

ESCENARIO DE UTILIZACIÓN DE LA LÓGICA BORROSA EN UN ÉXITO DEPORTIVO. COPA DAVIS 2004.

Jaime Gil Lafuente

ABSTRACT

Tras varios lustros dedicándonos a desarrollar y aplicar nuevas técnicas derivadas de las lógicas multivalentes a la toma de decisiones en el ámbito deportivo y comercial, nos congratulamos por haber sido no sólo aceptados, sino también felicitados en la totalidad de congresos nacionales e internacionales científicos serios en donde estas nuevas alternativas fueron presentadas. Sin embargo, a estos años de silenciosa investigación le han quizás faltado como colofón la siempre avaladora aplicación a la realidad en la que vivimos. En este sentido, la oportunidad quizás más destacable surgió en octubre de 2004, cuando, tras un brillante recorrido, el equipo español de tenis se clasificó para jugar la final de la Copa Davis, con la ventaja añadida de que podía disputar los cinco encuentros contra Estados Unidos, su rival, en suelo español. Las dudas y presiones a las que la Federación Española de Tenis estaba sometida le llevaron a contactarnos para solicitarnos un estudio que permitiera escoger aquella sede más beneficiosa para que el combinado nacional se impusiera en tan importante final. Las nuevas técnicas derivadas de las lógicas multivalentes eran instrumentos idóneos para ello. Y, por supuesto, aceptamos el reto de ayudar a que España fuera campeona.

PALABRAS CLAVE: Asignación, Distancia Relativa de Hamming, Expertos, Subconjunto borroso, Ponderación Convexa.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando, tras una emotiva semifinal contra Francia, el equipo de español de tenis Copa Davis alcanzó el 26 de septiembre del 2004 tan prestigiosa final, varias ciudades españolas pusieron sus mejores pabellones y pistas a disposición de la Federación Española de Tenis para ser sede de tan importante acontecimiento. Entre ellas, cabía destacar siete ciudades:

1. Barcelona
2. Las Palmas de Gran Canarias
3. Madrid
4. Málaga
5. Santiago de Compostela / La Coruña
6. Sevilla
7. Valencia

Todas ellas caracterizadas por tener gran capacidad organizativa y, por supuesto, unas instalaciones dignas de albergar un acontecimiento de tal calibre. Sin embargo, las características técnicas de juego de los jugadores estadounidenses que conformaban el equipo rival requerían realizar un análisis completo y más detallado posible de un gran número de factores deportivos, comerciales y políticos que serían decisivos para que se cumplieran los objetivos propuestos.

No cabe duda que el objetivo principal era el deportivo: ganar tan preciada ensaladera. Pero, por otra parte, existía tanto un interés comercial (recaudación por entradas, venta de productos licenciados, etc.) como político (a destacar, el apoyo que supondría que la final se disputase en la ciudad de Madrid a los pocos meses que el Comité Olímpico Internacional decidiera si era esta u otra ciudad que organizara los Juegos Olímpicos del 2012). El debate tanto en medios de comunicación como las

entidades interesadas estaba sobre la mesa, y cabía solicitar estudios independientes para que la decisión fuera la más adecuada.

2. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN MEDIANTE OPINIONES SUBJETIVAS DE EXPERTOS: FACTORES DEPORTIVOS A TENER EN CUENTA

Solicitamos a la Federación de Tenis que nos permitiera entrevistarnos con los mayores especialistas con los que contaban, tanto a nivel tenístico como médico, psicológico, político y de organización. Debían ser conocedores de las características de los propios jugadores que competirían en la final (españoles o norteamericanos) y de las pistas y tipos de público de cada una de las siete ciudades que optaban por albergar la citada final, teniendo, por supuesto en cuenta, entre otros, factores como los climatológicos, sociales u ambientales.

La aceptación de la Federación fue, como es comprensible, condicionada a que lleváramos con total confidencialidad las identidades de los expertos entrevistados, lo cual, por supuesto, aceptamos.

Durante los pocos días que tuvimos para realizar las entrevistas y el consiguiente estudio, pudimos trabajar con cinco grupos de expertos a los que denominaremos **Grupo G, Grupo H, Grupo I, Grupo J y Grupo L**.

El limitado espacio temporal que se nos otorgó fue el que nos llevó a trabajar con menos características de las que hubiéramos precisado para un análisis más completo. Así, tras las múltiples reuniones llevadas a cabo con los grupos de expertos se decidió tener en cuenta una serie de Aspectos Deportivos:

- | | |
|--|---|
| a) Altitud sobre el nivel del mar | i) Grado de luz diaria |
| b) Número de habitantes de la ciudad | j) Experiencia en organización de acontecimientos similares |
| c) Número de Licencias en la ciudad | k) Ilusión organizativa |
| d) Infraestructuras hoteleras, comunicaciones, u otros servicios | l) Calor popular |
| e) Condiciones climatológicas generales | m) Dificultad de influencia del público en momentos difíciles |
| f) Temperatura en la pista | n) Capacidad del estadio |
| g) Humedad en la pista | o) Sensaciones de los jugadores |
| h) Presión atmosférica | |

3. ASIGNACIÓN Y OBTENCIÓN DE ÍNDICES DE PONDERACIÓN CONVEXA PARA CADA FACTOR DEPORTIVO

Tras obtener los 15 aspectos deportivos más importantes, solicitamos al *Grupo de Expertos G* que nos indicaran cuales eran, a su juicio, los niveles de importancia para cada uno de ellos:

- | | |
|---|---------------|
| a) Altitud sobre el nivel del mar, | $v_1 = 1$ |
| b) Número de habitantes de la ciudad, | $v_2 = .5$ |
| c) Número de Licencias en la ciudad, | $v_3 = .5$ |
| d) Infraestructuras hoteleras, comunicaciones, u otros servicios, | $v_4 = .5$ |
| e) Condiciones climatológicas generales, | $v_5 = 1$ |
| f) Temperatura en la pista, | $v_6 = .9$ |
| g) Humedad en la pista, | $v_7 = .9$ |
| h) Presión atmosférica, | $v_8 = .7$ |
| i) Grado de luz diaria, | $v_9 = .3$ |
| j) Experiencia en organización de acontecimientos similares, | $v_{10} = .7$ |
| k) Ilusión organizativa, | $v_{11} = .7$ |
| l) Calor popular, | $v_{12} = 1$ |
| m) Dificultad de influencia del público en momentos difíciles, | $v_{13} = 1$ |

n) *Capacidad del estadio,*

$$v_{14} = 1$$

o) *Sensaciones de los jugadores,*

$$v_{15} = 1$$

Teniendo en cuenta que: $w_1 = \frac{V_1}{\sum_{i=1}^n V_i}$, $w_2 = \frac{V_2}{\sum_{i=1}^n V_i}$, ..., $w_m = \frac{V_m}{\sum_{i=1}^n V_i}$.

Obtuvimos los índices de ponderación convexa:

$w_1 = .0855;$	$w_5 = .0855;$	$w_9 = .0256;$	$w_{13} = .0855;$
$w_2 = .0427;$	$w_6 = .0769;$	$w_{10} = .0598;$	$w_{14} = .0855;$
$w_3 = .0427;$	$w_7 = .0769;$	$w_{11} = .0598;$	$w_{15} = .0855.$
$w_4 = .0427;$	$w_8 = .0598;$	$w_{12} = .0855;$	

4. DESCRIPCIÓN DE SEDES MEDIANTE SUBCONJUNTOS BORROSOS Y BÚSQUEDA DE DISTANCIAS PARA LA TOMA DE DECIONES PARA EL GRUPO DE EXPERTOS G

Procedimos a continuación al desarrollo de los subconjuntos borrosos descriptores tanto de la sede ideal (que permitiera al equipo español ganar esta específica final frente a USA) como de las 7 ciudades candidatas a serlo:

Sede Ideal: I_{GD}

Valencia: V_{GD}

Barcelona: B_{GD}

Málaga: A_{GD}

Madrid: M_{GD}

Santiago de Compostela o La Coruña: O_{GD}

Sevilla: S_{GD}

Las Palmas de Gran Canarias: C_{GD}

Según el *Grupo de Expertos G*, el lugar perfecto para que el equipo español fuera el ganador sería:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$I_{GD} =$	1	1	1	1	1	1	.7	.8	1	1	1	1	1	1	1

Procediendo, posteriormente a describir a Barcelona:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$B_{GD} =$	1	1	1	1	.8	.8	1	1	.8	1	.8	.8	.7	.9	.9

Madrid:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$M_{GD} =$	0	1	.9	1	.8	.7	.8	0	.8	1	1	1	1	.8	1

Sevilla:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$S_{GD} =$	1	.9	.8	.9	.9	.9	1	1	1	.9	1	1	1	1	1

Valencia:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
V _{GD} =	1	.9	.9	.9	.9	.9	1	1	.9	.9	.9	.9	.9	.8	.9

Málaga:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
A _{GD} =	1	.8	.7	.8	.9	.9	1	1	1	.8	1	1	1	.8	1

Santiago de Compostela - La Coruña:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
O _{GD} =	1	.8	.6	.7	.7	.7	1	1	.8	.8	.9	.9	.9	.8	1

Las Palmas de Gran Canarias:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
C _{GD} =	1	.8	.5	1	1	1	1	1	1	.7	.9	.8	.8	.8	.8

El siguiente paso consistía en buscar cual de las posibilidades existentes era la que más se asemejaba a lo ideal según el **Grupo de Expertos G**. Consideramos muy idónea, por su simplicidad y adaptabilidad, la “Distancia relativa de Hamming con Ponderación Convexa”.

Se inició así el proceso, buscando la distancia que separaba a la hipotética sede ideal de la ofrecida por **Barcelona**:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
I _{GD} =	1	1	1	1	1	1	.7	.8	1	1	1	1	1	1	1
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
B _{GD} =	1	1	1	1	.8	.8	1	1	.8	1	.8	.8	.7	.9	.9

Aplicando la citada distancia,

$$\pi(\tilde{X}, \tilde{Y}) = \sum_{i=1}^m w_i \left| \mu_i^{(x)} - \mu_i^{(y)} \right|$$

De modo que:

$$\pi(\tilde{X}, \tilde{Y}) = \sum_{i=1}^m w_i \left| \mu_i^{(x)} - \mu_i^{(y)} \right| = w_1 \left| \mu_1^{(x)} - \mu_1^{(y)} \right| + w_2 \left| \mu_2^{(x)} - \mu_2^{(y)} \right| + \dots + w_m \left| \mu_m^{(x)} - \mu_m^{(y)} \right|$$

