mejor solución, la cual representa una reducción en el costo de 3.7 %, aunque $\alpha$ aumenta en un 55 %. Esta es una de las desventajas más importantes del diseño económico en donde no hay control sobre las probabilidades de error al momento de minimizar los costos.

En estos ejemplos el modelo **DEEOC-BT** sin mantenimiento preventivo demuestra su eficiencia para encontrar valores mínimos independientemente del modelo de costos utilizado. Por lo tanto puede ser aplicado a diferentes modelos para el **DE** y el **DEE** de diagramas de control.

### 6.4 DEEOC-BT

Los resultados se obtuvieron con los siguientes datos:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\mu = 182$ | $\sigma = \sqrt{10}$ | $\sigma_1 = \sqrt{18}$ | $\delta = 0.5$ | $Z_0$=0.25 | $Z_1$=1 |
| $D_0$=50 | $D_1$=950 | a =20 | b =4.22 | W =1100 | Y =500 |
| $Z_2$=0.75 | $M_1$=100 | $M_2$=300 | SWm =1100 | $\alpha \le 0.15$ | $\beta \le 0.20$ |

Dado que se trata de un modelo nuevo, no hay instancias con las cuales comparar los resultados obtenidos en las **Tablas 6.6** y **6.7**. Sin embargo se proporcionan como base para futuros estudios.

### 6.4.1 Intervalos de Muestreo Fijos

| Distribución del Tiempo entre Fallas | Parámetros | Modelos | $\ell$ | n | h | kx | ks | $\alpha$ | $1-\beta$ | $\frac{E(C)}{E(T)}$ | Ahorro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Exponencial | λ=0,0505 | DEEOC-BT | – | 36 | 2,90 | 1,82 | 1,39 | 0,0691 | 0,9852 | 224,00 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 37 | 5,08 | 1,86 | 1,30 | 0,0677 | 0,9873 | 208,29 | 7,01% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 40 | 5,05 | 1,98 | 1,35 | 0,0485 | 0,9888 | 213,47 | 4,70% |
| | λ=0,1010 | DEEOC-BT | – | 37 | 2,24 | 1,89 | 1,39 | 0,0587 | 0,9855 | 305,95 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 35 | 3,37 | 1,81 | 1,40 | 0,0702 | 0,9835 | 277,57 | 9,28% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 34 | 3,45 | 1,71 | 1,50 | 0,0877 | 0,9819 | 271,79 | 11,17% |
| | λ=0,2525 | DEEOC-BT | – | 32 | 1,48 | 1,62 | 1,49 | 0,1046 | 0,9799 | 460,97 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 34 | 2,41 | 1,71 | 1,34 | 0,0896 | 0,9846 | 414,01 | 10,19% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 32 | 2,21 | 1,60 | 1,46 | 0,1107 | 0,9810 | 372,11 | 19,28% |
| Weibull | m = 2 1/c=0.0505 | DEEOC-BT | – | 33 | 4,26 | 2,13 | 1,53 | 0,0336 | 0,9687 | 116,34 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 32 | 6,94 | 2,02 | 1,41 | 0,0437 | 0,9722 | 113,81 | 2,17% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 34 | 8,35 | 2,24 | 1,35 | 0,0275 | 0,9740 | 126,08 | -8,37% |
| | m = 2 1/c=0,1010 | DEEOC-BT | – | 34 | 2,58 | 2,13 | 1,51 | 0,0330 | 0,9721 | 164,23 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 32 | 4,46 | 2,02 | 1,51 | 0,0436 | 0,9696 | 156,31 | 4,82% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 32 | 4,80 | 2,02 | 1,51 | 0,0429 | 0,9694 | 166,93 | -1,64% |
| | m = 2 1/c=0.2525 | DEEOC-BT | – | 34 | 1,26 | 2,14 | 1,40 | 0,0332 | 0,9750 | 283,75 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 31 | 2,16 | 2,09 | 1,48 | 0,0364 | 0,9652 | 257,11 | 9,39% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 34 | 2,69 | 2,14 | 1,36 | 0,0342 | 0,9759 | 248,34 | 12,48% |
| Gamma | m = 2 λ=0.0505 | DEEOC-BT | – | 36 | 5,77 | 1,82 | 1,47 | 0,0687 | 0,9838 | 102,85 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 40 | 10,49 | 1,99 | 1,32 | 0,0491 | 0,9891 | 100,10 | 2,67% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 41 | 11,62 | 2,07 | 1,40 | 0,0390 | 0,9883 | 109,35 | -6,33% |
| | m = 2 λ=0,1010 | DEEOC-BT | – | 35 | 3,76 | 1,81 | 1,46 | 0,0711 | 0,9825 | 136,15 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 38 | 6,74 | 1,90 | 1,42 | 0,0577 | 0,9865 | 130,83 | 3,91% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 36 | 7,69 | 1,85 | 1,41 | 0,0648 | 0,9844 | 139,96 | -2,80% |
| | m = 2 λ=0.2525 | DEEOC-BT | – | 33 | 2,05 | 1,72 | 1,49 | 0,0853 | 0,9798 | 218,37 | |
| | | DEEOC-BT MP | 0 | 34 | 3,79 | 1,73 | 1,33 | 0,0868 | 0,9844 | 203,35 | 6,88% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 34 | 4,26 | 1,74 | 1,33 | 0,0860 | 0,9843 | 201,40 | 7,77% |

