PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Curso: ICS1113-Optimización
Semestre: 02-2015
Profesores: G.Angulo - A.Cataldo - R.Cuadrado
S.Encina - D.Pozo - J.Vera

Interrogación 1. Solución

Pregunta 1 (15 puntos)

(a) (**8 puntos**) La donación y recepción de sangre se puede hacer entre distintos grupos sanguíneos tal y como se muestra en la siguiente tabla:

	Receptor							
Donante	O-	O+	A-	A+	B-	B+	AB-	AB+
O-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
O+		Sí		Sí		Sí		Sí
A-			Sí	Sí			Sí	Sí
A+				Sí				Sí
B-					Sí	Sí	Sí	Sí
B+						Sí		Sí
AB-							Sí	Sí
AB+								Sí

En un país, los porcentajes de población con los distintos grupos sanguíneos se indican a continuación:

Grupo	O-	O+	A-	A+	B-	B+	AB-	AB+
Porcentaje	9 %	36 %	8 %	34 %	8 %	2 %	0.5 %	2.5 %

Se considera que el número de receptores del país se reparte entre los distintos grupos sanguíneos siguiendo los porcentajes indicados en la tabla anterior. Para mantener los niveles globales de reserva necesarios se ha de adquirir de un país vecino (previamente definido) un total de n litros. El coste varía en función del grupo sanguíneo donante tal y como se indica en la tabla:

Grupo	O-	O+	A-	A+	B-	B+	AB-	AB+
Coste[USD/l]	70	50	45	40	35	30	25	20

Se conoce el modelo de optimización asociado al problema:

$$\min_{x,y} \quad \sum_i \sum_j c_i x_{ij} \tag{1}$$

$$s.a. \quad \sum_i x_{ij} = np_j \qquad \forall j \tag{2}$$

$$x_{ij} \leq n\delta_{ij} \qquad \forall i, \forall j \tag{3}$$

$$\sum_j x_{ij} \leq ny_i \qquad \forall i \tag{4}$$

$$2 \leq \sum_i y_i \leq 5 \tag{5}$$

$$x_{ij} \geq 0 \qquad \forall i, \forall j \tag{6}$$

$$y_i \in \{1, 0\} \qquad \forall i. \tag{7}$$

Se pide:

(i) (**4 puntos**) Identifique el significado de los parámetros y variables de decisión del problema.

(ii) (**4 puntos**) Describa el significado de la función objetivo y de cada una de las restricciones del problema.

Solución

i) Identificar parámetros y variables de decisión del problema.
Índices:

- i, índice del tipo de grupo sanguíneo referente a los donantes $i \in$ {O-, O+, A-, A+, B-, B+, AB-, AB+}.
- j, índice del tipo de grupo sanguíneo referente a los receptores $j \in$ {O-, O+, A-, A+, B-, B+, AB-, AB+}.

Parámetros:

- c_i, coste asociado a la sangre adquirida del donante de tipo i.
- δ_{ij}, parámetro binario que toma el valor de 1 si el donante i es compatible con el receptor j.
- n, número de litros de sangre a adquirir.
- p_j, porcentaje de receptores de un país.

Variables de decisión:

- x_{ij}, sangre adquirida del grupo i destinada al grupo j.
- y_i, 1 si se adquiere sangre del grupo i y 0 en otro caso.

ii) Interpretar la función objetivo y cada una de las restricciones del problema.

(1) Minimización del costo de adquisición de la sangre.

(2) Se debe cumplir con el suministro de sangre para el grupo tipo j.

(3) Incompatibilidad entre grupo donante y receptor.

(4) Establecimiento del indicador de adquisición del grupo i. Toda la sangre adquirida del tipo i debe ser menor que el total de litros n si se adquiere algo de ese tipo ($y_i = 1$) o 0 si no se adquiere nada ($y_i = 0$) del tipo i.

(5) El número mínimo y máximo de los grupos sanguíneos de los cuales se puede obtener sangre.

(6) y (7) Naturaleza de las variables.

(b) (**7 puntos**) Considere un problema en donde existen las variables $0 \leq x_i \leq u$ para $i = 1, \ldots, n$, $y_i \in \{0, 1\}$ para $i = 1, \ldots, n$, y $z \in \{0, 1\}$. Modele, usando expresiones lineales, las siguientes condiciones con las variables anteriormente definidas.

