

# PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA APLICADA A LA CONFECCIÓN DEL FIXTURE DE LA PRIMERA DIVISIÓN DEL FÚTBOL CHILENO

Guillermo Durán    Mario Guajardo    Jaime Miranda  
Denis Sauré    Sebastián Souyris    Andrés Weintraub  
Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile

Alejandro Carmash    Felipe Chaigneau  
Asociación Nacional de Fútbol Profesional (ANFP), Chile

Octubre 2005

---

## AGENDA

- Descripción del problema
- Antecedentes
- Justificación de la aplicación
- Particularidades del problema chileno
- Enfoque de solución
- Modelo matemático
- Metodología de solución
- Resultados del modelo: fixture final del torneo Apertura
- Posibilidades de sorteo
- El fixture del Clausura
- Repercusión en los medios de prensa
- Trabajo futuro
- Conclusiones

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

### ■ PROBLEMÁTICA

- Realizar el fixture de la primera división del fútbol chileno (Torneos Apertura y Clausura 2005).

### ■ LIMITACIONES

- Este fixture está sujeto a una serie de condiciones dadas por los distintos clubes y la Asociación Nacional de Fútbol Profesional (ANFP).
- Estas condiciones están asociadas a distintos conflictos de intereses.

### ■ OBJETIVO CENTRAL

- TENER UNA ATRACTIVA PROGRAMACIÓN DE LOS PARTIDOS DE PRIMERA DIVISIÓN DEL FÚTBOL CHILENO, TANTO PARA LOS CLUBES COMO PARA EL PÚBLICO EN GENERAL



---

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Problema difícil de resolver

Número de Equipos	Número de Fixtures
2	1
4	6
6	720
8	31.449.600

- **OBJETIVO:** Encontrar uno de los fixtures que cumpla con las condiciones requeridas.
- 8 equipos: más de 30 millones de posibilidades distintas.
- La tarea de encontrar a mano un fixture que satisfaga todas las condiciones requeridas es prácticamente imposible.

## ANTECEDENTES

¿Quiénes usan este tipo de modelos?

- LIGAS INTERNACIONALES QUE USAN MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA PROGRAMACIÓN DE SUS FIXTURES
  - **Liga de básquetbol americana: NBA**
  - **Liga de fútbol americano : NFL**
  - **Liga de beisbol americano : MBL**



---

## ANTECEDENTES

### Importante desarrollo académico en *sports scheduling*

- Existe un gran número de trabajos en la literatura.
- Hay muchos grupos trabajando activamente en el tema en todo el mundo, tanto desde el punto de vista teórico como desde las aplicaciones: Mike Trick (Carnegie Mellon); George Nemhauser (Georgia Tech); Martin Henz (Universidad de Singapur); Celso Ribeiro (PUC-Brasil); Tomomi Matsui (Universidad de Tokio).
- El problema “estrella” en el área es el *Traveling Tournament Problem (TTP)* definido por Easton, Nemhauser y Trick en 2001. El TTP consiste en diseñar un fixture que minimice las distancias recorridas por los equipos participantes de una liga deportiva norteamericana.

---

## JUSTIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN

¿Por qué mejorar los fixtures?

Las ligas mencionadas usan para la creación de los fixtures sólo criterios objetivos y claros. En la mayoría de ellas hay millones de dólares en juego.

### ■ JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

- Aumento en la afluencia de público.
- Aumento del rating de los partidos televisados.
- Reducción de los costos operativos (viajes-estadias, arriendo de canchas).
- Criterios de equidad económica.

### ■ JUSTIFICACIÓN DEPORTIVA

- Criterios de equidad deportiva.

### ■ BENEFICIO AL PÚBLICO

- Partidos importantes en fechas adecuadas.
- Torneos más atractivos.

---

## PARTICULARIDADES DEL PROBLEMA CHILENO

### ■ CONTEXTO:

- **2 campeonatos por año: Apertura y Clausura.**
- **20 equipos.**
- **19 fechas de encuentros en cada campeonato.**
- **Todos juegan contra todos.**
- **Debe haber 10 partidos por fecha.**
- **Todos los equipos deben jugar en cada fecha.**
- **Los equipos están divididos en 4 grupos de 5 equipos.**
- **Clasifican a los play-off los dos primeros de cada grupo (modelo mexicano).**
- **Los días en los que se juega cada una de las 19 fechas de cada campeonato (miércoles o domingo) están determinados a priori por la ANFP.**



## PARTICULARIDADES DEL PROBLEMA CHILENO

### Distribución en grupos: Apertura 2005

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
COLO-COLO AUDAX ITALIANO HUACHIPATO SAN FELIPE MELIPILLA	COBRELOA WANDERERS COQUIMBO PUERTO MONTT LA SERENA	U.DE CONCEPCIÓN UNIÓN ESPAÑOLA TEMUCO PALESTINO D. CONCEPCIÓN	U.DE CHILE U. CATÓLICA EVERTON COBRESAL RANGERS

Cuadro 1: Grupos del Apertura 2005

### Distribución en grupos: Clausura 2005

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
U. CATÓLICA HUACHIPATO D. CONCEPCIÓN PUERTO MONTT SAN FELIPE	U.DE CHILE EVERTON LA SERENA WANDERERS TEMUCO	COBRELOA COBRESAL RANGERS PALESTINO AUDAX ITALIANO	COLO-COLO COQUIMBO UNIÓN ESPAÑOLA U.DE CONCEPCIÓN MELIPILLA