Hallamos:

$$\begin{aligned} \Pi(I_{GD}, B_{GD}) = & .0855 |1 - 1| + .0427 |1 - 1| + .0427 |1 - 1| + .0427 |1 - 1| + .0855 |1 - .8| + .0769 |1 - .8| + \\ & + .0769 |.7 - 1| + .0598 |.8 - 1| + .0256 |1 - .8| + .0598 |1 - 1| + .0598 |1 - .8| + .0855 |1 - .8| + \\ & + .0855 |1 - .7| + .0855 |1 - .9| + .0855 |1 - .9| \end{aligned}$$

$$\Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{B}_{GD}) = .19052$$

Distancia Relativa de Hamming con Ponderación convexa entre el Ideal y **Madrid**:

$$\begin{aligned} \Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{M}_{GD}) &= .0855 |1 - 0| + .0427 |1 - 1| + .0427 |1 - .9| + .0427 |1 - 1| + .0855 |1 - .8| + .0769 |1 - .7| \\ &+ \\ &\quad + .0769 |.7 - .8| + .0598 |.8 - 0| + .0256 |1 - .8| + .0598 |1 - 1| + .0598 |1 - 1| + .0855 |1 - 1| \\ &+ \\ &\quad + .0855 |1 - 1| + .0855 |1 - .8| + .0855 |1 - 1| \end{aligned}$$

$$\Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{M}_{GD}) = .20769$$

Entre el Ideal y **Sevilla**:

$$\begin{aligned} \Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{S}_{GD}) &= .0855 |1 - 1| + .0427 |1 - .9| + .0427 |1 - .8| + .0427 |1 - .8| + .0855 |1 - .9| + .0769 |1 - .9| \\ &+ \\ &\quad + .0769 |.7 - 1| + .0598 |.8 - 1| + .0256 |1 - 1| + .0598 |1 - .9| + .0598 |1 - 1| + .0855 |1 - 1| + \\ &\quad + .0855 |1 - 1| + .0855 |1 - 1| + .0855 |1 - 1| \end{aligned}$$

$$\Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{S}_{GD}) = .0786$$

Ideal y **Valencia**:

$$\begin{aligned} \Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{V}_{GD}) &= .0855 |1 - 1| + .0427 |1 - .9| + .0427 |1 - .9| + .0427 |1 - .9| + .0855 |1 - .9| + .0769 |1 - .9| \\ &+ \\ &\quad + .0769 |.7 - 1| + .0598 |.8 - 1| + .0256 |1 - .9| + .0598 |1 - .9| + .0598 |1 - .9| + .0855 |1 - .9| \\ &+ \\ &\quad + .0855 |1 - .9| + .0855 |1 - .8| + .0855 |1 - .9| \end{aligned}$$

$$\Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{V}_{GD}) = .100587$$

Entre la hipotética sede perfecta y **Málaga**:

$$\begin{aligned} \Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{A}_{GD}) &= .0855 |1 - 1| + .0427 |1 - .8| + .0427 |1 - .7| + .0427 |1 - .8| + .0855 |1 - .9| + .0769 |1 - .9| \\ &+ \\ &\quad + .0769 |.7 - 1| + .0598 |.8 - 1| + .0256 |1 - 1| + .0598 |1 - .8| + .0598 |1 - 1| + .0855 |1 - 1| + \\ &\quad + .0855 |1 - 1| + .0855 |1 - .8| + .0855 |1 - 1| \end{aligned}$$

$$\Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{A}_{GD}) = .11022$$

Entre el Ideal y **Santiago de Compostela - La Coruña**:

$$\begin{aligned} \Pi (\mathbf{I}_{GD}, \mathbf{O}_{GD}) &= .0855 |1 - 1| + .0427 |1 - .8| + .0427 |1 - .6| + .0427 |1 - .7| + .0855 |1 - .7| + .0769 |1 - .7| \\ &+ \\ &\quad + .0769 |.7 - .7| + .0598 |.8 - 1| + .0256 |1 - .8| + .0598 |1 - .8| + .0598 |1 - .9| + .0855 |1 - .9| \end{aligned}$$

+

$$+.0855 |1 - .9| + .0855 |1 - .8| + .0855 |1 - 1|$$

$$\Pi (I_{GD}, O_{GD}) = .18458$$

Finalizando la toma de decisiones para el *Grupo de Expertos G* obteniendo la “Distancia Relativa de Hamming” con ponderación convexa entre la sede perfecta y **Las Palmas de Gran Canarias**:

$$\Pi (I_{GD}, C_{GD}) = .0855 |1 - 1| + .0427 |1 - .8| + .0427 |1 - .5| + .0427 |1 - 1| + .0855 |1 - 1| + .0769 |1 - 1| + .0769 |.7 - 1| + .0598 |.8 - 1| + .0256 |1 - 1| + .0598 |1 - .7| + .0598 |1 - .9| + .0855 |1 - .8|$$

+

$$+.0855 |1 - .8| + .0855 |1 - .8| + .0855 |1 - .8|$$

$$\Pi (I_{GD}, C_{GD}) = .21106$$

5. DESCRIPCIÓN DE SEDES Y OBTENCIÓN DE DISTANCIAS PARA EL GRUPO DE EXPERTOS H

A diferencia del *Grupo de Expertos G*, el *Grupo de Expertos H* consideró de nula importancia las características e e i.