(i) (**1 punto**) A lo más un x_i es positivo.

Solución:

$$x_i \leq u y_i \quad i = 1, \ldots, n$$
$$\sum_{i=1}^{n} y_i \leq 1.$$

(ii) (**1 punto**) Exactamente dos y_i toman el valor 1 y sus índices son consecutivos.

Solución:

$$\sum_{i=1}^{n} y_i = 2$$
$$y_2 \geq y_1$$
$$y_{i-1} + y_{i+1} \geq y_i \quad i = 2, \ldots, n-1$$
$$y_{n-1} \geq y_n.$$

(iii) (**1 punto**) Si $z = 1$, entonces al menos la mitad de los y_i toman el valor 1.

Solución:

$$M(1 - z) + \sum_{i=1}^{n} y_i \geq n/2.$$

(iv) (**2 puntos**) La suma de los x_i es a lo más p o al menos q.

Solución:

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \leq p + Mz$$
$$\sum_{i=1}^{n} x_i \geq q - M(1 - z).$$

(v) (**2 puntos**) Alguno de los x_i no excede $u/2$.

Solución:

$$x_i \leq u/2 + M(1 - y_i) \quad i = 1, \ldots, n$$
$$\sum_{i=1}^{n} y_i \geq 1.$$

Pregunta 2 (15 puntos)

(a) (**7 puntos**) Una empresa del área comercial tiene n tiendas que debe abastecer con un único producto desde m centros de distribución. La demanda por el producto en la tienda j es igual a $d_j, j = 1, \ldots, n$. En cada centro de distribución hay una disponibilidad igual a $K_i, i = 1, \ldots, m$. El costo unitario de transporte entre el centro de distribución i y la tienda j es c_{ij} por unidad de producto.

(i) (**3 puntos**) Escriba el modelo que permite definir cuánto enviar de cada centro de distribución a las tiendas para cumplir la demanda a mínimo costo.

Solución: Este es un modelo clásico de transporte. Se define x_{ij} como la cantidad a transportar del centro de distribución i a la tienda j.

$$\begin{aligned} \text{mín} \quad & \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} \\ s.a. \quad & \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq K_i \; i = 1, \ldots, m \\ & \sum_{i=1}^{m} x_{ij} = d_j \; j = 1, \ldots, n \\ & x_{ij} \geq 0 \; i = 1, \ldots, m, \; j = 1, \ldots, n \end{aligned}$$

(La restricción de demanda también podría ser $\geq$)

(ii) (**2 puntos**) Suponga ahora que la cantidad a enviar entre cada centro de distribución i y cada tienda j, no puede superar una cantidad u_{ij}. ¿Qué restricciones hay que agregar al modelo de (i)?

Respuesta: Simplemente se debe agregar $x_{ij} \leq u_{ij}, i = 1, \ldots, m; j = 1, \ldots, n$.

(iii) (**2 puntos**) Ahora además se establece que hay un conjunto de centros de distribución, $I \subset \{1, \ldots, m\}$ para los que la cantidad total despachada a distintas bodegas no puede exceder K. ¿Qué restricción o restricciones adicionales hay que agregar?

Respuesta: La restricción a agregar es:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq K$$

(También puede haber sido interpretada como $\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq K, \forall i \in I$)

(b) (**8 puntos**) Usted cuenta con un caballo de carreras y quiere programar la temporada de carreras en las que competirá. Se sabe que la temporada posee T carreras y usted está comprometido a que participe en al menos R de estas carreras (con $R < T$). Sin embargo, conversando con el entrenador de su caballo, este le indica que no deben correr más de Δ carreras de manera consecutiva.

(i) (**4 puntos**) Suponga que su caballo gana todas las carreras en las que participa. Si la carrera t otorga un premio p_t al ganador, escriba un modelo de optimización para maximizar el total de premios recibidos en la temporada.

