



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS
ICS1113-OPTIMIZACIÓN Y ICS113H-OPTIMIZACIÓN HONORS

Informe 3

Calendarización de Eventos Deportivos Escolares Grupo 83

Rodrigo Alonso 17637716 Sección 3
Francisca Carvajal 13638696 Sección 3
Alexander Israel 1563437J Sección 3
Donna Jana 13621408 Sección 3
Hue Bin Kim 13649256 Sección 5
Mauricio Pinto 17639468 Sección 3

Fecha entrega: 8 de Junio de 2018

1. Introducción

La Ley del Deporte de Chile (2014) en el Artículo 1° establece que el deporte es “aquella forma de actividad física que utiliza la motricidad humana como medio de desarrollo integral de las personas, y cualquier manifestación educativo-física, general o especial, realizada a través de la participación masiva, orientada a la integración social, al desarrollo comunitario, al cuidado o recuperación de su salud y a la recreación, como asimismo, aquella práctica de las formas de actividad deportiva o recreacional que utilizan la competición o espectáculo como su medio fundamental de expresión social, y que se organiza bajo condiciones reglamentadas, buscando los máximos estándares de rendimiento” (Ministerio del Interior, 2001).

La actividad física forma parte central de la formación integral de toda persona. El deporte es parte esencial de una vida saludable, además de vital para mantener una mente sana, e incluso puede afectar de forma positiva en el comportamiento de las personas. En este contexto, se puede observar que en los colegios se ha estado fomentando la realización del deporte en sus alumnos, aumentando la cantidad de deportes que imparten y con ello las competencias deportivas en las que participan.

De forma de acotar el problema a analizar, se estudiará el caso del colegio Instituto Hebreo y nos centraremos en periodos de un mes. Además, se pondrá énfasis en los deportes más populares que se realizan en dicho establecimiento, los que corresponden a: fútbol, básquetbol, hándbol, vóleibol y fútbol sala.

2. Descripción del Problema

El problema elegido es la optimización del calendario deportivo del colegio Instituto Hebreo, en el que se llevan a cabo diversos partidos y competencias en sus canchas y gimnasio durante los fines de semanas. Entre los deportes más recurrentes se destacan fútbol, hándbol, voleibol, básquetbol y futsal.

El proceso de organización y coordinación de fechas es un problema actual para los profesores del área, puesto que al no poseer un programa computacional que optimice el proceso, esto se realiza a mano con ayuda de una planilla Excel que ocupan como calendario. Este proceso les toma muchas horas de coordinación y aun así suelen presentarse problemas de tope de horarios y logísticos (camarines llenos, estacionamiento lleno sin posibilidad de las delegaciones estacionen sus buses, aglomeración en entradas y salidas simultaneas, etc) Se cree que un modelo de optimización podría acelerar y facilitar el proceso, y de paso lograr hacerlo más óptimo.

Con el modelo a desarrollar se busca que la mayor cantidad de partidos se lleven a cabo sin producirse los inconvenientes mencionados. Adicional a esto, cada liga deportiva, tanto de mujeres como de hombres, posee una cantidad de partidos por mes exigiendo a los colegios participantes, que cuenten con instalaciones deportivas propias, ser sede de un mínimo de partidos al mes. Como estímulo, las ligas premian a los colegios por cada partido jugado en su sede adicional al exigido con un bono b . Es por esta razón que la función objetivo buscará maximizar la bonificación obtenida en un mes.

Para lograr lo anterior, se requiere encontrar qué partidos se realizarán (de qué deporte, de qué liga y de qué equipos), en qué cancha y el horario en el que se llevarán a cabo. Para esto se define la variable $X_{e,o,c,d,t,\alpha}$ como variable binaria que indica si un equipo e comienza a jugar contra el equipo o ($o \neq e$) un partido del deporte d en la cancha c en el bloque de tiempo t del día α .