**Tabla 6.6** Resultados del modelo DEEOC-BT con intervalos de muestreo fijos.

### 6.4.2 Intervalos de Muestreo Variables.

| Distribución del Tiempo entre Fallas | Parámetros | Modelos | $\ell$ | n | h1 | h2 | h3 | h4 | h5 | h6 | h7 | kx | ks | $\alpha$ | $1-\beta$ | $\frac{E(C)}{E(T)}$ | Ahorro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weibull | m = 2 | DEEOC-BT | – | 35 | 7,65 | 3,17 | 2,43 | 2,05 | 1,81 | 1,63 | 1,50 | 1,81 | 1,48 | 0,0710 | 0,9821 | 214,68 | |
| | 1/c=0.0505 | DEEOC-BT MP | 0 | 40 | 10,58 | 4,38 | 3,36 | 2,83 | 2,50 | 2,26 | 2,08 | 2,01 | 1,36 | 0,0452 | 0,9884 | 195,87 | 8,76% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 41 | 11,43 | 5,17 | 4,14 | 3,61 | 3,27 | 3,03 | 2,85 | 2,06 | 1,30 | 0,0428 | 0,9896 | 222,61 | -3,69% |
| | m = 2 | DEEOC-BT | – | 37 | 4,65 | 1,93 | 1,48 | 1,25 | 1,10 | 0,99 | 0,91 | 1,88 | 1,45 | 0,0598 | 0,9847 | 302,33 | |
| | 1/c=0,1010 | DEEOC-BT MP | 0 | 35 | 7,05 | 2,92 | 2,24 | 1,89 | 1,66 | 1,50 | 1,38 | 1,81 | 1,40 | 0,0713 | 0,9837 | 269,47 | 10,87% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 36 | 8,56 | 3,98 | 3,23 | 2,84 | 2,59 | 2,42 | 2,28 | 1,80 | 1,26 | 0,0864 | 0,9875 | 300,10 | 0,74% |
| | m = 2 | DEEOC-BT | – | 30 | 2,91 | 1,21 | 0,92 | 0,78 | 0,69 | 0,62 | 0,57 | 1,60 | 1,32 | 0,1173 | 0,9795 | 462,38 | |
| | 1/c=0.2525 | DEEOC-BT MP | 0 | 34 | 4,01 | 1,66 | 1,27 | 1,07 | 0,95 | 0,86 | 0,79 | 1,71 | 1,34 | 0,0896 | 0,9846 | 411,49 | 11,01% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 37 | 5,45 | 2,70 | 2,24 | 2,01 | 1,86 | 1,75 | 1,67 | 1,64 | 1,28 | 0,1082 | 0,9903 | 430,63 | 6,87% |
| Gamma | m = 2 | DEEOC-BT | – | 43 | 11,85 | 4,91 | 1,56 | 0,42 | 0,10 | | | 2,08 | 1,45 | 0,0373 | 0,9897 | 182,53 | |
| | $\lambda$=0.0505 | DEEOC-BT MP | 0 | 42 | 11,01 | 4,56 | 1,45 | 0,39 | 0,09 | | | 2,00 | 1,46 | 0,0460 | 0,9895 | 189,29 | -3,70% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 44 | 11,96 | 5,70 | 2,56 | 1,44 | 1,09 | | | 2,16 | 1,39 | 0,0313 | 0,9906 | 196,89 | -7,87% |
| | m = 2 | DEEOC-BT | – | 37 | 8,91 | 3,69 | 1,17 | 0,31 | 0,07 | | | 1,90 | 1,42 | 0,0583 | 0,9850 | 240,51 | |
| | $\lambda$=0,1010 | DEEOC-BT MP | 0 | 40 | 11,50 | 4,76 | 1,51 | 0,41 | 0,10 | | | 1,94 | 1,38 | 0,0527 | 0,9889 | 218,98 | 8,95% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 40 | 10,51 | 5,11 | 2,37 | 1,39 | 1,08 | | | 2,00 | 1,42 | 0,0458 | 0,9876 | 232,11 | 3,49% |
| | m = 2 | DEEOC-BT | – | 35 | 5,21 | 2,16 | 0,69 | 0,18 | 0,04 | | | 1,81 | 1,44 | 0,0698 | 0,9828 | 359,16 | |
| | $\lambda$=0.2525 | DEEOC-BT MP | 0 | 36 | 6,64 | 2,75 | 0,87 | 0,23 | 0,06 | | | 1,85 | 1,45 | 0,0647 | 0,9837 | 322,86 | 10,11% |
| | | DEEOC-BT MP | 1 | 33 | 5,80 | 3,15 | 1,75 | 1,22 | 1,04 | | | 1,70 | 1,42 | 0,0895 | 0,9815 | 326,06 | 9,22% |