Cuadro 2: Grupos del Clausura 2005

---

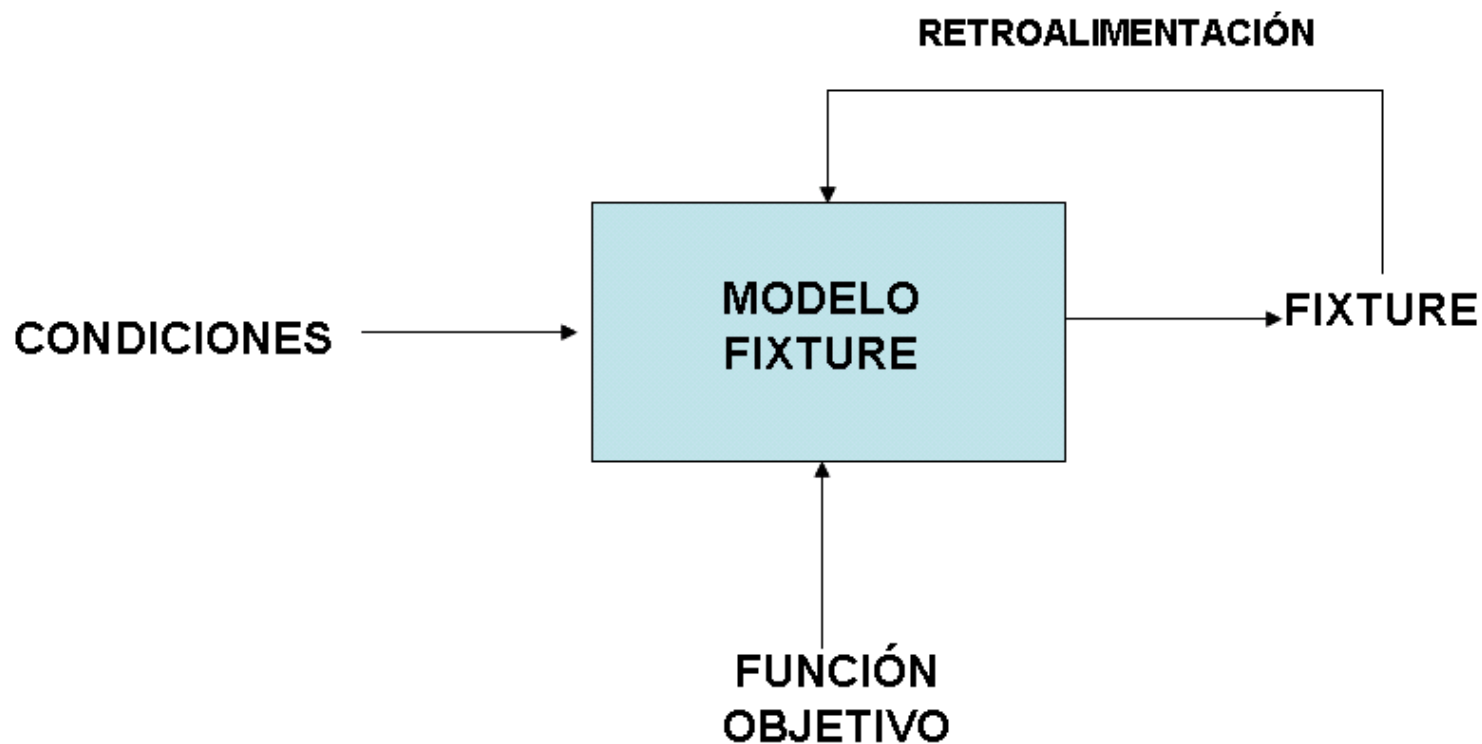
## PARTICULARIDADES DEL PROBLEMA CHILENO

### Dificultades del fixture 2004

- Analicemos el fixture del fútbol chileno del Clausura 2004
  - **Partidos clásicos en fechas inconvenientes.**
  - **Desbalance en las localías de los miércoles.**
  - **No se aprovecharon las fechas de domingo-miércoles o miércoles-domingo para partidos de visitante consecutivos en lugares lejanos.**
  - **Equipos chicos enfrentando en fechas consecutivas a los dos equipos más importantes.**
  - **No aprovechamiento de los lugares turísticos para partidos importantes en fechas atractivas.**
  - **Equipos chicos enfrentando siempre de visitante a los 4 equipos más importantes.**

## ENFOQUE DE SOLUCIÓN

- Necesitamos un modelo que:
  - **Construya la programación de fechas de los partidos del fútbol chileno.**
  - **Cumpla con una serie de condiciones.**



---

## ENFOQUE DE SOLUCIÓN

### ■ MODELO PROPUESTO

- **Determinar la programación para cada una de las 19 fechas, o sea quien juega contra quien y en que estadio, en cada fecha.**
- **Se buscarán fixtures que satisfagan todas las condiciones fijadas, maximizando enfrentamientos “decisivos” hacia el final del campeonato (entre equipos del mismo grupo y/o entre equipos que pelean el descenso).**

---

## ENFOQUE DE SOLUCIÓN

- **CONDICIONES:** restricciones que deben ser cumplidas a cabalidad.
  - **Fixture válido:** cada equipo juega un partido por fecha y todos los partidos se disputan exactamente una vez a lo largo del torneo.
  - **De las 19 fechas cada equipo juega 10 de local y 9 de visita, o viceversa.**
  - **No se puede jugar más de 2 partidos consecutivos de local ni de visita.**
  - **No se puede jugar 4 partidos de local ni 4 de visita en 5 fechas consecutivas.**
  - **No se puede jugar más que una vez a lo largo del torneo 2 partidos juntos de visita (“trips”), ni más de 2 veces a lo largo del torneo 2 partidos juntos de local.**

---

## ENFOQUE DE SOLUCIÓN

### ■ MÁS CONDICIONES:

- Hay 4 pares de equipos “cruzados” (Univ. de Chile - Colo-Colo; Coquimbo-La Serena; Everton-Wanderers; Univ. de Concepción-Deportes Concepción) que cuando uno es local el otro debe ser visita, y viceversa.
- Todo equipo si enfrenta de local a la Univ. de Chile, debe enfrentar de visita a Colo-Colo, y viceversa. Lo mismo para Universidad Católica y Cobreloa (equipos “excluyentes”).
- Los equipos de zonas turísticas (Viña, Valparaíso, Coquimbo, La Serena) enfrentan al menos una vez a alguno de los 3 equipos más importantes durante las fechas de verano.