Se deben tener en consideración ciertos parámetros que serán entregados por el problema real para la formulación de las restricciones. El establecimiento se puede ocupar los días Sábado y Domingo de 9:00 a 17:00 horas. Dispone de una cantidad exacta de canchas y se sabe qué deportes se pueden realizar en cada una de ellas. Por otra parte se tiene la duración de cada partido, la cantidad de personas que juegan un partido de un deporte (incluidas reservas y el entrenador), y la máxima cantidad de personas que puede haber de espectadores. Se sabe como se mencionó anteriormente, que existen 5 deportes que se pueden jugar en el establecimiento; fútbol, fútsal, hándbol, voleibol y básquetbol y que en total existen 10 equipos (colegios) que cuentan con cierto número de sub-equipos que pueden o no jugar los deportes mencionados. Se asume que los jugadores que llegan en auto, lo harán con 2 acompañantes cada uno. También se asume como conocido el número de equipos que llegan en bus, los que no incluyen acompañantes. Finalmente se tiene que la capacidad máxima del estacionamiento es de 100 vehículos, 10 buses y 1 ambulancia. En cuanto a camarines, hay cuatro de ellos, dos destinados a hombres y dos a mujeres, con capacidad máxima

de 20 personas y sus implementos en cada uno.

Cancha	Max espectadores
Fútbol	100
Gimnasio	100
Hándbol	60
Fuera 1	20
Fuera 2	20

Tabla 1. Parámetros recolectados sobre información de las canchas a utilizar basado en datos reales aproximados.

Deporte	Categoría	Cant partidos	Duración	N jugadores	N de vehiculos
Fútbol	Hombres	4	120	22	11
Fútbol	Mujeres	4	120	22	11
Voleibol	Hombres	5	90	13	9
Voleibol	Mujeres	5	90	13	9
Futsal	Hombres	3	70	13	9
Futsal	Mujeres	3	70	13	9
Hándbol	Hombres	5	90	15	8
Hándbol	Mujeres	5	90	15	8
Básquetbol	Hombres	3	80	16	10
Básquetbol	Mujeres	3	80	16	10

Tabla 2. Parámetros recolectados sobre información de los deportes y categorías a utilizar basado en datos reales aproximados.

El modelo se verá sometido a las restricciones con las que se enfrenta el colegio en el proceso de calendarización. Se tiene que no se podrán usar más canchas de las que hayan disponibles. No se puede jugar más de un partido a la vez en una cancha y solo se podrán jugar partidos de cierto deporte si la cancha lo permite. Los partidos pueden partir desde que abre el recinto y los últimos partidos deben terminar antes de que cierre. Se debe cumplir que la cantidad de espectadores no supere al máximo. Cada equipo puede jugar una vez al día. Se considera que cada día contiene 4 bloques de tiempo, cada uno de 2 horas, en el que se puede jugar como máximo un partido por cancha.

Con el fin de simplificar la modelación, se tendrán los siguientes supuestos:

- Cada mes contiene cuatro días Sábado y Domingo.
- Las condiciones climáticas serán favorables para la realización de los partidos.
- Todos los equipos están completos, es decir, no existe impedimento para que jueguen por falta de jugadores.

- Los equipos se organizan para llegar todos en un bus, o por separado en vehículos particulares.
- Los autos están estacionados por el tiempo de duración del partido.
- Todos los jugadores dejan sus cosas en los camarines por el tiempo de duración del partido.

3. Modelo

3.1. Conjuntos

- C = Conjunto de canchas.
 1. Futbol
 2. Gimnasio: Futsal, Volley, Basquet
 3. Handbol
 4. Fuera1: Basquet, Volley
 5. Fuera2: Basquet, Volley
- $D = \{1 \dots 10\}$; Tipos de liga.
 1. Futbol hombre.
 2. Futbol mujer.
 3. Futsal hombre.
 4. Futsal mujer.
 5. Hándbol hombre.
 6. Hándbol mujer.
 7. Voleibol hombre.
 8. Voleibol mujer.
 9. Básquetbol hombre.
 10. Básquetbol mujer.
- $T = \{1 \dots 4\}$; Bloques de tiempo en un día, de 2 horas cada uno.
- $E = \{1, \dots, 10\}$; Conjunto de equipos (colegios) .
- $A = \{1, \dots, 8\}$; Conjunto de días en un mes en los que se puede jugar partidos (Sábado y Domingo intercalado).

