1 Modelación del problema

A continuación, se presentará el modelo planteado creado para optimizar el problema.

1.1 Conjuntos

Los conjuntos definidos para la resolución del problema son los siguientes:

- m: Medicamentos {1,...,M}
- m_p: Medicamentos que provee el productor p {1,...,M_p}
- c_p: Camiones disponibles por productor p {1,...,C_p}
- c_d: Camiones disponibles por CENABAST {1,...,C_d}
- p: Productores {1,...,P}
- c: Centros a repartir {1,...,C}
- d: Días a planificar {1,...,D}

1.2 Parámetros

Los parámetros definidos son los siguientes:

- v_m: Volumen del medicamento m.
- a_m: Duración del medicamento m antes de su vencimiento.
- b_{pm}: Costo de transporte del productor p por unidad del medicamento m a las bodegas.
- e: Volumen que pueden transportar los camiones de los productores.
- f_p: Costo fijo por uso de camión del productor p.
- c: Costo de arriendo por bodega.
- g: Volumen por bodega.
- M: Valor numérico mucho mayor que cero.
- h_b: Tiempo de transporte entre bodegas y centro b.
- i_b: Costo de transporte por recorrido entre bodega y centro b.
- j_c: Volumen que puede mover el camión c de la CENABAST.
- d_{dmb}: Demanda del medicamento m en el centro b el día d.
- K_b: Volumen de almacenamiento del centro b.

- l_{ba}: Tiempo de transporte entre centros a y b.
- m_{ba}: Costo de transporte por recorrido entre centros b y a.
- t: Tiempo máximo de trabajo del camión.
- ϵ_p: Intervalo de días en que el producto p no va a dejar medicamentos a ningun centro.
- s_m: Unidades almacenadas del medicamento m en bodegas al inicio del programa.
- t_{bm}: Unidades almacenadas del medicamento m en centro b al inicio del programa

1.3 Variables

Las variables creadas para la resolución del problema son las siguientes:

- X_{mdpc}: Unidades transportadas del medicamento m por el camión c del productor p el día d.
- Y_{dpc}:

$$\begin{cases} 1 & \text{Si el camión } c \text{ del productor } p \text{ va a bodegas el día } d. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases}$$

- W_m^d: Unidades almacenadas del medicamento m en bodegas desde el día d hasta siguiente día $(d+1)$.
- β: Número de bodegas que se deben arrendar.
- u_{dcb}:

$$\begin{cases} 1 & \text{Si el camión } c \text{ va desde las bodegas al centro } b \text{ el día } d. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases}$$

- r_{bdcm}: Unidades transportadas del medicamento m por el camión c al centro b el día d.
- q_{bm}^d: Unidades almacenadas del medicamento m en el centro b el día d.
- p_{dcab}:

$$\begin{cases} 1 & \text{Si el camión } c \text{ va desde el centro } a \text{ al centro } b \text{ el día } d \ (a \neq b). \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases}$$

- o_{mdcab}: Unidades transportadas del medicamento m por el camión c desde centro a al centro b el día d.

- f_{dcb}:

$$\begin{cases} 1 & \text{Si el camión } c \text{ va desde el centro } b \text{ a las bodegas el día } d. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases}$$

- ll_{bdcm}: Unidades transportadas del medicamento m por el camión c desde el centro b a las bodegas el día d.

1.4 Función objetivo

El objetivo es minimizar los costos asociados al uso de bodegas y transportes, que conlleva igualmente que no exista vencimiento de remedios en las bodegas. Entonces, la función objetiva estaría definida de la siguiente forma:

$$\sum_{d\in D}\sum_{p\in P}\sum_{c\in C_p}(Y_{dpc}*f_p+\sum_{m\in M_p}(X_{mdpc}*b_{pm}))+\beta_c+\sum_{d\in D}\sum_{c\in C_p}\sum_{b\in C}((u_{dcb}+f_{dcb})*i_b+\sum_{a\in C}p_{dcab}*m_{ba})$$

1.5 Restricciones

1. Se transportarán medicamentos sólo si existe pedido ese día.

$$\sum_{m\in M_p} X_{mdpc} \leq Y_{dpc} * M; \forall d \in D; \forall p \in P; \forall c \in C_p$$

2. No se puede sobrepasar el volumen máximo de los camiones de los productores.

$$\sum_{m\in M_p} X_{mdpc} * V_m \leq e; \forall d \in D; \forall p \in P; \forall c \in C_p$$

3. Inventario dentro de bodegas.

$$W_m^d = W_m^{d-1}+\sum_{p\in P}\sum_{c\in C_p} X_{mdpc}+\sum_{b\in C}\sum_{c\in C_p} ll_{bdcm}-\sum_{b\in C}\sum_{c\in C_p} r_{bdcm}; \forall d \in D; \forall m \in M$$

$$W_m^0 = s_m; \forall m \in M$$

$$W_m^D = 0; \forall m \in M$$

4. Se transportarán medicamentos sólo si existe transporte ese día.

$$\sum_{m\in M_p} r_{bdcm} \leq u_{dcb} * M; \forall d \in D; \forall c \in C_d; \forall b \in C$$

5. Cada camión sólo sale una vez de las bodegas al día.

$$\sum_{b\in C} u_{dcb} = 1; \forall d \in D; \forall c \in C_d$$

6. No se puede sobrepasar el volumen máximo de los camiones de la CENABAST.

$$\sum_{m \in M} r_{bdcm} \leq j_c; \forall d \in D; \forall c \in C_d; \forall b \in C$$