**Tabla 6.7** Resultados del modelo DEEOC-BT con intervalos de muestreo variables.

En la **Tabla 6.6** observe que en el caso exponencial con $\lambda = 0.0505$ hay ahorros significativos (7.01% y 4.70%) cuando se implementa **MP**, se detenga ($\ell = 1$) o no ($\ell = 0$) el proceso durante el mismo. Este ahorro es mayor cuando la tasa de fallas aumenta ($\lambda = 0.1010$, $\lambda = 0.2525$). En el caso Weibull, cuando la tasa de fallas es pequeña (1/c=0.0505 y 1/c=0.1010), el mayor ahorro se obtiene cuando se hace **MP** sin detener el proceso ($\ell = 0$). Si se detiene el proceso ($\ell = 1$) se tienen pérdidas hasta del 8.37%. Lo contrario se presenta cuando la tasa de fallas es grande (1/c=0.2525), en donde hay un ahorro del 9.39% si el proceso continúa durante el **MP**, y 12.48% si se detiene. El mismo comportamiento se presenta en el caso Gamma, en donde hay ahorros significativos cuando la tasa es pequeña ($\lambda = 0.0505$ $\lambda = 0.1010$) y $\ell = 0$, pero pérdidas considerables cuando $\ell = 1$. Los mejores resultados se obtienen cuando la tasa de fallas es grande ($\lambda = 0.2525$). Note que en todos los casos con **MP** la longitud del intervalo de muestreo *h* aumentó considerablemente. *h* aumenta porque se mejora la confiabilidad del proceso.

En la **Tabla 6.7** los resultados siguen el mismo comportamiento. En el caso Weibull con *m* =7 intervalos, hay ahorros grandes (8.76%, 10.87%) cuando las tasas de fallas son pequeñas (1/c=0.0505, 1/c=0.1010), y $\ell = 0$. Hay pérdidas (-3.69%) o ahorros muy pequeños (0.74%) si $\ell = 1$. Cuando la tasa de fallas es grande se tienen los mayores ahorros (11.01%, 6.87%) con $\ell = 0$ y $\ell = 1$. En el caso Gamma con *m* =5 intervalos, sólo hay pérdidas (-3.70%, -7.87%) cuando la tasa es pequeña ($\lambda = 0.0505$), con $\ell = 0$ y $\ell = 1$. Se tienen ahorros cuando la tasa es mayor ($\lambda = 0.1010$, $\lambda = 0.2525$), obteniendo el mejor cuando $\ell = 0$. Como en la **Tabla 6.6**, observe que las longitudes de los intervalos de muestreo $h_j$ aumentaron dado que se mejoró la confiabilidad del sistema.