3.2. Parámetros

- P_d = Cantidad de partidos de liga l del deporte d , con $l \in L$.
- n_d = Cantidad de personas por equipo en un partido de d , con $d \in D$.
- t_d = Duración de un partido del deporte d , con $d \in D$.
- veh_e = Cantidad de vehiculos por equipo e .
- b_d = Bonificación por vez, mayor al mínimo, que el colegio sea sede de una liga.

- $minp_d = 1$ = Mínimo de partidos que cada liga d exige se jueguen al mes en el colegio.
- $emax_c$ = Cantidad maxima de espectadores por cancha.
- mc = Cantidad máxima de personas que caben en un camarin.
- $mveh$ = Cantidad máxima de vehículos que caben en el estacionamiento.
- $mbus$ = Cantidad máxima de buses que caben en el estacionamiento.

$$s_{c,d} = \begin{cases} 1 & \text{si en la cancha } c \text{ se puede jugar el deporte } d, \text{ con } c \in C \text{ y } d \in D \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$q_{e,d} = \begin{cases} 1 & \text{si el equipo } e \text{ juega deporte } d, \text{ con } e \in E, d \in D. \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

3.3. Variables

$$X_{e,o,c,d,t,\alpha} = \begin{cases} 1 & \text{si el equipo } e \text{ comienza a jugar contra el equipo } o \text{ en la cancha } c, \\ & \text{el deporte } d, \text{ en el bloque } t \text{ del día } \alpha. e \in E, d \in D, c \in C, t \in T \text{ y } \alpha \in A \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$B_{e,t,\alpha} = \begin{cases} 1 & \text{Si el equipo } e \text{ llega en bus en el bloque de tiempo } t \text{ en el día } \alpha, e \in E, t \in T \text{ y } \alpha \in A \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$V_{e,t,\alpha} = \begin{cases} 1 & \text{Si el equipo } e \text{ llega en vehículos en el bloque de tiempo } t \text{ en el día } \alpha, e \in E, t \in T \text{ y } \alpha \in A \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

3.4. Función objetivo

$$\text{máx} \sum_{d \in D} \left(\left(\left(\sum_{e \in E} \sum_{o \in E, o \neq e} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \sum_{\alpha \in A} \frac{X_{e,o,c,d,t,\alpha}}{2} \right) - 1 \right) b_d \right)$$

La función objetivo maximiza la bonificación que se obtiene. Esta bonificación como se expresó anteriormente es entregada por cada partido del cual el colegio es

sede luego de superar el mínimo establecido por las ligas (1 partido).

Se calcula de la forma de sumar todos los partidos jugados por todos los equipos para cada liga. Ese número sumará 2 veces cada partido debido a que en cada deporte se enfrentan 2 equipos que son considerados en la suma, por lo tanto se divide en 2. Luego se debe ver los partidos que se realizaron superando el mínimo (se resta el 1). Finalmente el número que queda se multiplica por la bonificación entregada por cada liga.

3.5. Restricciones

1. Solo se puede jugar un partido en un bloque de tiempo t en cada cancha.

$$\sum_{e \in E} \sum_{o \in E, o \neq e} \sum_{d \in D} \sum_{\alpha \in A} X_{e,o,c,d,t,\alpha} \leq 1 \quad \forall t \in T, \forall c \in C$$

2. Se puede jugar en cancha c , el deporte d , en el minuto t , si el equipo e y el equipo o juegan el deporte d y la cancha lo permite.

$$X_{e,o,c,d,t,\alpha} \leq s_{c,d} * q_{e,d} * q_{o,d} \quad \forall e, o \in E, o \neq e, \forall c \in C, \forall d \in D, \forall t \in T, \forall \alpha \in A$$