Su opinión respecto a la sede perfecta, por lo que a factores deportivos se refiere, fue la siguiente:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$I_{HD} =$	1	1	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	1	1	1

Las sedes de las ciudades candidatas fueron descritas, según estos valores, de la siguiente manera:

Descripción de Barcelona:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$B_{HD} =$	1	1	1	1	X	.7	.9	1	X	1	.8	.8	.8	1	.8

Descripción de Madrid:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$M_{HD} =$	.5	1	1	1	X	.6	.7	.5	X	1	1	.9	.8	1	1

Descripción de Sevilla:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$S_{HD} =$	1	.9	.9	1	X	.8	.8	1	X	.9	1	.9	1	1	1

Descripción de Valencia:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$V_{HD} =$	1	.9	.9	.9	X	.8	.9	1	X	.9	.9	.8	.7	1	.9

Descripción de Málaga:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$A_{HD} =$	1	.9	.8	.8	X	.8	.8	1	X	.8	1	1	.7	1	1

Descripción de Santiago de Compostela - La Coruña:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$O_{HD} =$	1	.9	.7	.8	X	.8	1	1	X	.7	.9	.8	.7	1	.8

Descripción de Canarias:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$C_{HD} =$	1	.8	.7	1	X	1	.9	1	X	.7	.8	.8	.7	1	.8

Del mismo modo, el *Grupo de Expertos H* nos dio a conocer los índices de ponderación para cada una de las 13 características, cualidades o singularidades deportivas que consideraban a tener en cuenta:

- | | | | |
|---------------|---------------|------------------|-----------------|
| a) $v_1 = 1$ | e) $v_5 = X$ | i) $v_9 = X$ | m) $v_{13} = 1$ |
| b) $v_2 = .5$ | f) $v_6 = .9$ | j) $v_{10} = .7$ | n) $v_{14} = 1$ |
| c) $v_3 = .5$ | g) $v_7 = .9$ | k) $v_{11} = .7$ | o) $v_{15} = 1$ |
| d) $v_4 = .5$ | h) $v_8 = .7$ | l) $v_{12} = 1$ | |

Lo que nos permitió obtener los consiguientes índices de ponderación:

$$\begin{aligned}
 w_1 &= 1/10.4 & w_4 &= .04808; & w_{10} &= .06731; & w_{14} &= .09615; \\
 &.09615; & w_6 &= .08654; & w_{11} &= .06731; & w_{15} &= .09615. \\
 w_2 &= .04808; & w_7 &= .08654; & w_{12} &= .09615; \\
 w_3 &= .04808; & w_8 &= .06731; & w_{13} &= .09615;
 \end{aligned}$$

Distancia Relativa de Hamming con Ponderación Convexa entre el Ideal y **Barcelona**:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$I_{HD} =$	1	1	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	1	1	1
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$B_{HD} =$	1	1	1	1	X	.7	.9	1	X	1	.8	.8	.8	1	.8

$$\begin{aligned}
 \Pi(I_{2D}, B_{2D}) &= .09615 |1 - 1| + .04808 |1 - 1| + .04808 |1 - 1| + .04808 |1 - 1| + .08654 |1 - .7| + \\
 &+ .08654 |1 - .9| + .06731 |1 - 1| + .06731 |1 - 1| + .6731 |1 - .8| + .09615 |1 - .8| + \\
 &+ .09615 |1 - .8| + .09615 |1 - 1| + .09615 |1 - .8|
 \end{aligned}$$

$$\Pi(I_{HD}, B_{HD}) = .105768$$

Para una mayor brevedad, damos a conocer los resultados de las distancias que separan a la hipotética sede ideal de las que ofrecen cada una del resto de las ciudades candidatas:

$$\Pi(I_{HD}, M_{HD}) = .171153;$$

$$\Pi(I_{HD}, V_{HD}) = .111538;$$

$$\Pi(I_{HD}, O_{HD}) = .140385;$$

$$\Pi(I_{HD}, S_{HD}) = .053847;$$

$$\Pi(I_{HD}, A_{HD}) = .100963;$$

$$\Pi(I_{HD}, C_{HD}) = .133654.$$

6. DESCRIPCIÓN DE SEDES Y OBTENCIÓN DE DISTANCIAS PARA EL GRUPO DE EXPERTOS I

Las características que el *Grupo de Expertos I* consideró de nulo interés fueron: la *e* e *i*.

Si para ellos, la hipotética sede Ideal debía ser:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$I_{ID} =$	1	1	1	1	X	1	1	1	X	1	1	1	1	1	1

Y las sedes candidatas:

Barcelona:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$B_{ID} =$	1	1	1	1	X	.7	.9	1	X	1	.7	.7	.9	1	.8

Madrid:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$M_{ID} =$	.4	1	1	1	X	.6	.7	.4	X	1	1	1	.8	1	1

Sevilla:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$S_{ID} =$	.9	.9	.9	.9	X	.8	.8	.9	X	.9	.9	.8	1	1	1

Valencia:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$V_{ID} =$	1	.8	.9	.9	X	.8	.8	1	X	.9	.8	.8	.7	1	.8

Málaga:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$A_{ID} =$	1	.9	.8	.8	X	.8	.8	1	X	.8	1	.9	.8	1	.9