Solución: Sea x_t una variable binaria que toma el valor 1 si el caballo participa en la carrera t y 0 en caso contrario, $t = 1, \ldots, T$.

$$\text{máx} \quad \sum_{t=1}^{T} p_t x_t \tag{8}$$

$$s.a \quad \sum_{t=1}^{T} x_t \geq R \tag{9}$$

$$\sum_{k=1}^{\Delta} x_{t+k} \leq \Delta - 1 \quad t = 0, \ldots, T - \Delta \tag{10}$$

$$x_t \in \{0, 1\} \qquad t = 1, \ldots, T. \tag{11}$$

- ◇ (8) Maximizar premios.
- ◇ (9) Al menos R carreras.
- ◇ (10) No más de Δ carreras consecutivas.
- ◇ (11) Naturaleza de variables.

(No se pide que el modelo sea lineal necesariamente)

(ii) (**4 puntos**) Suponga ahora que la temporada será más difícil que lo anticipado. Su entrenador le asegura que si su caballo corre en una carrera con N o menos competidores, es seguro que la carrera la ganará. Ahora, si en la carrera corren más de N competidores, su caballo ganará la carrera si ha descansado al menos las últimas δ carreras; de no ser así, perderá la carrera. Como dato, usted sabe que en la carrera t habrá $W(t)$ competidores. Modifique el modelo anterior para incluir estos requisitos.

Solución: Sea y_t una variable binaria que toma el valor 1 si el caballo gana la carrera t y 0 en caso contrario, $t = 1, \ldots, T$.

$$\text{máx} \quad \sum_{t=1}^{T} p_t y_t \tag{12}$$

$$s.a \quad \sum_{t=1}^{T} x_t \geq R \tag{13}$$

$$\sum_{k=1}^{\Delta} x_{t+k} \leq \Delta - 1 \qquad t = 0, \ldots, T - \Delta \tag{14}$$

$$y_t = x_t \qquad t = 1, \ldots, \delta \tag{15}$$

$$y_t = x_t \qquad t = \delta + 1, \ldots, T,\ W(t) \leq N \tag{16}$$

$$\sum_{k=1}^{\delta} (1 - x_{t-k}) + x_t \geq (\delta + 1) y_t \quad t = \delta + 1, \ldots, T,\ W(t) > N \tag{17}$$

$$x_t \in \{0, 1\} \qquad t = 1, \ldots, T \tag{18}$$

$$y_t \in \{0, 1\} \qquad t = 1, \ldots, T. \tag{19}$$

- ◇ (12) Maximizar premios cuando gana.
- ◇ (13) Al menos R carreras.
- ◇ (14) No más de Δ carreras consecutivas.
- ◇ (15) Gana las primeras δ carreras cuando compite.
- ◇ (16) Gana si hay menos de N competidores cuando compite.
- ◇ (17) Si hay más de N competidores, puede ganar si ha descansado al menos δ carreras antes de t y compite en t.

◇ (18)(19) Naturaleza de variables.

(Acá hay un poco de espacio a interpretación sobre qué pasa con las primeras δ carreras. Además no se pide que el modelo sea lineal necesariamente.)

Pregunta 3 (15 puntos)

En relación al artículo "A combinatorial auction improves school meals in Chile: a case of OR in developing countries" de R. Epstein et al., responda las preguntas que se presentan a continuación:

(a) (**3 puntos**) Las variables fundamentales del modelo son las X_j, que indican si acaso se acepta o no un oferta. ¿Por qué es necesario, entonces, definir también las variables Y_{kr} y Z_k?

Respuesta: La variables Y_{kr} es necesaria para saber si alguna empresa está operando en alguna unidad territorial, dado que hay restricciones a las cantidades y coberturas. Las variables Z_k son necesarias para saber si alguna empresa tiene al menos alguna oferta aceptada en algún lado.

(b) (**3 puntos**)Explique, en palabras, el significado de la restricción

$$Z_k \leq \sum_{r \in R} Y_{kr}, \forall k \in K.$$

Respuesta: La restricción es una de las necesarias para hacer funcionar la relación entre Z e Y: si una empresa no tiene ofertas en ninguna UT ($Y_{kr} = 0$), entonces Z_k debe valer 0 para reflejar ese hecho. Inversamente, si jay alguna oferta aceptada, esta debe estar en alguna de las UT.

