CAPÍTULO 6
MODELOS DETERMINÍSTICOS MULTIDEMANDA

Las cosas se deben hacer tan
simples como sea posible…
pero no más simples.
Albert Einstein

Un modelo determinístico multidemanda es aquel en el cual la demanda no se mantiene constante en el tiempo, sino que puede presentar variaciones en diferentes periodos del tiempo. Esto resulta frecuente cuando los productos presentan cierta estacionalidad, por ejemplo, los juguetes son mayormente demandados en la época de navidad, los artículos para la playa tienen una mayor demanda en verano, los útiles escolares tienen alta demanda antes del inicio de cursos, los productos de moda, etc. Regularmente este tipo de modelos presenta una mayor variabilidad en la demanda lo cual hace que la aplicación de las fórmulas obtenidas en los modelos EOQ sea poco práctica.

Durante mucho tiempo el problema fue tratado de resolver utilizando una formulación similar a los modelos de la cantidad económica de pedido, sin embargo, tratar de realizar una formulación considerando las diferentes opciones de demanda en cada periodo resulta prácticamente imposible.

Estos tipos de problemas regularmente se resuelven utilizando métodos de programación dinámica, la cual es una técnica de optimización totalmente diferente. La solución a este tipo de problemas fue presentada casi 45 años después de la formulación de los modelos EOQ, el artículo que solucionaba este problema fue escrito por Warner y Whitin, lo cual dio nombre al algoritmo de solución más eficiente para este tipo de modelos.

Además de este algoritmo, existe también un método heurístico que resulta ser muy útil por su simplicidad y es conocido como el heurístico de Silver-Meal.

El objetivo de este capítulo es justamente estudiar estos dos métodos.

6.1 El Algoritmo de Warner-Whitin

Al igual que los modelos estudiados hasta el momento, este algoritmo tiene por objeto generar una solución de costo mínimo y establecer las cantidades de pedido que deben de ser utilizadas para alcanzar este fin.

El procedimiento de solución es simple, y consiste en evaluar las posibles opciones de realizar pedidos en cada uno de los periodos considerados en el horizonte de planeación. La gran ventaja del método consiste en que no considera todas las políticas posibles, sino que únicamente se limita a evaluar aquellas que son necesarias para alcanzar aquella combinación que representa el mínimo costo. Además de la simplicidad del método una de sus grandes ventajas es su recursividad, lo cual facilita la posibilidad de su programación en algún lenguaje computacional.

Por otra parte, además de considerar una demanda diferente en cada periodo el modelo permite la flexibilidad necesaria como para que cada uno de los costos puedan variar de un periodo a otro.

No obstante, el método también considera algunos supuestos que podrían considerarse como una desventaja respecto a los modelos estudiados en los capítulos anteriores.

Supuestos del modelo
1. La demanda se conoce con exactitud en cada periodo.
2. La planificación se realiza sobre un horizonte de tiempo finito.
3. La demanda debe ser satisfecha.
4. Los pedidos sólo pueden realizarse sobre al inicio de cada periodo.
5. El costo de inventarios únicamente se aplica sobre aquellas unidades que pasan de un periodo a otro.

No obstante las desventajas que presenta este modelo, existe la posibilidad de solventarlas si el método se utiliza de forma adecuada. Esta afirmación se discutirá al final de esta sección.

Por otra parte, la metodología funciona de la siguiente forma:

a. Se calcula el costo óptimo de satisfacer la demanda para el primer periodo.
b. Utilizando el cálculo realizado en el primer inciso se obtienen los costos de las diferentes posibilidades para satisfacer la demanda de los dos primeros periodos. El menor de estos costos representará el costo óptimo para dos periodos.
c. Utilizando los cálculos anteriores se obtienen los costos para satisfacer la demanda del siguiente periodo considerando todas las opciones posibles en su administración de inventario. Después de realizar los cálculos se selecciona siempre el menor de los costos como el costo óptimo de satisfacción de demanda en ese periodo.
d. El paso anterior se repite hasta determinar el costo óptimo de los n periodos que constituyen el problema.

El siguiente ejemplo plantea cómo se realizan los cálculos que se describen en cada uno de los incisos anteriores.