---

## ENFOQUE DE SOLUCIÓN

- **MÁS CONDICIONES:**
  - **Los clásicos se juegan entre la fecha 8 y la 17.**
  - **Ningún equipo grande juega más de un clásico de local.**
  - **En cada fecha no pueden jugarse más de 4 partidos en Santiago.**
  - **Hay ciertas fechas donde obligatoriamente en ella o en la siguiente cada equipo debe jugar exactamente una vez de local (fecha de ajuste).**
  - **Requerimientos especiales: por ejemplo, en la primer fecha se deben enfrentar los finalistas del torneo anterior (así se suspende un solo partido y se les puede dar a ambos una semana más de descanso).**

---

## ENFOQUE DE SOLUCIÓN

- **MÁS CONDICIONES:**
  - **No se puede jugar en forma consecutiva contra los 2 equipos populares (Universidad de Chile y Colo-Colo).**
  - **No se puede jugar en 3 fechas consecutivas contra 3 de los 4 equipos fuertes (Universidad de Chile, Colo-Colo, Universidad Católica y Cobreloa).**
  - **A lo largo del torneo debe haber al menos 3 aprovechamientos de viajes en visitas a lugares alejados, involucrando las fechas de los miércoles (viajes “buenos”).**
  - **Un equipo de la zona centro del país no puede jugar visitas consecutivas domingo-miércoles o miércoles-domingo, una en la zona norte y otra en la zona sur.**



---

## ENFOQUE DE SOLUCIÓN

### ■ ¿QUÉ SE BUSCA?:

- En el torneo Apertura buscamos maximizar los enfrentamientos entre equipos del mismo grupo hacia el final del campeonato, teniendo en cuenta que se cumplen todas las condiciones pedidas. El “valor” de cada partido es igual al número de fecha en el que el mismo se juega.
- En el torneo Clausura agregamos como partidos “decisivos” a los partidos jugados entre equipos comprometidos por el descenso.

## MODELO MATEMÁTICO

- Se utilizará para la resolución del problema un modelo de programación lineal entera

- **VARIABLES DE DECISIÓN**

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{Si el equipo } i \text{ juega de local contra el equipo } j \text{ en la fecha } k \\ 0 & \sim \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{si el equipo } i \text{ juega la fecha } k \text{ y la } k + 1 \text{ de visita} \\ 0 & \sim \end{cases}$$

$$w_{cik} = \text{Variables auxiliares para modelar visitas consecutivas}$$

## MODELO MATEMÁTICO (2)

### ■ RESTRICCIONES

- En cada fecha los equipos juegan ya sea de local o de visita:

$$\sum_{j \neq i} [x_{ijk} + x_{jik}] = 1 \quad \forall i, k$$

- Todos los equipos juegan contra todos:

$$\sum_k [x_{ijk} + x_{jik}] = 1 \quad \forall i, j \quad i \neq j$$

- De las 19 fechas, por lo menos 9 de local o 9 de visita:

$$10 \geq \sum_{j \neq i} \sum_k x_{ijk} \geq 9 \quad \forall i$$

## MODELO MATEMÁTICO (3)

### ■ RESTRICCIONES

- No se pueden jugar más de dos visitas consecutivas:

$$\sum_{j \neq i} x_{ji(k-1)} + x_{jik} + x_{ji(k+1)} \leq 2 \quad \forall i, k \quad 1 < k < 19$$

- No se pueden jugar más de dos localías consecutivas:

$$\sum_{j \neq i} x_{ij(k-1)} + x_{ijk} + x_{ij(k+1)} \leq 2 \quad \forall i, k \quad 1 < k < 19$$

- No se pueden jugar 4 o más visitas en cinco fechas consecutivas:

$$\sum_{j \neq i} x_{ji(k-2)} + x_{ji(k-1)} + x_{jik} + x_{ji(k+1)} + x_{ji(k+2)} \leq 3 \quad \forall i, k \quad 2 < k < 18$$

## MODELO MATEMÁTICO (4)

### ■ RESTRICCIONES

- No se pueden jugar 4 o más localías en cinco fechas consecutivas:

$$\sum_{j \neq i} x_{ij(k-2)} + x_{ij(k-1)} + x_{ijk} + x_{ij(k+1)} + x_{ij(k+2)} \leq 3 \quad \forall i, k \quad 2 < k < 18$$

- Cálculo de la variable  $y$ :

$$2 \cdot y_{ik} \leq \sum_{j \neq i} x_{jik} + x_{ji(k+1)} \leq 1 + y_{ik} \quad \forall i, k \quad k < 19$$

## MODELO MATEMÁTICO (5)

### ■ RESTRICCIONES

- Cada equipo juega a lo sumo una vez dos partidos de visita consecutivos.