(c) (**6 puntos**) Una de las restricciones del modelo refleja la capacidad financiera de las compañías, y tiene la forma:

$$\sum_{j \in J_k} |u_j| X_j \leq cap(k),\ \forall k \in K.$$

A partir de esta los autores agregan restricciones de la forma:

$$\sum_{j \in cov_k} x_j \leq |cov_k| - 1.$$

donde cov_k denota un subconjunto de las ofertas en J_k tales que las TU incluidas en cov_k exceden la capacidad financiera $cap(k)$.

(i) (**3 puntos**) Suponga que, para un caso particular, $J_k = \{2, 5, 7, 8\}$, $|u_2| = 2$, $|u_5| = 1$, $|u_7| = 4$, $|u_8| = 3$. Si $cap(k) = 7$, escriba una de esas restricciones de "cover".

Respuesta: Con los datos dados, un "cover" es $\{5, 7, 8\}$ y eso genera la restricción:

$$x_5 + x_7 + x_8 \leq 2.$$

(Notar que hay otras posibilidades)

(ii) (**3 puntos**) ¿Por qué los autores usan estas restricciones? ¿Cuál es el propósito final que cumplen?

Respusta: Estas restricciones ayudan a que el modelo pueda resolver más rápido al excluir de inmediato ciertas combinaciones de valores de variables que no son válidos.

(d) (**3 puntos**) Describa brevemente algunas de las estrategias que los autores usaron para poder resolver en forma rápida cada caso particular del problema. ¿Por qué era importante poder resolverlo rápido?

Respuesta: Desde luego una de las estrategias es precisamente la descrita en la parte anterior. Otra consistió en usar, para algunas restricciones, una formulación extendida. Por ejemplo:

$$X_j \leq Y_{kr}, j \in J_{rk}$$

la cual funciona mucho mejor que la restricción agregada (o sumada) que es la usada inicialmente.

Era muy importante poder resolver el problema rápido que debían probarse muchas (más de 700) instancias distintas con muy diversos escenarios para poder definir la política final.

Pregunta 4 (15 puntos)

El presidente de su club de fútbol le ha encomendado la misión de salvar al equipo del descenso. Los estadistas del club le han indicado que si logra ganar al menos el 50 % de sus partidos logrará alcanzar este objetivo. Su función será determinar las actividades a realizar por cada jugador durante toda la temporada, incluyendo los días de preparación y de partido.

A ciencia cierta se sabe que su equipo ganará los partidos donde su rendimiento en cancha sea igual o superior al de su rival, donde este rendimiento corresponde al promedio de rendimiento entre cada una de las zonas que existen dentro del campo. Estas zonas son: arquero, defensas, mediocampistas y delanteros. El rendimiento específico en cada una de estas zonas corresponde a la suma del rendimiento de cada jugador que integre cada zona durante el partido. Por reglamento se sabe que todo equipo de fútbol es integrado por 11 jugadores en cancha, en donde debe existir un único arquero (no existen cambios de alineación ni substituciones durante el partido).

El desempeño de cada jugador para un día de partido es medido como el promedio entre el estado físico del jugador (0 a 100) y la calidad técnica con la que el jugador (0 a 100) amaneció ese día. Es por ello que durante cada día de la semana el entrenador debe decidir para cada jugador si a este lo hace descansar o entrenar ese día. En caso de entrenar el jugador mejora 0.5 unidades su calidad técnica pero reduce su forma física en 2 unidades. En caso de descansar, su calidad técnica se mantiene intacta y su forma física aumenta en 1 unidad. En total su equipo debe jugar 38 partidos durante la temporada, y se sabe que la forma física de cada jugador decrece en 5 unidades por cada partido jugado producto del esfuerzo físico que aquello implica.

Los días de partido, los jugadores que no juegan van al estadio a apoyar al equipo y por lo tanto no entrenan. Adicionalmente, su preparador físico le indica que el día posterior a un partido, todos los jugadores que disputaron ese partido tengan el día de descanso. Al comienzo de la temporada todos los jugadores tendrán una forma física igual a 80.

En las siguientes tablas se entrega la información sobre la programación de todo el torneo para su equipo, el rendimiento de cada uno de sus rivales (el que es constante durante toda la temporada), la calidad técnica al inicio de la temporada y la posición en la que juega cada uno de los jugadores del equipo.