Santiago de Compostela - La Coruña:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$O_{ID} =$	1	.8	.7	.8	X	.8	1	1	X	.6	1	.8	.7	1	.8

Las Palmas de Gran Canarias:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	N	o
$C_{ID} =$	1	.8	.7	1	X	1	.9	1	X	.7	.8	.8	.7	1	.8

Estos expertos coincidieron con la valoración llevada a cabo por el *Grupo de Expertos H* por lo que a ponderaciones se refiere:

- | | | | |
|---------------|---------------|------------------|-----------------|
| a) $v_1 = 1$ | e) $v_5 = X$ | i) $v_9 = X$ | m) $v_{13} = 1$ |
| b) $v_2 = .5$ | f) $v_6 = .9$ | j) $v_{10} = .7$ | n) $v_{14} = 1$ |
| c) $v_3 = .5$ | g) $v_7 = .9$ | k) $v_{11} = .7$ | o) $v_{15} = 1$ |
| d) $v_4 = .5$ | h) $v_8 = .7$ | l) $v_{12} = 1$ | |

Obteniendo, lógicamente, los mismos índices de ponderación que en el caso anterior:

$$\begin{array}{llll}
 w_1 = .09615; & w_6 = .08654; & w_{11} = .06731; & w_{15} = .09615. \\
 w_2 = .04808; & w_7 = .08654; & w_{12} = .09615; & \\
 w_3 = .04808; & w_8 = .06731; & w_{13} = .09615; & \\
 w_4 = .04808; & w_{10} = .06731; & w_{14} = .09615; &
 \end{array}$$

Las Distancia Relativas de Hamming con Ponderación Convexa serían:

$$\begin{array}{lll}
 \Pi(I_{ID}, B_{ID}) = .083654 & \Pi(I_{ID}, V_{ID}) = .132694 & \Pi(I_{ID}, C_{ID}) = .16731 \\
 \Pi(I_{ID}, M_{ID}) = .111536 & \Pi(I_{ID}, A_{ID}) = .0984622 & \\
 \Pi(I_{ID}, S_{ID}) = .098078 & \Pi(I_{ID}, O_{ID}) = .145193 &
 \end{array}$$

7. DESCRIPCIÓN DE SEDES Y OBTENCIÓN DE DISTANCIAS PARA EL GRUPO DE EXPERTOS J

El *Grupo de Expertos J* consideró que las características ***b***, ***c***, ***h*** e ***i*** no eran suficientemente importantes como para tenerse en cuenta.

De este modo, la sede considerada “perfecta” quedaba descrita mediante el subconjunto borroso:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$I_{JD} =$	1	X	X	1	1	1	1	X	X	1	1	1	1	1	1

Describiendo, del mismo modo las sedes candidatas:

Barcelona:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$B_{JD} =$	1	X	X	1	1	1	1	X	X	1	.9	.6	.7	.9	.9

Madrid:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$M_{JD} =$	.3	X	X	1	1	1	.7	X	X	1	1	1	1	.8	.7

Sevilla:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
$S_{JD} =$	1	X	X	.9	1	1	.9	X	X	1	1	.9	.9	1	.9

Valencia:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o

$$V_{JD} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & X & X & .9 & 1 & 1 & 1 & X & X & 1 & .9 & .8 & .9 & .7 & .8 \\ \hline \end{array}$$

Málaga:

$$A_{JD} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline a & b & c & d & e & f & g & h & i & j & k & l & m & n & o \\ \hline 1 & X & X & .7 & 1 & 1 & 1 & X & X & 1 & .9 & .9 & .9 & .7 & .8 \\ \hline \end{array}$$

Santiago de Compostela - La Coruña:

$$O_{JD} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline a & b & c & d & e & f & g & h & i & j & k & l & m & n & o \\ \hline 1 & X & X & .9 & 1 & 1 & 1 & X & X & 1 & .9 & .9 & .9 & .7 & .8 \\ \hline \end{array}$$

Descripción de Canarias:

$$C_{JD} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline a & b & c & d & e & f & g & h & i & j & k & l & m & N & o \\ \hline 1 & X & X & .9 & 1 & 1 & 1 & X & X & 1 & 1 & .9 & .9 & .5 & .8 \\ \hline \end{array}$$

Las ponderaciones que otorga el **Grupo de Expertos J** son:

- a) $v_1 = 1$ e) $v_5 = .5$ i) $v_9 = X$ m) $v_{13} = .5$
- b) $v_2 = X$ f) $v_6 = .5$ j) $v_{10} = .5$ n) $v_{14} = 1$
- c) $v_3 = X$ g) $v_7 = .5$ k) $v_{11} = .7$ o) $v_{15} = .8$
- d) $v_4 = .8$ h) $v_8 = X$ l) $v_{12} = .8$

Tras haber obtenido los índices de ponderación convexa:

- $w_1 = .13158;$ $w_6 = .06579;$ $w_{11} = .0921;$ $w_{14} = .13158;$
- $w_4 = .10526;$ $w_7 = .06579;$ $w_{12} = .10526;$ $w_{15} = .10526.$
- $w_5 = .06579;$ $w_{10} = .06579;$ $w_{13} = .06579;$

Hallamos las Distancias Relativas de Hamming con Ponderación Convexa entre la sede considerada Ideal por el **Grupo de Expertos J** y las ciudades candidatas a albergar la gran final:

- $\Pi(I_{JD}, B_{JD}) = .103946$ $\Pi(I_{JD}, V_{JD}) = .107893$ $\Pi(I_{JD}, C_{JD}) = .114473$
- $\Pi(I_{JD}, M_{JD}) = .169737$ $\Pi(I_{JD}, A_{JD}) = .171051$
- $\Pi(I_{JD}, S_{JD}) = .044736$ $\Pi(I_{JD}, O_{JD}) = .097367$

8. TOMA DE DECISIONES DEL CONJUNTO DE EXPERTOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEPORTIVOS

Tras realizar los pertinentes cálculos, buscamos las Distancias Relativas de Hamming con Ponderación Convexa entre la sede ideal que ofrece mayores garantías (I_{GHJD}) y las distintas sedes candidatas a serlo ($B_{GHJD}, M_{GHJD}, S_{GHJD}, V_{GHJD}, A_{GHJD}, O_{GHJD}, C_{GHJD}$), recordémoslo, en referencia solamente a aspectos exclusivamente deportivos.

Teniendo en cuenta que las opiniones de cada grupo de expertos tenía el mismo valor (igual nivel de ponderación), decidimos realizar su agregación mediante una media simple.

Así, pues, la distancia que separaba la sede ideal de la opción ofrecida por la ciudad de **Barcelona** era:

$$\Pi(I_{GHJD}, B_{GHJD}) = \frac{.19052 + .105768 + .083654 + .103946}{4}$$

$$\Pi(I_{GHJD}, B_{GHJD}) = .120972$$

Entre el ideal y **Madrid**:

$$\Pi(I_{GHJD}, M_{GHJD}) = \frac{.20769 + .17153 + .111536 + .169737}{4}$$

$$\Pi(I_{GHJD}, M_{GHJD}) = .1615029$$

Entre el ideal y **Sevilla**:

$$\Pi(I_{GHJD}, S_{GHJD}) = \frac{.0786 + .053847 + .098078 + .044736}{4}$$

$$\Pi(I_{GHJD}, S_{GHJD}) = .06881525$$

Entre el ideal y **Valencia**:

$$\Pi(I_{GHJD}, V_{GHJD}) = \frac{.100587 + .111538 + .132694 + .108793}{4}$$

$$\Pi(I_{GHJD}, V_{GHJD}) = .113178$$

Entre el ideal y **Málaga**:

$$\Pi(I_{GHJD}, A_{GHJD}) = \frac{.11022 + .100963 + .0984622 + .171051}{4}$$

$$\Pi(I_{GHJD}, A_{GHJD}) = .12017405$$

Entre el ideal y **Santiago de Compostela – La Coruña**:

$$\Pi(I_{GHJD}, O_{GHJD}) = \frac{.18458 + .140385 + .145193 + .097367}{4}$$

$$\Pi(I_{GHJD}, O_{GHJD}) = .14188125$$

Entre el ideal y **Las Palmas de Gran Canarias**:

$$\Pi(I_{GHJD}, C_{GHJD}) = \frac{.21106 + .133654 + .16731 + .14473}{4}$$

$$\Pi(I_{GHJD}, C_{GHJD}) = .15662425$$

A partir de estos resultados, pudimos establecer un orden entre todas las distancias halladas:

$$\Pi(I_{GHJD}, S_{GHJD}) < \Pi(I_{GHJD}, V_{GHJD}) < \Pi(I_{GHJD}, A_{GHJD}) < \Pi(I_{GHJD}, B_{GHJD}) < \Pi(I_{GHJD}, O_{GHJD}) <$$

$$\Pi(I_{GHJD}, C_{GHJD}) < \Pi(I_{GHJD}, M_{GHJD})$$

Deduciendo de este modo las prioridades para que el Equipo Español de Copa Davis tenga mayores posibilidades de ganar la final frente a Estados Unidos:

1. **Sevilla**
2. **Valencia**
3. **Málaga**
4. **Barcelona**
5. **Santiago de Compostela – La Coruña**
6. **Las Palmas de Gran Canarias**
7. **Madrid**

9. TOMA DE DECISIONES PARA LA TOTALIDAD DE LOS EXPERTOS POR LO QUE A FACTORES COMERCIALES SE REFIERE

Tras las entrevistas realizadas a los cuatro grupos de expertos, obtuvimos los siguientes tres Factores Comerciales considerados más relevantes:

- a) Potencial Comercial de la Ciudad
- b) Facilidad Presencial de los Patrocinadores en la Ciudad
- c) Capacidad Económica de los Asistentes al Acontecimiento (teniendo en cuenta las características socioeconómicas de la ciudad)

El **Grupo de Expertos K** decidieron que los niveles de ponderación para estos 3 aspectos comerciales debían ser:

- a) *Potencial Comercial de la Ciudad*, $v_{16} = 1$
- b) *Facilidad Presencial de los Patrocinadores en la Ciudad*, $v_{17} = .8$
- c) *Capacidad Económica de los Asistentes al Acontecimiento (teniendo en cuenta las características socioeconómicas de la ciudad)*, $v_{18} = .8$

Por lo que los índices de ponderación convexa serían: $w_{16} = .3846$, $w_{17} = .3077$ y $w_{18} = .3077$