$$\sum_{k < 19} y_{ik} \leq 1 \quad \forall i$$

- Equipos “cruzados”:

$$\sum_{h \neq i, h \neq j} [x_{ihk} + x_{jhk}] = \sum_{h \neq i, h \neq j} [x_{hik} + x_{hjk}] \quad \forall (i, j) \quad \text{par de equipos cruzados}$$

- Equipos “excluyentes”:

$$\sum_k x_{h,i,k} + x_{h,j,k} = 1 \quad \forall h (h \neq i, h \neq j), \quad \forall (i, j) \quad \text{par de equipos excluyentes}$$

## MODELO MATEMÁTICO (6)

### ■ RESTRICCIONES

- Los equipos turísticos juegan por lo menos una vez con algún equipo grande durante las fechas turísticas:

$$\sum_{f \text{ fecha turística}} \sum_{g \text{ equipo grande}} x_{tgf} \geq 1 \quad \forall t \text{ equipo turístico}$$

- Ningún equipo grande juega en la misma semana dos veces en la misma región turística.

$$\sum_{i \text{ en la región } r} x_{ig(k-1)} + 2 \cdot x_{igk} + x_{ig(k+1)} \leq 2 \quad \begin{array}{l} \forall r \text{ región turística} \\ \forall g \text{ equipo grande} \end{array}$$

## MODELO MATEMÁTICO (7)

### ■ RESTRICCIONES

- Los clásicos se juegan entre la fecha 8 y la 17:

$$x_{ijk} = 0 \quad \begin{array}{l} \forall k \quad k > 17 \vee k < 8 \\ \forall (i, j) \quad \text{partido clásico} \end{array}$$

- Ningún equipo grande juega más de un clásico de local:

$$\sum_k [x_{hik} + x_{ijk}] = \sum_k [x_{hjk} + x_{ijk}]$$

$h$	=	Catolica
$i$	=	Colo-Colo
$j$	=	U. de Chile

- En cada fecha no se pueden jugar más de 4 partidos en Santiago:

$$\sum_{i \text{ equipo de Santiago}} \sum_{j \neq i} x_{ijk} \leq 4 \quad \forall k$$



## MODELO MATEMÁTICO (8)

### ■ RESTRICCIONES

- En una fecha de ajuste o en la próxima se debe jugar exactamente una vez de local:

$$\sum_{j \neq i} x_{ijk} + x_{ij(k+1)} = 1 \quad \forall i, \quad \forall a \text{ fecha de ajuste}$$

- Distancia mínima entre partidos versus Colo-Colo y la U. de Chile:

$$\sum_{p \neq i} x_{ipk} + x_{pik} + x_{ip(k+1)} + x_{pi(k+1)} \leq 1 \quad \forall i, k \quad k < 19, \quad \forall p \text{ equipo popular}$$

## MODELO MATEMÁTICO (9)

### ■ RESTRICCIONES

- Distancia mínima entre partidos versus equipos fuertes:

$$\sum_{f \neq i, f \text{ equipo fuerte}} x_{ifk} + x_{fik} + x_{if(k+1)} + x_{fi(k+1)} + x_{if(k+2)} + x_{fi(k+2)} \leq 2 \quad \forall i, k < 18$$

- Cálculo de variables  $w$  (partidos consecutivos de visita de un equipo del centro contra equipos de una misma región  $c$ ):

$$\sum_{j \neq i \vee j \text{ equipo de la zona } c} x_{ji(k+1)} + 2 \cdot x_{jik} + x_{ji(k-1)} \geq 3 \cdot w_{cik} \quad \begin{array}{l} \forall k \text{ fecha miércoles} \\ \forall i \text{ equipo de} \\ \text{zona centro} \end{array}$$

## MODELO MATEMÁTICO (10)

### ■ RESTRICCIONES

- Cálculo de variables  $w$  (partidos de visita consecutivos de equipos no del centro, fuera de su zona):

$$\sum_{j \neq i \vee j \text{ equipo no en la zona } c} x_{ji(k+1)} + 2 \cdot x_{jik} + x_{ji(k-1)} \geq 3 \cdot w_{cik} \quad \begin{array}{l} \forall k \text{ fecha miércoles} \\ \forall c \text{ zonas norte o sur} \\ \forall i \text{ equipo de zona } c \end{array}$$

- Jugar al menos tres partidos “buenos”:

$$\sum_{c \text{ zona norte o sur}} \sum_i \sum_{k \text{ fecha miércoles}} w_{cik} \geq 3$$

## MODELO MATEMÁTICO (11)

### ■ RESTRICCIONES

- Evitar partidos “malos” (equipos de zona centro jugando de visita a mitad de semana en el norte (sur) y jugando la fecha anterior o posterior en el sur (norte)):

$$\sum_{j \notin \text{zona centro ni zona } c} x_{ji(k+1)} + x_{ji(k-1)} + \sum_{h \text{ en zona } c} 2 \cdot x_{hik} \leq 2$$

$\forall k$  fecha miércoles  
 $\forall c$  zona norte o sur  
 $\forall i$  equipo de zona centro

---

## MODELO MATEMÁTICO (12)

### ■ FUNCIÓN OBJETIVO (para el torneo Apertura)

$$z = \sum_i \sum_{j \neq i \vee j \text{ en el grupo de } i} \sum_k k \cdot x_{ijk}$$

## METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN (Torneo Apertura)

- Las primeras pruebas nos mostraron que el problema era realmente difícil: dejábamos corriendo el modelo y no arrojaba siquiera una solución factible (alrededor de 8000 variables y 3000 restricciones).
- Decidimos fijar algunas variables en 1 y poner como función objetivo el maximizar viajes “buenos”. Obtuvimos una solución factible con 3 de dichos viajes: esta fue nuestra solución inicial. Luego incorporamos como restricción la condición de los 3 viajes “buenos” y volvimos a la función objetivo definida en esta presentación.
- Maximizamos en el “vecindario” de la solución factible, entendiendo por vecindario a toda solución que mantuviera los patrones de localías de los 20 equipos a lo largo de las 19 fechas.
- 2 horas para encontrar una solución factible (con los “trucos” explicados) en una Pentium 4 de 2,4Ghz, utilizando Cplex 9.0.
- 2 minutos para explorar vecindario de la solución (mismas condiciones computacionales).