Primera Vuelta			Segunda Vuelta		
Partido	Equipo	Fecha	Partido	Equipo	Fecha
Fecha 01	Niupi	05/10/2015	Niupi	Fecha 20	14/02/2016
Fecha 02	Franco Canadiense	11/10/2015	Franco Canadiense	Fecha 21	21/02/2016
Fecha 03	San Francis	18/10/2015	San Francis	Fecha 22	27/02/2016
Fecha 04	Colegio Alemán	25/10/2015	Colegio Alemán	Fecha 23	06/03/2016
Fecha 05	Colegio Superior	01/11/2015	Colegio Superior	Fecha 24	12/03/2016
Fecha 06	Colegio Irlandés	07/11/2015	Colegio Irlandés	Fecha 25	20/03/2016
Fecha 07	Anglosajón	15/11/2015	Anglosajón	Fecha 26	28/03/2016
Fecha 08	Furano	23/11/2015	Furano	Fecha 27	03/04/2016
Fecha 09	Azuma	30/11/2015	Azuma	Fecha 28	09/04/2016
Fecha 10	Hirado	08/12/2015	Hirado	Fecha 29	17/04/2016
Fecha 11	Halcones	15/12/2015	Halcones	Fecha 30	24/04/2016
Fecha 12	Hanawa	21/12/2015	Hanawa	Fecha 31	30/04/2016
Fecha 13	Brancos	28/12/2015	Brancos	Fecha 32	07/05/2016
Fecha 14	Catalunya	05/01/2016	Catalunya	Fecha 33	13/05/2016
Fecha 15	Piamonte	11/01/2016	Piamontioe	Fecha 34	20/05/2016
Fecha 16	Hamburgo	17/01/2016	Hamburgo	Fecha 35	28/05/2016
Fecha 17	San Pablo	25/01/2016	San Pablo	Fecha 36	03/06/2016
Fecha 18	Nakatsu	31/01/2016	Nakatsu	Fecha 37	09/06/2016
Fecha 19	Bara	06/02/2016	Bara	Fecha 38	15/06/2016

Equipo	Rendimiento	Equipo	Rendimiento
Niupi	72	Halcones	61
Franco Canadiense	76	Hanawa	64
San Francis	78	Brancos	95
Colegio Alemán	70	Catalunya	90
Colegio Superior	72	Piamonte	89
Colegio Irlandés	65	Hamburgo	82
Anglosajón	66	San Pablo	85
Furano	68	Nakatsu	56
Azuma	60	Bara	68
Hirado	63		

Jugador	Calidad Técnica	Posición
Ivarov	72	Portero
Lothar	63	Portero
Zamenhof	68	Portero
Liberman	71	Defensa
Jaric	69	Defensa
Stremer	63	Defensa
Ceciu	78	Defensa
Ruskin	66	Defensa
Giersen	71	Defensa
Baumann	72	Defensa
Minanda	74	Mediocampista
Ximelez	62	Mediocampista
Macco	64	Mediocampista
Dodo	63	Mediocampista
Espimas	73	Mediocampista
Burchet	70	Mediocampista
Fouque	65	Mediocampista
Stein	60	Mediocampista
Castolo	75	Delantero
Huylens	74	Delantero
El Moubarki	65	Delantero
Ordaz	72	Delantero

A continuación queremos que usted construya un modelo de Optimización para organizar las actividades de los jugadores para asegurarse ganar al menos el 50 % de los partidos dentro de la temporada de manera tal que el rendimiento total utilizado en los partidos sea el menor posible.

(a) (**4 puntos**) Defina claramente todos los índices, conjuntos, parámetros, variables y supuestos que utilizará en su modelación.

(b) (**11 puntos**) Construya un modelo de programación lineal mixto que le permita cumplir con el objetivo definido arriba.

Solución:

Parte a:

Sets:

i: Set i de jugadores del equipo.

t: Set t de días dentro del año.

e: Set e de equipos rivales.

Sub-conjuntos:

PT: Sub-conjunto de jugadores i que son porteros.

DC: Sub-conjunto de jugadores i que son defensas.

MC: Sub-conjunto de jugadores i que son mediocampistas.

DC: Sub-conjunto de jugadores i que son delanteros.