3. Cada equipo puede jugar como máximo una vez al día.

$$\sum_{c \in C} \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} X_{e,o,c,d,t,\alpha} \leq 1 \quad \forall e, o \in E, o \neq e, \forall \alpha \in A$$

4. Se deberá jugar como mínimo un partido por deporte (liga) durante el mes.

$$\sum_{e \in E} \sum_{o \in E, o \neq e} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \sum_{\alpha \in A} X_{e,o,c,d,t,\alpha} \geq 1, \quad \forall d \in D$$

5. Si un equipo va a jugar en el bloque de tiempo t , debe llegar de alguna forma, de lo contrario, no llega.

$$X_{e,o,c,d,t,\alpha} = B_{e,t,\alpha} + V_{e,t,\alpha} \quad \forall e, o \in E, o \neq e, \forall c \in C, \forall d \in D, \forall t \in T, \forall \alpha \in A$$

6. El número de vehiculos estacionados en un bloque de tiempo t no puede superar la máxima capacidad del estacionamiento.

$$\sum_{e \in E} (V_{e,t,\alpha} * n_d * q_{e,d}) \leq mveh \quad \forall d \in D, t \in T, \alpha \in A$$

7. La cantidad total de buses que hay en un tiempo t debe ser menor o igual a la capacidad máxima de buses.

$$\sum_{e \in E} B_{e,t,\alpha} \leq mbus \quad \forall t \in T, \alpha \in A$$

8. La cantidad de jugadores que usan los camarines tiene que ser menor a la capacidad máxima de los camarines, para hombres y mujeres.

$$\sum_{e \in E} \sum_{o \in E, o \neq e} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \sum_{\alpha \in A} X_{e,o,c,d,t,\alpha} * n_d \leq 2 * mc \quad \forall d \in (1, 3, 5, 7, 9)$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{o \in E, o \neq e} \sum_{c \in C} \sum_{t \in T} \sum_{\alpha \in A} X_{e,o,c,d,t,\alpha} * n_d \leq 2 * mc \quad \forall d \in (2, 4, 6, 8, 10)$$

9. La cantidad de espectadores para cada partido no debe superar la capacidad máxima de espectadores de cada cancha.

$$2 \sum_{e \in E} (V_{e,t,\alpha} * n_d * q_{e,d}) \leq emax_c \quad \forall c \in C, d \in D, \forall t \in T, \forall \alpha \in A$$

10. Naturaleza de Variables

$$X_{e,o,c,d,t,\alpha} \in \{0, 1\} \quad \forall e, o \in E, o \neq e, \forall c \in C, \forall d \in D, \forall t \in T, \forall \alpha \in A$$

$$B_{e,t,\alpha}, V_{e,t,\alpha} \in \{0, 1\}, \quad \forall e \in E, \forall t \in T, \forall \alpha \in A$$

4. Resultados

Los resultados obtenidos en el presente informe son inconclusos, puesto que al hacer funcionar el modelo en el programa computacional se obtiene una solución infactible. Se cree que esto puede deberse a un sobredimensionamiento del problema a optimizar, trabajando simultáneamente con variables dependientes de muchos parámetros que se ven restringidas entre sí.

Se evaluaron diferentes escenarios de simplificación, como disminución de equipos y partidos, disminución del intervalo tiempo a evaluar y verificación de las diferentes restricciones, sin llegar a un resultado coherente.

Para la etapa final del proyecto, se replanteará el problema realizando nuevos supuestos a modo de simplificarlo y reevaluar las restricciones. Se espera llegar a un valor óptimo factible con el cual trabajar los siguientes puntos a evaluar del sistema.

5. Bibliografía

1. Ministerio del Interior. (2001). *Ley del Deporte*. Disponible en <http://www.ind.cl/wp-content/uploads/2014/11/Ley-del-Deporte-Crea-Ministerio.pdf> [Consultado el 6 de Abril de 2018].