El subconjunto borroso de la sede ideal, por lo que aspectos comerciales se refiere, era:

$$I_{KC} = \begin{matrix} & p & q & r \\ \begin{matrix} 1 \\ .8 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} | & | & | \end{matrix} \end{matrix}$$

Barcelona quedó descrita como:

$$B_{KC} = \begin{matrix} & p & q & r \\ \begin{matrix} .9 \\ .9 \\ .9 \end{matrix} & \begin{matrix} | & | & | \end{matrix} \end{matrix}$$

Madrid:

$$M_{KC} = \begin{matrix} & p & q & r \\ \begin{matrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} | & | & | \end{matrix} \end{matrix}$$

Sevilla:

$$S_{KC} = \begin{matrix} & p & q & r \\ \begin{matrix} .8 \\ .8 \\ .8 \end{matrix} & \begin{matrix} | & | & | \end{matrix} \end{matrix}$$

Valencia:

	p	q	r
$V_{KC} =$	.8	.8	.9

Málaga:

	p	q	r
$A_{KC} =$	.7	.7	.7

Santiago de Compostela - La Coruña:

	p	q	r
$O_{KC} =$	.6	.7	.7

y Canarias:

	p	q	r
$C_{KC} =$	.6	.7	.7

Aplicando la Distancia de Hamming con Ponderación Convexa: $\pi(\tilde{X}, \tilde{Y}) = \sum_{i=1}^m w_i |\mu_i^{(x)} - \mu_i^{(y)}|$

Pudimos obtener las siguientes distancias:

$\Pi(I_{KD}, B_{KD}) = .1$ $\Pi(I_{KD}, V_{KD}) = .10769$ $\Pi(I_{KD}, C_{KD}) = .27692$

$\Pi(I_{KD}, M_{KD}) = .6154$ $\Pi(I_{KD}, A_{KD}) = .23846$

$\Pi(I_{KD}, S_{KD}) = .13846$ $\Pi(I_{KD}, O_{KD}) = .27692$

Al constatar que: $M \{ B \} V \{ S \} A \{ O \} \cong C$,

Deducimos que en el aspecto puramente **comercial**, el orden de preferencia era el siguiente:

1. **Madrid**
2. **Barcelona**
3. **Valencia**
4. **Sevilla**
5. **Málaga**
6. **Santiago de Compostela – La Coruña**
6. **Las Palmas de Gran Canarias**

10. TOMA DE DECISIONES PARA LA TOTALIDAD DE LOS EXPERTOS PARA FACTORES DE TIPO POLÍTICO

Los tres **Factores Políticos** más relevantes a tener en cuenta, según distintos expertos eran:

- a) Distancia temporal con la última eliminatoria de la Copa Davis jugada allí
- b) “Capitalidad” de la Ciudad

- c) Otras condiciones que hacen que la ciudad sea merecedora de un acontecimiento de esta envergadura

Niveles de ponderación para el **Experto L**:

- a) *Distancia temporal con la última eliminatoria de la Copa Davis jugada allí*, $v_{19} = .8$
- b) *“Capitalidad” de la Ciudad*, $v_{20} = .8$
- c) *Otras condiciones que hacen que la ciudad sea merecedora de un acontecimiento de esta envergadura*, $v_{21} = 1$

Obteniendo los índices de ponderación: $w_{19} = .3077$, $w_{20} = .3077$ y $w_{21} = .3846$

La sede ideal, en aspectos políticos era:

	s	t	u
$I_{LC} =$	1	1	1

Barcelona quedaba descrita como:

	s	t	u
$B_{LC} =$	.8	.9	.6

Madrid:

	s	t	u
$M_{LC} =$	1	1	1

Sevilla:

	s	t	u
$S_{LC} =$	.7	.8	.9

Valencia:

	s	t	u
$V_{LC} =$	.6	.9	.6

Málaga:

	s	t	u
$A_{LC} =$	.6	.8	.6

Santiago de Compostela - La Coruña:

	s	t	u
$O_{LC} =$	1	.7	.6

Canarias:

	s	t	u
$C_{LC} =$	1	1	1

$$C_{LC} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & .6 & .6 \\ \hline \end{array}$$

Hallando de nuevo la Distancia de Hamming con Ponderación Convexa, se obtuvo:

$$\begin{array}{lll} \Pi(I_{LC}, B_{LC}) = .24615 & \Pi(I_{LC}, V_{LC}) = .30765 & \Pi(I_{LC}, C_{LC}) = .27692 \\ \Pi(I_{LC}, M_{LC}) = 0 & \Pi(I_{LC}, A_{LC}) = .33842 & \\ \Pi(I_{LC}, S_{LC}) = .19231 & \Pi(I_{LC}, O_{LC}) = .2461 & \end{array}$$

Y, comparando todas y cada una de las distancias halladas, vimos que: $M \{ S \{ O \{ B \{ C \{ V \{ A.$

Concluyendo que, por lo que se refiere a aspectos políticos, el orden de preferencia debía ser el siguiente:

1. **Madrid**
2. **Sevilla**
3. **Santiago de Compostela – La Coruña**
4. **Barcelona**
5. **Las Palmas de Gran Canarias**
6. **Valencia**
7. **Málaga**