$\mathcal{P}$: Sub-conjunto de días t que en los que hay partidos.

Parámetros:

R_e: Rendimiento del equipo rival e.

H_i: Habilidad inicial del jugador i.

J_{et}: 1 si en el día t se disputa un partido contra el equipo rival e.

M: Valor grande (igual a 100).

Variables:

X_{it}: 1 si el jugador i en el día t entrena, 0 en caso contrario.

Y_{it}: 1 si el jugador i en el día t disputa un partido, 0 en caso contrario.

Z_t: Si el equipo gana su partido en el día t, 0 en caso contrario.

FF_{it}: Forma física del jugador i en el día t.

HT_{it}: Habilidad técnica del jugador i en el día t.

D_{it}: Desempeño que el jugador i aporta para el partido en el día t.

Parte b: El modelo a optimizar es el siguiente.

Función Objetivo:

$$\text{mín} \sum_i \sum_{t \in \mathcal{P}} D_{it} \tag{20}$$

$$Y_{it} = 0 \quad \forall i, \forall t \notin \mathcal{P} \tag{21}$$

$$\sum_{i \in PT} Y_{it} = 1 \quad \forall t \in \mathcal{P} \tag{22}$$

$$\sum_i Y_{it} = 11 \quad \forall t \in \mathcal{P} \tag{23}$$

$$X_i = 1 - Y_{it} \quad \forall i, t \in \mathcal{P} \tag{24}$$

$$X_{i(t+1)} = 1 - Y_{it} \quad \forall i, t \in \mathcal{P} \tag{25}$$

$$FF_{it} = FF_{i(t-1)} - 2X_{it} + (1 - X_{it}) - 5Y_{it} \quad \forall i, t \tag{26}$$

$$HT_{it} = HT_{i(t-1)} + 0{,}5X_{it} \quad \forall i, t \tag{27}$$

$$D_{it} \geq \frac{FF_{it} + HT_{it}}{2} - M(1 - Y_{it}) \quad \forall i, t \tag{28}$$

$$D_{it} \leq \frac{FF_{it} + HT_{it}}{2} \quad \forall i, t \tag{29}$$

$$D_{it} \leq MY_{it} \quad \forall i, t \tag{30}$$

$$\sum_e R_e J_{et} - \frac{1}{4}\left[\sum_{i \in PT} D_{it} + \sum_{i \in DC} D_{it} \sum_{i \in MC} D_{it} + \sum_{i \in DC} D_{it}\right] \leq M(1 - Z_t) \quad \forall t \tag{31}$$

$$\sum_t Z_t \geq 19 \tag{32}$$

$$Z_t = 0 \quad \forall t \notin \mathcal{P} \tag{33}$$

$$FF_{i0} = 80 \quad \forall i \tag{34}$$

$$HT_{i0} = H_i \quad \forall i \tag{35}$$

$$0 \leq FF_{it}, HT_{it}, Dit \leq 100 \quad \forall i, t \tag{36}$$

$$X_{it}, Y_{it}, Z_t \in \{0, 1\} \tag{37}$$

Restriciones:

21: No se puede jugar si no existe partido.

22: Para los días de partido, solamente puede haber 1 solo arquero.

23: Para los días de partido, se deben utilizar únicamente 11 jugadores.

24: Si no se juega, se descansa en día de partido.

25: Se le debe dar día de descanso a los jugadores que disputaron un partido.

26: Ecuación de flujo para la forma física de cada jugador.

27: Ecuación de flujo para la habilidad técnica de cada jugador.

28: Desempeño que aporta cada jugador en los días de partido.

29: Me aseguro que el desempeño de cada jugador no sea superior al de su forma física y habilidad técnica real.

30: Me aseguro que el desempeño de los jugadores que no disputan partido sea igual a 0.

31: Para poder ganar un partido debo superar el desempeño del equipo rival.

32: Debo ganar al menos el 50 % de los partidos.

33: Los días que no hay partido no cuentan como partidos ganados.

34: Inicializo la forma física de cada jugador.

35: Inicializo la habilidad técnica de cada jugador.

36: La forma física, habilidad técnica y desempeño de cada jugador va entre 0 y 100.

37: Asigno la naturaleza binaria a mis variables.