# RESULTADOS DEL MODELO: FIXTURE FINAL DEL APERTURA

Fixture 2005 Apertura										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UCH	@EVRT	SFLP	@CQMB	PLTN	@PMNTT	CONCE	@CBLOA	WDRS	@HCH	AUDAX
COLO	PMNTT	@WDRS	CBSAL	@AUDAX	UDC	@LSRN	EVRT	@TMC	CBLOA	@CATO
CBLOA	@UE	PLTN	@HCH	@UDC	TMC	@MLPLL	UCH	RNGS	@COLO	CONCE
UDC	AUDAX	@LSRN	@EVRT	CBLOA	@COLO	SFLP	@CQMB	HCH	@RNGS	UE
CATO	MLPLL	@PMNTT	@TMC	UE	@CONCE	WDRS	@SFLP	AUDAX	@LSRN	COLO
AUDAX	@UDC	EVRT	@UE	COLO	@CQMB	PLTN	@RNGS	@CATO	TMC	@UCH
WDRS	@SFLP	COLO	@CONCE	EVRT	CBSAL	@CATO	TMC	@UCH	MLPLL	@PMNTT
HCH	LSRN	@CONCE	CBLOA	@TMC	@PLTN	RNGS	CBSAL	@UDC	UCH	@EVRT
UE	CBLOA	@RNGS	AUDAX	@CATO	EVRT	@CBSAL	LSRN	@MLPLL	CQMB	@UDC
CQMB	CONCE	@CBSAL	UCH	@MLPLL	AUDAX	@TMC	UDC	@EVRT	@UE	SFLP
TMC	CBSAL	@MLPLL	CATO	HCH	@CBLOA	CQMB	@WDRS	COLO	@AUDAX	RNGS
EVRT	UCH	@AUDAX	UDC	@WDRS	@UE	PMNTT	@COLO	CQMB	@SFLP	HCH
PMNTT	@COLO	CATO	MLPLL	@CBSAL	UCH	@EVRT	@PLTN	SFLP	@CONCE	WDRS
SFLP	WDRS	@UCH	@PLTN	RNGS	LSRN	@UDC	CATO	@PMNTT	EVRT	@CQMB
LSRN	@HCH	UDC	@RNGS	CONCE	@SFLP	COLO	@UE	PLTN	CATO	@CBSAL
RNGS	@PLTN	UE	LSRN	@SFLP	MLPLL	@HCH	AUDAX	@CBLOA	UDC	@TMC
PLTN	RNGS	@CBLOA	SFLP	@UCH	HCH	@AUDAX	PMNTT	@LSRN	CBSAL	@MLPLL
CBSAL	@TMC	CQMB	@COLO	PMNTT	@WDRS	UE	@HCH	CONCE	@PLTN	LSRN
CONCE	@CQMB	HCH	WDRS	@LSRN	CATO	@UCH	MLPLL	@CBSAL	PMNTT	@CBLOA
MLPLL	@CATO	TMC	@PMNTT	CQMB	@RNGS	CBLOA	@CONCE	UE	@WDRS	PLTN
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
UCH	@UE	@COLO	LSRN	@MLPLL	CATO	TMC	@UDC	RNGS	@CBSAL	
COLO	CQMB	UCH	@PLTN	UE	@RNGS	@CONCE	HCH	@SFLP	MLPLL	
CBLOA	@AUDAX	SFLP	@EVRT	CQMB	CBSAL	@CATO	LSRN	@WDRS	PMNTT	
UDC	MLPLL	@CBSAL	TMC	@CATO	PMNTT	@WDRS	UCH	@CONCE	PLTN	
CATO	@PLTN	HCH	@CQMB	UDC	@UCH	CBLOA	@CBSAL	EVRT	@RNGS	
AUDAX	CBLOA	@CONCE	CBSAL	@LSRN	MLPLL	@PMNTT	WDRS	@HCH	SFLP	
WDRS	@LSRN	PLTN	@RNGS	HCH	@UE	UDC	@AUDAX	CBLOA	@CQMB	
HCH	PMNTT	@CATO	MLPLL	@WDRS	SFLP	CQMB	@COLO	AUDAX	@UE	
UE	UCH	@TMC	PMNTT	@COLO	WDRS	@SFLP	CONCE	@PLTN	HCH	
CQMB	@COLO	RNGS	CATO	@CBLOA	PLTN	@HCH	PMNTT	@LSRN	WDRS	
TMC	@EVRT	UE	@UDC	@SFLP	LSRN	@UCH	PLTN	@PMNTT	CONCE	
EVRT	TMC	@MLPLL	CBLOA	@CBSAL	CONCE	@PLTN	RNGS	@CATO	LSRN	
PMNTT	@HCH	LSRN	@UE	RNGS	@UDC	AUDAX	@CQMB	TMC	@CBLOA	
SFLP	CBSAL	@CBLOA	CONCE	TMC	@HCH	UE	@MLPLL	COLO	@AUDAX	
LSRN	WDRS	@PMNTT	@UCH	AUDAX	@TMC	MLPLL	@CBLOA	CQMB	@EVRT	
RNGS	CONCE	@CQMB	WDRS	@PMNTT	COLO	CBSAL	@EVRT	@UCH	CATO	
PLTN	CATO	@WDRS	COLO	@CONCE	@CQMB	EVRT	@TMC	UE	@UDC	
CBSAL	@SFLP	UDC	@AUDAX	EVRT	@CBLOA	@RNGS	CATO	@MLPLL	UCH	
CONCE	@RNGS	AUDAX	@SFLP	PLTN	@EVRT	COLO	@UE	UDC	@TMC	
MLPLL	@UDC	EVRT	@HCH	UCH	@AUDAX	@LSRN	SFLP	CBSAL	@COLO	