Ejemplo 6.1

Suponga que una empresa de administrar sus inventarios durante el siguiente año. Para esto, la empresa ha dividido el año en cuatro trimestres y ha calculado la demanda y pronosticado los costos en los que incurrirá en la realización de una orden de pedido, en el mantenimiento de inventario y el costo adquirir un artículo en cada uno de estos periodos. Los datos relevantes se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 5.1. Datos para el ejemplo 5.1

	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Demanda	6000	4000	3000	7000
Costo de pedir	$6000	$7000	$8000	$6000
Costo de adquirir	$90	$91	$88	$92
Costo de mantener	$1.50	$1.00	$1.00	$1.50

Solución

En este caso, el problema consta de cuatro periodos.

El primer paso consiste en suponer que el problema consiste en un solo periodo y que se desea minimizar el Costo Total.

En este caso, dadas las condiciones del problema sólo tendríamos una posibilidad. Adquirir las 6000 unidades que se desean satisfacer al inicio de este periodo. Como el problema lo estamos limitando en este momento a únicamente el primer periodo entonces se deberían solicitar únicamente las 6000 unidades que se están demandando, y dado que las 6000 unidades se consumirán en este periodo, no se contempla tampoco la posibilidad de que una unidad se mantenga en inventario de un periodo a otro. Es decir, el costo total óptimo sería:

$$K_1 = \begin{pmatrix} \text{Costo de pedir} \\ \text{en el primer} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de adquirir} \\ \text{en el primer} \\ \text{periodo} \end{pmatrix}$$

$$K_1 = 6000 + 6000(90) = 546{,}000$$

Dada que esta es la única posibilidad, entonces este costo representaría el costo total óptimo para el problema de un solo periodo.

Ahora supondremos que el problema consiste únicamente de dos periodos y trataremos de determinar el costo óptimo para los dos periodos. Para el caso de dos periodos, existen dos diferentes posibilidades para satisfacer la demanda:

1) Utilizar la política óptima para un periodo y realizar otro pedido en el segundo periodo; o
2) Realizar un único pedido en el primer periodo que satisfaga la demanda de ambos periodos

Comparando los costos de ambas opciones se obtendría la política óptima para el problema correspondiente a dos periodos.

$$K_2 = min \begin{cases} K_1 + K_{2,2} = \begin{pmatrix} \text{Costo de óptimo} \\ \text{del problema} \\ \text{de un periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de pedir} \\ \text{en el segundo} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de adquirir} \\ \text{en el segundo} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} \\ K_{1,2} = \begin{pmatrix} \text{Costo de pedir} \\ \text{en el primer} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de adquirir} \\ \text{en el primer} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de mantener} \\ \text{unidades del primero} \\ \text{al segundo periodo} \end{pmatrix} \end{cases}$$

Es decir,

$$K_2 = min \begin{cases} K_1 + K_{2,2} = 546{,}000 + 7000 + 4000(91) = 917{,}000 \\ K_{1,2} = 6000 + 10000(90) + 4000(1.5) = 912{,}000 \end{cases}$$

$$K_2 = 912{,}000$$

Nuevamente supondremos que el problema consiste únicamente de tres periodos, y entonces existirán ahora tres diferentes posibilidades:

1) Utilizar la política óptima para dos periodos y realizar otro pedido en el tercer periodo;
2) Utilizar la política óptima para un periodo y realizar un pedido en el segundo periodo para el segundo y tercer periodo; o
3) Realizar un único pedido en el primer periodo que satisfaga la demanda de los tres periodos.

En este caso:

$$K_3 = min \begin{cases} K_2 + K_{3,3} = \begin{pmatrix} Costo\ de\ óptimo \\ del\ problema \\ de\ dos\ periodos \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Costo\ de\ pedir \\ en\ el\ tercer \\ periodo \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Costo\ de\ adquirir \\ en\ el\ tercer \\ periodo \end{pmatrix} \\ K_1 + K_{2,3} = \begin{pmatrix} Costo\ de\ óptimo \\ del\ problema \\ de\ un\ periodo \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Costo\ de\ pedir \\ en\ el\ segundo \\ periodo \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Costo\ de\ adquirir \\ en\ el\ segundo \\ periodo \end{pmatrix} \\ \qquad + \begin{pmatrix} Costo\ de\ mantener \\ unidades\ del\ segundo \\ al\ tercer\ periodo \end{pmatrix} \\ K_{1,3} = \begin{pmatrix} Costo\ de\ pedir \\ en\ el\ primer \\ periodo \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Costo\ de\ adquirir \\ en\ el\ primer \\ periodo \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Costo\ de\ mantener \\ unidades\ del\ primer \\ al\ segundo\ periodo \end{pmatrix} \\ \qquad + \begin{pmatrix} Costo\ de\ mantener \\ unidades\ del\ segundo \\ al\ tercer\ periodo \end{pmatrix} \end{cases}$$