7. Transportar unidades de medicamentos sólo si existe transporte ese día.

$$\sum_{m \in M} o_{mdcab} \leq p_{dcab} * M; \forall d \in D; \forall c \in C_d; \forall a, b \in C$$

8. No sobrepasar el volumen de los camiones en repartos entre centros.

$$\sum_{m \in M} (o_{mdcab} * v_m) \leq j_c; \forall d \in D; \forall c \in C_d; \forall a, b \in C$$

9. Continuidad de flujo en los centros.

$$q_{bm}^{d} = q_{bm}^{d-1} + \sum_{b \in C_d} (r_{bdcm} + \sum_{a \in C} (o_{mdcab} - o_{mdacb}) - ll_{bdcm}) - d_{dmb}$$

$$q_{bm}^{0} = t_{bm}; \forall d \in D; \forall m \in M; \forall b \in C$$

$$q_{bm}^{D} = 0; \forall d \in D; \forall m \in M; \forall b \in C$$

10. No exceder el volumen máximo de almacenamiento de los centros.

$$\sum_{m \in M} (q_{bm}^{d} * v_m) = K_b; \forall b \in C; \forall d \in D$$

11. Se transportarán unidades sólo si existe transporte ese día.

$$\sum_{m \in M} ll_{bdcm} \leq f_{dcb} * M; \forall b \in C; \forall d \in D; \forall c \in C_d$$

12. Camiones sólo vuelven a la bodega una vez al día.

$$\sum_{b \in C} f_{dcb} = 1; \forall d \in D; \forall c \in C_d$$

13. No exceder volumen máximo de los camiones.

$$\sum_{m \in M} ll_{bdcm} \leq j_c; \forall b \in C; \forall d \in D; \forall c \in C_d$$

14. Cada camión como máximo entra una vez a cualquier centro en un mismo día.

$$u_{dcb} + \sum_{a \in C} p_{dcab} \leq 1; \forall c \in C_d; \forall d \in D; \forall b \in C$$

15. Cada camión como máximo sale una vez de cualquier centro en un mismo día.

$$f_{dcb} + \sum_{a\in C} p_{dcba} \leq 1; \forall c \in C_d; \forall d \in D; \forall b \in C$$

16. Si se entra a un centro dentro de un día, se debe salir del mismo dentro del mismo día.

$$u_{dcb} + \sum_{a\in C} p_{dcab} = f_{dcb} + \sum_{a\in C} p_{dcba}; \forall c \in C_d; \forall d \in D; \forall b \in C$$

17. No superar las horas de trabajo de los camiones de la CENABAST.

$$\sum_{b\in C}(u_{dcb} * h_b + \sum_{a\in C} p_{dcab} * l_{ba} + f_{dcb} * h_b); \forall c \in C_d; \forall d \in D$$

18. Definición de variable β.

$$\sum_{m\in M}(W_m^d * v_m) \leq g * \beta; \forall d \in D$$

19. Demanda de un día se debe satisfacer con el inventario del día anterior.

$$q_{bm}^{d-1} \geq d_{bm}^d; \forall d \in D; \forall b \in C; \forall m \in M$$

20. Para que no exista vencimiento, se debe cumplir que no existan más unidades que las que se puedan vencer dentro del circuito.

$$W_m^d + \sum_{b\in C} q_{bm}^d \leq \sum_{i=d}^{d+a_m} \sum_{b\in C} d_{imb}; \forall d \in [1,...,D - a_m]; \forall m \in M$$

21. Para evitar vencimiento, se debe cumplir que no haya más unidades de medicamentos necesarios para satisfacer la demanda hasta el día de vencimiento almacenados en un centro.

$$q_{bm}^d \leq \sum_{i=d+1}^{d+a_m} d_{imb}; \forall p \in P; \forall d \in [1,...,D - a_m]$$

22. El productor solo proveerá cada cierta cantidad de días, no antes de eso.

$$\sum_{i=d}^{d+\epsilon_p} \sum_{c\in C_d} Y_{ipc} = 1; \forall p \in P; \forall d \in [1,...,D - \epsilon_p)]$$

23. Naturaleza de las variables.

$$X_{mdpc} \geq 0; \forall m \in M; \forall c \in C_d; \forall d \in D; \forall b \in C$$

$$Y_{dpc} \in 0, 1; \forall c \in C_d; \forall d \in D; \forall b \in C$$

$$W_m^d \geq 0; \forall d \in D; \forall m \in M$$

$$\beta \geq 0;$$

$$u_{dcb} \in 0, 1; \forall d \in D; \forall c \in C_d; \forall b \in C$$

$$r_{bdcm} \geq 0; \forall b \in C; \forall d \in D; \forall c \in C_d; \forall m \in M$$

$$q_{bm}^d \geq 0; \forall d \in D; \forall b \in C; \forall m \in M$$

$$p_{dcab} \geq 0; \forall d \in D; \forall c \in C_d; \forall a \in C; \forall b \in B$$

$$o_{mdcab} \geq 0; \forall m \in M; \forall d \in D; \forall c \in$$

$$C_d; \forall a \in C; \forall b \in C$$

$$f_{dcb} \in 0, 1; \forall b \in C; \forall c \in C_d; \forall d \in D$$

$$ll_{bdcm} \geq 0; \forall b \in C; \forall d \in D; \forall c \in C_d; \forall m \in M$$