---

## POSIBILIDADES DE SORTEO

- EQUIPOS MELLIZOS
  - **Son equipos de “similares características“, o sea, que están sujetos a las mismas condiciones.**
- Existe la posibilidad de sorteo entre ellos de modo que se sigan cumpliendo todas las condiciones y la función objetivo mantenga su valor, ya que incluso pertenecen al mismo grupo.
  - **Coquimbo – La Serena.**
  - **Universidad de Concepción – Deportes Concepción.**
  - **Unión Española – Palestino.**
  - **Melipilla – San Felipe.**
- Esto nos permite una “aleatorización” del fixture, ya que, con un mismo esquema podemos generar 16 fixtures distintos.



---

## EL FIXTURE DEL CLAUSURA

- ¿QUÉ SE MODIFICÓ PARA EL CLAUSURA?:
  - El fixture “espejado” del Apertura no servía como solución inicial factible porque contaba con 4 equipos que disputaban 2 veces 2 partidos seguidos como visitantes.
  - Retiramos entonces esa restricción dura y la agregamos penalizada en la función objetivo.
  - Obtuvimos así una solución con un solo equipo que presentaba este problema (y además uno de los “trips” de visitante que realizaba era un viaje “bueno”).
  - Partimos entonces de esta solución inicial y llevamos a cabo un procedimiento similar al del torneo Apertura para conseguir un fixture final (agregamos como partidos a intentar jugar hacia el fin al del campeonato a aquellos entre equipos que pelean el descenso).

# EL FIXTURE DEL CLAUSURA

Fixture 2005 Clausura										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UCH	UDC	@SFLP	PMNTT	@RNGS	CBLOA	@CONCE	COLO	@WDRS	MLPLL	@PLTN
COLO	@EVRT	LSRN	@CQMB	AUDAX	@UDC	TMC	@UCH	PLTN	@CBSAL	CATO
CBLOA	@PMNTT	MLPLL	@PLTN	EVRT	@UCH	CATO	@TMC	AUDAX	@CQMB	UDC
UDC	@UCH	EVRT	RNGS	@HCH	COLO	@UE	WDRS	@SFLP	LSRN	@CBLOA
CATO	@AUDAX	CQMB	TMC	@WDRS	PMNTT	@CBLOA	CONCE	@HCH	RNGS	@COLO
AUDAX	CATO	@TMC	CONCE	@COLO	CQMB	@WDRS	RNGS	@CBLOA	HCH	@MLPLL
WDRS	@PLTN	CONCE	@MLPLL	CATO	@CBSAL	AUDAX	@UDC	UCH	@EVRT	PMNTT
HCH	@MLPLL	PLTN	@CBSAL	UDC	@SFLP	EVRT	@LSRN	CATO	@AUDAX	UE
UE	@CQMB	CBSAL	@LSRN	MLPLL	@EVRT	UDC	@PMNTT	TMC	PLTN	@HCH
CQMB	UE	@CATO	COLO	TMC	@AUDAX	CBSAL	@PLTN	@CONCE	CBLOA	@SFLP
TMC	@CBSAL	AUDAX	@CATO	@CQMB	MLPLL	@COLO	CBLOA	@UE	SFLP	@RNGS
EVRT	COLO	@UDC	SFLP	@CBLOA	UE	@HCH	MLPLL	@RNGS	WDRS	@LSRN
PMNTT	CBLOA	@RNGS	@UCH	CBSAL	@CATO	PLTN	UE	@MLPLL	CONCE	@WDRS
SFLP	@LSRN	UCH	@EVRT	PLTN	HCH	@RNGS	@CBSAL	UDC	@TMC	CQMB
LSRN	SFLP	@COLO	UE	@CONCE	RNGS	@MLPLL	HCH	CBSAL	@UDC	EVRT
RNGS	@CONCE	PMNTT	@UDC	UCH	@LSRN	SFLP	@AUDAX	EVRT	@CATO	TMC
PLTN	WDRS	@HCH	CBLOA	@SFLP	CONCE	@PMNTT	CQMB	@COLO	@UE	UCH
CBSAL	TMC	@UE	HCH	@PMNTT	WDRS	@CQMB	SFLP	@LSRN	COLO	@CONCE
CONCE	RNGS	@WDRS	@AUDAX	LSRN	@PLTN	UCH	@CATO	CQMB	@PMNTT	CBSAL
MLPLL	HCH	@CBLOA	WDRS	@UE	@TMC	LSRN	@EVRT	PMNTT	@UCH	AUDAX
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
UCH	HCH	UE	@CATO	CBSAL	@AUDAX	@TMC	EVRT	@LSRN	CQMB	
COLO	@PMNTT	@HCH	RNGS	@UE	SFLP	WDRS	@CBLOA	CONCE	@MLPLL	
CBLOA	@CONCE	WDRS	@CBSAL	@SFLP	UE	@LSRN	COLO	@RNGS	HCH	
UDC	@TMC	CATO	@AUDAX	CQMB	@PMNTT	CONCE	@MLPLL	CBSAL	@PLTN	
CATO	PLTN	@UDC	UCH	@MLPLL	CBSAL	@EVRT	SFLP	@UE	LSRN	
AUDAX	LSRN	@PLTN	UDC	@EVRT	UCH	PMNTT	@CBSAL	@SFLP	UE	
WDRS	RNGS	@CBLOA	UE	@TMC	CQMB	@COLO	LSRN	@HCH	SFLP	
HCH	@UCH	COLO	@PMNTT	CONCE	TMC	@CQMB	@RNGS	WDRS	@CBLOA	
UE	SFLP	@UCH	@WDRS	COLO	@CBLOA	RNGS	@CONCE	CATO	@AUDAX	
CQMB	EVRT	@RNGS	LSRN	@UDC	@WDRS	HCH	@PMNTT	MLPLL	@UCH	
TMC	UDC	@LSRN	EVRT	WDRS	@HCH	UCH	@PLTN	PMNTT	@CONCE	
EVRT	@CQMB	CBSAL	@TMC	AUDAX	@CONCE	CATO	@UCH	PLTN	@PMNTT	
PMNTT	COLO	@SFLP	HCH	@LSRN	UDC	@AUDAX	CQMB	@TMC	EVRT	
SFLP	@UE	PMNTT	@CONCE	CBLOA	@COLO	MLPLL	@CATO	AUDAX	@WDRS	
LSRN	@AUDAX	TMC	@CQMB	PMNTT	@PLTN	CBLOA	@WDRS	UCH	@CATO	
RNGS	@WDRS	CQMB	@COLO	PLTN	@MLPLL	@UE	HCH	CBLOA	@CBSAL	
PLTN	@CATO	AUDAX	MLPLL	@RNGS	LSRN	@CBSAL	TMC	@EVRT	UDC	
CBSAL	MLPLL	@EVRT	CBLOA	@UCH	@CATO	PLTN	AUDAX	@UDC	RNGS	
CONCE	CBLOA	@MLPLL	SFLP	@HCH	EVRT	@UDC	UE	@COLO	TMC	
MLPLL	@CBSAL	CONCE	@PLTN	CATO	RNGS	@SFLP	UDC	@CQMB	COLO	