Por lo que

$$K_3 = min \begin{cases} K_2 + K_{3,3} = 912{,}000 + 8000 + 3000(88) = 1'184{,}000 \\ K_1 + K_{2,3} = 546{,}000 + 7000 + 7000(91) + 3000(1) = 1'193{,}000 \\ K_{1,3} = 6000 + 13000(90) + 7000(1.5) + 3000(1) = 1'189{,}500 \end{cases}$$

$$K_3 = 1'184{,}000$$

Finalmente se consideran los cuatro periodos. Como es lógico suponer, en este caso existirán cuatro diferentes posibilidades:

1) Utilizar la política óptima para tres periodos y realizar otro pedido en el cuarto periodo;
2) Utilizar la política óptima para dos periodos y realizar un pedido en el tercer periodo para el tercero y cuarto periodo;

3) Utilizar la política óptima para un periodo y realizar un pedido en el segundo periodo para el segundo, tercer y cuarto periodo; o

4) Realizar un único pedido en el primer periodo que satisfaga la demanda de los cuatro periodos

Por lo tanto:

$$K_4 = min\begin{cases} K_3 + K_{4,4} = \begin{pmatrix} \text{Costo de óptimo} \\ \text{del problema} \\ \text{de tres periodos} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de pedir} \\ \text{en el cuarto} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de adquirir} \\ \text{en el cuarto} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} \\[2ex] K_2 + K_{3,4} = \begin{pmatrix} \text{Costo de óptimo} \\ \text{del problema} \\ \text{de dos periodos} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de pedir} \\ \text{en el tercer} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de adquirir} \\ \text{en el tercer} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} \\ \qquad + \begin{pmatrix} \text{Costo de mantener} \\ \text{unidades del tercero} \\ \text{al cuarto periodo} \end{pmatrix} \\[2ex] K_1 + K_{2,4} = \begin{pmatrix} \text{Costo de óptimo} \\ \text{del problema} \\ \text{de un periodos} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de pedir} \\ \text{en el segundo} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de adquirir} \\ \text{en el segundo} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} \\ \qquad + \begin{pmatrix} \text{Costo de mantener} \\ \text{unidades del segundo} \\ \text{al tercer periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de mantener} \\ \text{unidades del tercero} \\ \text{al cuarto periodo} \end{pmatrix} \\[2ex] K_{1,4} = \begin{pmatrix} \text{Costo de pedir} \\ \text{en el primer} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de adquirir} \\ \text{en el primer} \\ \text{periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de mantener} \\ \text{unidades del primero} \\ \text{al segundo periodo} \end{pmatrix} \\ \qquad + \begin{pmatrix} \text{Costo de mantener} \\ \text{unidades del segundo} \\ \text{al tercer periodo} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{Costo de mantener} \\ \text{unidades del tercero} \\ \text{al cuarto periodo} \end{pmatrix} \end{cases}$$

Asi,

$$K_4 = min\begin{cases} K_3 + K_{4,4} = 1'184{,}000 + 6000 + 92(7000) = 1'834{,}000 \\[1ex] K_2 + K_{3,4} = 912{,}000 + 8000 + 10000(88) + 7000(1) = 1'807{,}000 \\[1ex] K_1 + K_{2,4} = 546{,}000 + 7000 + 14000(91) + 10000(1) + 7000(1) = 1'837{,}000 \\[1ex] K_{1,4} = 6{,}000 + 20000(90) + 14000(1.5) + 10000(1) + 7000(1) = 1'844{,}000 \end{cases}$$

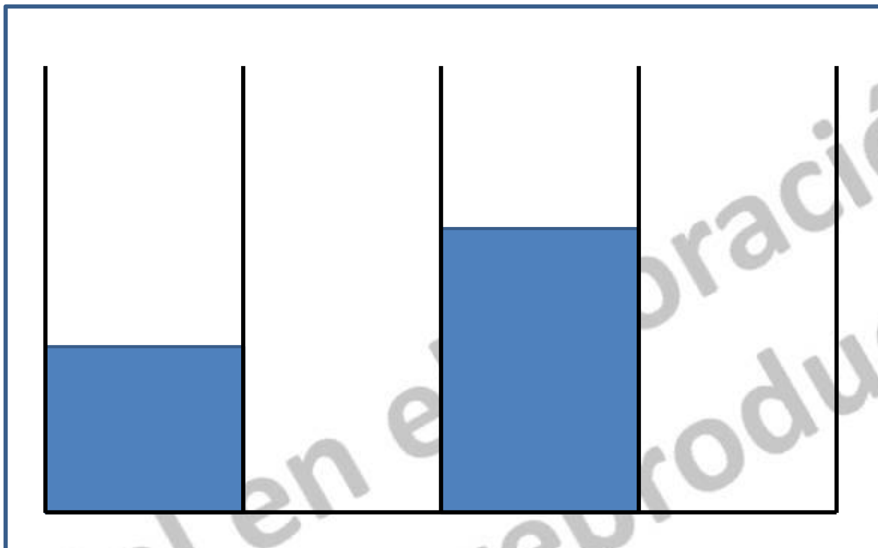
$$K_4 = 1'807{,}000$$

Dada la solución obtenida, entonces es posible obtener la política óptima de la siguiente manera: $K_4 = K_2 + K_{3,4} = K_{1,2} + K_{3,4}$, lo cual significa que debemos realizar un pedido en el Periodo 1 (con unidades suficientes para satisfacer la demanda del Periodo 1 y el Periodo

2) y realizar otro pedido en el Periodo 3 (con unidades suficientes para satisfacer la demanda del Periodo 3 y el Periodo 4).

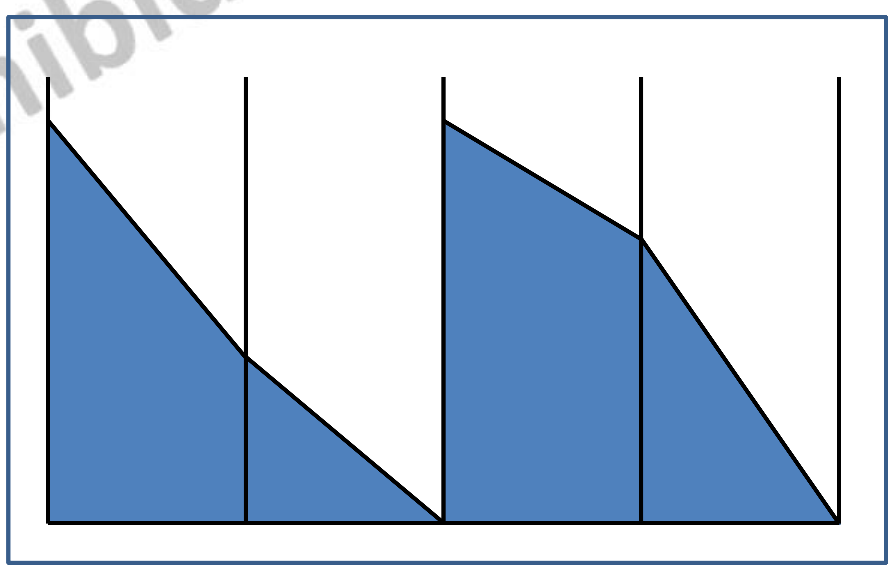
Considerando la política establecida, los costos que se obtienen en el modelo se basan en un comportamiento del inventario como el que se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 6.1 COMPORTAMIENTO DEL INVENTARIO EN CADA PERIODO CUANDO SE CONSIDERA EL ALGORITMO DE WAGNER-WHITIN



No obstante, en la realidad el inventario debería comportarse como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 6.2 COMPORTAMIENTO REAL DEL INVENTARIO EN CADA PERIODO



Como puede observarse, los niveles de inventario son realmente diferentes, esta es una de las constantes críticas a este algoritmo. La segunda crítica que resulta fundamental es la restricción de realizar pedidos únicamente al inicio de cada periodo, en el caso del ejemplo anterior, esto ofrecería solo cuatro ventanas de tiempo para poder realizar los pedidos, lo cual podría tener inconvenientes. Por ejemplo, si el inventario que se solicita fuese demasiado grande, entonces quizá sería conveniente realizar pedidos intermedios en los periodos.