# REPERCUSIÓN EN LOS MEDIOS (EN CHILE)

**FUTBOL NACIONAL**

**Revolucionario sistema  
TORNEO CHILENO SE DISEÑARÁ CON MISMO  
SOFTWARE DE LA LIGA DE BÉISBOL DE EE.UU.**



Ingenieros de la U. Chile aplicarán conceptos matemáticos y computacionales para crear el fixture de los campeonatos del 2005, con lo que se espera ahorrar costos a los clubes y hacer más atractiva la competencia. La experiencia es inédita en esta parte del mundo, pero todo un éxito en el país norteamericano. (TERRA.cl)

SANTIAGO, diciembre 15.- Con el objetivo de mejorar todo lo que rodea al espectáculo del fútbol chileno, los dos torneos nacionales del 2005 se diseñarán con un programa computacional similar al que se utiliza en la liga de béisbol de EE.UU.

Matemáticos de la U. de Chile trabajan en calendario de campeonatos para la ANFP

## Un computador manejará el fútbol

Domingo 26 de diciembre de 2004

Gustavo Ortiz

Un complejo modelo matemático, similar al que se emplea en la confección de los planes de vuelo y las ligas de básquetbol y de béisbol norteamericanas, servirá de base para los torneos del próximo año.

Foto: Carlos Catalán



"Con esto no vamos a lograr que los futbolistas jueguen mejor, claro, pero sí que la programación sea mejor", explica Andrés Weintraub.

## PRESIDENTES DE CLUBES APROBARON CAMPEONATO PARA EL 2005

16.12.2004 | leída: 2741 veces | anfp.cl

Torneo de Apertura comenzará el fin de semana del 22 y 23 de enero.

Uno de las principales acuerdos que se registró durante el primer día de reunión de los presidentes de los clubes del fútbol chileno en la sede de la ANFP, fue la aprobación del Campeonato del 2005, que comenzará el fin de semana del 22 y 23 de enero, bajo la modalidad de dos torneos, Apertura y Clausura, ambos con la fase de Play Off, a la que accederán 8 equipos en cada competencia. La aprobación de los torneos del 2005 requirió de la votación de los clubes de Primera División, que determinó el siguiente resultado: 12 a favor 5 en contra 3 abstenciones. De esta manera, el fútbol en el año 2005 comenzará el sábado 22 de enero con la primera fecha del Apertura, que clasificará al primer equipo chileno para la Copa Libertadores del 2006. El fixture de ambos campeonatos será confeccionado mediante un sistema computacional desarrollado por expertos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Chile, encabezados por el profesor Andrés Weintraub.



# REPERCUSIÓN EN LOS MEDIOS (EN ARGENTINA)

Edición del Lunes, 03 de Octubre de 2005 | Hoy

Ingresar | Registrarse

futuro

Secciones [abrir]

Futuro | Sábado, 01 de Octubre de 2005

MATEMÁTICA Y FUTBOL

## El deporte más lógico del mundo

Por Pablo Castagnari



Echar una mirada al fixture del torneo de primera división del fútbol de Chile puede no tener mayores consecuencias para el simple amante confeso del que se hace llamar el deporte más bello del mundo, excepto una: desmitificar la frase quizá más obsecuente que rodea "lo futbolero", la que eleva todo lo que ocurre dentro del campo de juego, desde el resultado de un partido hasta el campeón más inesperado, a la divina providencia y al azar. "En el fútbol no hay lógica", repiten muchos, o mejor, todos los que hasta ahora no han reparado en la estructura del torneo del país trasandino: matemática y computación refinadas, ni un hilo suelto a la buena de Dios, lógica pura.