Una forma fácil de solucionar esto es dividir los trimestres en periodos de tiempo más pequeños. Por ejemplo, en este caso, se podría tratar de dividir los trimestres en 25 periodos (en este caso, cada uno de ellos podría representarnos periodos de tres días).

TABLA 6.2 DATOS DEL EJEMPLO 5.1 CONSIDERANDO 25 VENTANAS DE TIEMPO POR TRIMESTRE.

	Demanda	Costo de pedir	Costo de adquirir	Costo de mantener
Trim. 1 (Periodo 1)	240	$6000	$90	$0.06
Trim. 1 (Periodo 2)	240	$6000	$90	$0.06
……………..	………….	………….	………….	………….
Trim. 1 (Periodo 25)	240	$6000	$90	$0.06
Trim. 2 (Periodo 1)	160	$7000	$91	$0.04
Trim. 2 (Periodo 2)	160	$7000	$91	$0.04
……………..	………….	………….	………….	………….
Trim. 2 (Periodo 25)	160	$7000	$91	$0.04
Trim. 3 (Periodo 1)	120	$8000	$88	$0.04
Trim. 3 (Periodo 2)	120	$8000	$88	$0.04
……………..	………….	………….	………….	………….
Trim. 3 (Periodo 25)	120	$8000	$88	$0.04
Trim. 4 (Periodo 1)	280	$6000	$92	$0.06
Trim. 4 (Periodo 2)	280	$6000	$92	$0.06
……………..	………….	………….	………….	………….
Trim. 4 (Periodo 25)	280	$6000	$92	$0.06

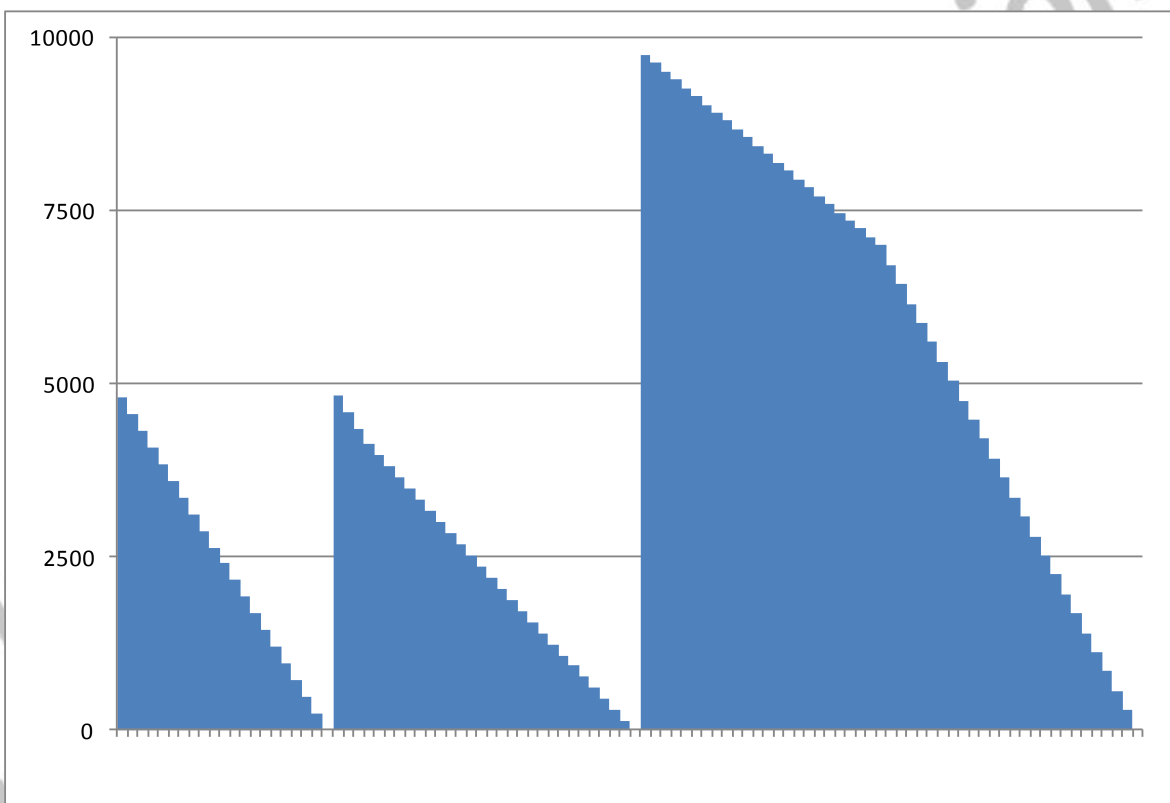
Note que, al dividir los trimestres en fracciones de tiempo más pequeñas, la demanda debería ser calculada para cada fracción del tiempo, el costo de pedir no se modifica (ya que es el costo en que se incurre cuando se realiza un pedido), el costo de adquirir tampoco sufre modificaciones y el costo de mantener resultaría el único costo que debería de ser modificado.

Por otra parte, aunque obviamente existen muchos cálculos para poder dar solución a este problema, también podemos argumentar que la sencillez del método facilitaría su programación.

La solución de este problema es:
Solicitar 5040 unidades en el Periodo 1 del Trimestre 1
Solicitar 5080 unidades en el Periodo 22 del Trimestre 1
Solicitar 9880 unidades en el Periodo 2 del Trimestre 3
El costo total de esta política sería $1’819, 464.00

La siguiente gráfica refleja el comportamiento de la política anterior.

FIGURA 6.3 COMPORTAMIENTO DEL INVENTARIO EN EL ALGORITMO DE WAGNER-WHITIN CUANDO SE FRACCIONAN LOS PERIODOS.



Como puede observarse, el comportamiento del inventario (y por lo tanto, el costo de mantenimiento) está reflejado de mejor forma que en el problema que únicamente contemplaba cuatro trimestres. Por otra parte, la restricción de pedir únicamente al inicio de cada periodo también ha sido eficientemente evadida, ya que el incremento de los periodos provoca que los pedidos puedan realizarse considerando un número mucho más grande de opciones. Finalmente, si se desease una planeación a largo plazo, entonces simplemente se tendrían que anexar una mayor cantidad de periodos dentro de la planeación.

De esta manera, las críticas más importantes a este modelo podrían ser ignoradas si los periodos se dividen en intervalos de tiempo más pequeños.

6.2 El Heurístico de Silver-Meal

Aun y cuando el Algoritmo de Warner-Whitin es sumamente aplicable por su grado de exactitud, su sencillez y la facilidad para su programación, existen otros métodos heurísticos que son de mayor simplicidad y que pueden ofrecer una aproximación bastante buena a la solución de un problema.

El Heurístico de Silver-Meal es uno de estos métodos, la lógica de este heurístico consiste en determinar del costo promedio por periodo en función de la cantidad de periodos que cubre un pedido.

En el primer periodo se ordena la cantidad necesaria para cubrir la demanda de ese periodo y se calcula su costo, a esto se le denomina $K_{1,1}$. Después de haber realizado este cálculo, entonces se calcula $K_{1,2}$ (el costo promedio por periodo de ordenar para los dos primeros periodos) y se comparan los costos.

Si $K_{1,2}$ es mayor que $K_{1,1}$ entonces el método se detiene y significaría que en el primer periodo únicamente conviene realizar una orden que satisfaga la demanda del primer periodo.

Si $K_{1,2}$ es menor o igual que $K_{1,1}$ entonces se procede a calcular $K_{1,3}$ y nuevamente se realizaría la comparación. Como en el caso anterior, si $K_{1,3}$ es mayor que $K_{1,2}$, entonces implicaría que se debe pedir en el periodo 1 para los dos primeros periodos. Si $K_{1,3}$ es menor o igual que $K_{1,2}$ entonces se procedería a calcular $K_{1,4}$, y así sucesivamente.

Ejemplo 6.2
Una tienda distribuidora de balones para tiendas deportivas ha calculado la demanda para los siguientes doce meses:

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Demanda	1800	1200	2000	2500	1700	1500	800	600	1000	1600	2300	2200

El costo de colocar una orden es de \$5000 y el costo de mantener una unidad en inventario de un periodo a otro se puede estimar en \$2.

Obtenga la política de inventarios considerando el heurístico de Silver Meal.

Solución.