Parecerá un tanto frívolo llamarlo así, pero en el trasfondo de esta nueva unión entre ciencia y deporte se juega una cuestión de cartel, si la ciencia fue en la búsqueda de su aplicación en el deporte o si, como efectivamente ocurrió, fue el fútbol el que solicitó servicios especializados. Lo cierto es que la Asociación Nacional de Fútbol Profesional chilena (ANFP) es la única en el mundo que



Modelos matemáticos para el fútbol chileno

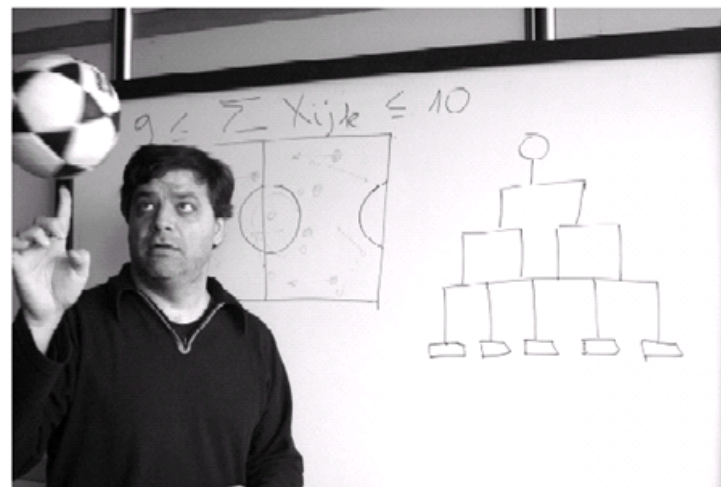
## El fixture perfecto

por Armando Doría

mando@de.fcen.uba.ar  
Fotos: Juan Pablo Vittori

*Los que piensan que al fútbol le puede resultar útil la matemática solo a la hora de especular sobre los puntos ganados o el promedio del descenso están equivocados.*

*La Asociación Nacional de Fútbol Profesional chilena utiliza desde el actual campeonato un modelo de fixture creado por un grupo de la Universidad de Chile dirigido por el matemático argentino Guillermo Durán. Los resultados: ahorro de costos operativos, torneos más atractivos y más gente en las canchas.*



Supongamos que usted decide organizar un campeonato de fútbol con una cantidad determinada de equipos que deben jugar todos contra todos. ¿Qué hacer? No se preocupe, puede apelar al método que habitualmente usa la AFA y la casi totalidad de las asociaciones de fútbol del mundo:

el fixture usual que da como resultado un orden arbitrario de los partidos (ver el gráfico). Ahora, si se le ocurre explorar las posibilidades de combinaciones de encuentros para después elegir la que le parezca más adecuada, puede que se maree. Por ejemplo, si el campeonato cuenta con cuatro equi-

pos, existen seis fixtures posibles; si los equipos son seis, las posibilidades ascienden a 720. Y si los equipos fueran ocho, ¿contaría con más de 30 millones de posibilidades!

Aunque el verdadero problema lo tendría usted si le propusieran armar un torneo que fuera ideal (o se acerque al ideal)

EXACTAMENTE 30

---

## TRABAJO FUTURO

- Los problemas de *sports scheduling* se han abordado con diferentes técnicas de programación matemática (*constraint programming (CP)*, programación entera), metaheurísticas, e incluso combinaciones de ellas.
- Posibles líneas de investigación futuras para nuestro problema:
  - Utilizar *CP* y/o metaheurísticas en el proceso de búsqueda de soluciones factibles.
  - Trabajar sobre mecanismos de generación de conjuntos de patrones de localías (*home-away patterns (HAP)*), que puedan ser factibles.
- Desde el punto de vista de las aplicaciones, extender lo aquí desarrollado a otros campeonatos del fútbol chileno (Torneo Promoción, Torneo de Segunda División), así como también a otros eventos deportivos de la región.

---

## CONCLUSIONES

- Tal cual se hace en las principales ligas deportivas de los Estados Unidos, el fixture del 2005 del torneo de Primera División del fútbol chileno fue diseñado utilizando un enfoque de Programación Matemática. Este diseño ha servido como una excelente herramienta que comprueba que el uso de tecnologías modernas pueden ser efectivas también en el campo del deporte para hacer campeonatos más atractivos para el público, y más rentables y justos para los clubes y las asociaciones organizadoras.
- Es difícil cuantificar el impacto en plata de esta herramienta, dado que hay muchos factores que influyen por ejemplo en la concurrencia de público a los estadios, o en la situación económica-financiera de los clubes. Sin embargo, hay algunas cuestiones fácilmente medibles: por ejemplo, en el torneo Clausura 2004 el clásico entre la Universidad de Chile y Colo-Colo se jugó en la primer fecha y tuvo una concurrencia de 10.000 personas, mientras que en el Apertura 2005 se disputó por la mitad del torneo y asistieron más de 40.000 espectadores.
- Otro factor para destacar como impacto positivo de la aplicación de nuestro modelo son los criterios mencionados de equidad deportiva: tanto la ANFP como los clubes han expresado su conformidad con la puesta en práctica de los mismos.