En este caso, $K_{1,1}$ consideraría únicamente el costo de pedir 1800 unidades.

$$K_{1,1} = 5\,000$$

$K_{1,2}$ representa el costo de pedir las unidades de los dos primeros periodos y el costo de mantener inventario del periodo 1 al periodo 2.

$$K_{1,2} = \frac{5\,000 + 1\,200\,(2)}{2} = 3\,700$$

Dado que $K_{1,2} \leq K_{1,1}$ entonces se procede a calcular $K_{1,3}$. Esto consideraría el costo de pedir y el costo de mantener inventario del periodo 1 al periodo 2 y del periodo 2 al periodo 3.

$$K_{1,3} = \frac{5\,000 + 1\,200\,(2) + 2\,000\,(4)}{3} = 5\,133.33$$

Dado que $K_{1,3} > K_{1,2}$, entonces el tercer periodo pasaría ocupar el sitio del primer periodo y empezamos a realizar los cálculos nuevamente.

$$K_{3,3} = 5\,000$$

$$K_{3,4} = \frac{5\,000 + 2\,500\,(2)}{2} = 5\,000 \leq K_{3,3}$$

$$K_{3,5} = \frac{5\,000 + 2\,500\,(2) + 1\,700(4)}{3} = 5\,600 > K_{3,4}$$

Esto significa que debemos considerar un solo pedido para el periodo 3 y 4, y reiniciar los cálculos utilizando como inicio el periodo 5.

$$K_{5,5} = 5\,000$$

$$K_{5,6} = \frac{5\,000 + 1\,500\,(2)}{2} = 4\,000 \leq K_{5,5}$$

$$K_{5,7} = \frac{5\,000 + 1\,500\,(2) + 800(4)}{3} = 3\,733.33 \leq K_{5,6}$$

$$K_{5,8} = \frac{5\,000 + 1\,500\,(2) + 800(4) + 600(6)}{4} = 3\,700 \leq K_{5,7}$$

$$K_{5,9} = \frac{5\,000 + 1\,500\,(2) + 800(4) + 600(6) + 1\,000(8)}{5} = 4560 > K_{5,8}$$

Esto significa que debemos considerar hacer un pedido del periodo 5 al periodo 8. Y nuevamente iniciamos con los cálculos para el periodo 9.

$K_{9,9} = 5\,000$

$$K_{9,10} = \frac{5\,000 + 1\,600\,(2)}{2} = 4\,100 \leq K_{9,9}$$

$$K_{9,11} = \frac{5\,000 + 1\,600\,(2) + 2\,300(4)}{3} = 5\,800 > K_{9,10}$$

Finalmente,

$K_{11,11} = 5\,000$

$$K_{11,12} = \frac{5\,000 + 2\,200\,(2)}{2} = 4\,700 \leq K_{11,11}$$

De acuerdo a esto, entonces la política óptima sería: Pedir en el primer mes (para los dos primeros meses), pedir en el tercer mes (para el periodo 3 y 4), pedir en el quinto mes (para los periodos del 5 al 8), pedir en el mes 9 (para los periodos 9 y 10) y finalmente, pedir en el mes 11 (para los últimos dos periodos).

El costo de esta política es:

$K = 3\,700\,(2) + 5\,000\,(2) + 3\,700\,(4) + 4\,100\,(2) + 4\,700\,(2) = 49\,800$

6.3 Resumen del Capítulo

Los modelos multidemanda regularmente están asociados a problemas que presentan una mayor variabilidad en los datos y que no podrían considerarse como una demanda constante y por tanto no podrían ser resueltos mediante los modelos EOQ.

No obstante, la solución que nos provee el Algoritmo de Wagner-Whitin representa una opción sumamente adecuada, ya que el algoritmo es muy fácil de programar en cualquier lenguaje de computación, y por otra parte, si se realiza una buena partición de los periodos de tiempo a considerar, entonces la solución que el método nos presenta será sumamente cercana a la realidad.

6.4 Problemas Propuestos

1. Resuelva cada uno de los siguientes problemas utilizando el algoritmo de Wagner-Whitin. Recuerde establecer la política óptima de inventarios (es decir, cuánto pedir y cuándo pedir).

   a)

   b)

2. Los modelos multidemanda regularmente están asociados a problemas que presentan una mayor variabilidad en los datos y que no podrían considerarse como una demanda constante y por tanto no podrían ser resueltos mediante los modelos EOQ.