11. SELECCIÓN DE LA CIUDAD EN DONDE EXISTAN MAYORES POSIBILIDADES DE QUE EL EQUIPO ESPAÑOL GANE LA FINAL, TENIENDO EN CUENTA LAS FACTORES POLÍTICOS Y COMERCIALES

Finalmente y considerando que para la Totalidad de Expertos el aspecto deportivo debía tener como índice de ponderación: **.6**, el comercial: **.2** y el político: **.2**, hallamos las siguientes agregaciones de Distancias Relativas de Hamming con Ponderación Convexa:

Para **Barcelona**:

$$\Pi(I_{DCP}, B_{DCP}) = .2 (.1) + .2 (.24615) + .6 (.120972)$$

$$\Pi(I_{DCP}, B_{DCP}) = .1418132$$

Para **Madrid**:

$$\Pi(I_{DCP}, M_{DCP}) = .2 (.06154) + .2 (0) + .6 (.165029)$$

$$\Pi(I_{DCP}, M_{DCP}) = .1113254$$

Para **Sevilla**:

$$\Pi(I_{DCP}, S_{DCP}) = .2 (.13846) + .2 (.19231) + .6 (.06881525)$$

$$\Pi(I_{DCP}, S_{DCP}) = .10744315$$

Para **Valencia**:

$$\Pi(I_{DCP}, V_{DCP}) = .2 (.10769) + .2 (.30765) + .6 (.113178)$$

$$\Pi(I_{DCP}, V_{DCP}) = .1509748$$

Para **Málaga**:

$$\Pi (I_{DCP}, A_{DCP}) = .2 (.23846) + .2 (.33842) + .6 (.12017405)$$

$$\Pi (I_{DCP}, A_{DCP}) = \mathbf{.18748043}$$

Para **Santiago de Compostela – La Coruña**:

$$\Pi (I_{DCP}, O_{DCP}) = .2 (.27692) + .2 (.2461) + .6 (.14188125)$$

$$\Pi (I_{DCP}, O_{DCP}) = \mathbf{.1897327275}$$

Para **Las Palmas de Gran Canarias**:

$$\Pi (I_{DCP}, C_{DCP}) = .2 (.27692) + .2 (.27692) + .6 (.15662425)$$

$$\Pi (I_{DCP}, C_{DCP}) = \mathbf{.20474255}$$

Al comprobar que:

$$\begin{aligned} \Pi (I_{DCP}, S_{DCP}) > \Pi (I_{DCP}, M_{DCP}) > \Pi (I_{DCP}, B_{DCP}) > \Pi (I_{DCP}, V_{DCP}) > \Pi (I_{DCP}, A_{DCP}) > \\ > \Pi (I_{DCP}, O_{DCP}) > \Pi (I_{DCP}, C_{DCP}) \end{aligned}$$

Pudimos afirmar que, habiendo tenido en cuenta todos y cada uno de los factores señalados (Deportivos, Comerciales y Políticos), el Estadio Olímpico de la Cartuja de **SEVILLA** era la sede que ofrecía más garantías tanto para que el equipo español se impusiera a la Final de la Copa Davis frente a Estados Unidos, como para que los factores políticos y comerciales no quedaran excesivamente afectados.

El orden de preferencia de las alternativas posteriores fue el siguiente:

2. **Madrid**
3. **Barcelona**
4. **Valencia**
5. **Málaga**
6. **Santiago de Compostela – La Coruña**
7. **Las Palmas de Gran Canarias**

12. CONCLUSIÓN

El domingo día 5 de diciembre de 2004 el equipo español de tenis ganó de forma merecida la final de la Copa Davis frente a Estados Unidos por 3 a 2. El buen juego desplegado por sus jugadores, especialmente Carlos Moyá y Rafa Nadal, se vio favorecido por unas condiciones ambientales, atmosféricas, de altitud, etc. que se distanciaban solamente en grado .068 del hipotético lugar idóneo para ello.

Por nuestra parte, el tener que trabajar a contrarreloj sin tener acceso a la totalidad de expertos que hubiéramos deseado, nos imposibilitó, por supuesto, acotar mayormente los altos niveles de incertidumbre que una final de tal calibre suele generar. Sin embargo, esta simple aplicación práctica del concepto de distancia mediante lógicas multivalentes y su consiguiente éxito, nos permite confiar, aun más si cabe, en la línea de investigación que llevamos trabajando durante más de 15 años, considerándola de gran utilidad para la toma de decisiones en cualquier ámbito en la que intervengan “elementos” que, lejos de actuar de forma lineal, entrelazan su comportamiento entre la razón y la emoción. Estamos hablando, por supuesto, del ser humano.

BIBLIOGRAFÍA

- De Luca, A. y Termini, S.: "A definition nonprobabilistic entropy in the setting fuzzy sets theory". *Information and Control*, 1972.
- Gil Aluja, J.: "Elements for a theory of decision in uncertainty". Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 1999.
- Gil Aluja, J.: "Selección de Personal. El problema de la polivalencia y el de la uniformidad". Cuadernos CEURA. Madrid, 1987.
- Gil Aluja, J.: "The interactive management of human resources in uncertainty". Kluwer Academic Publishers. Dordrecht 1998.
- Gil Lafuente, J.: "Algoritmos de la Excelencia. Claves para el Éxito en la Gestión Deportiva". Ed. Milladoiro, Publicaciones del F.C. Barcelona, Vigo, 2002.
- Gil Lafuente, J.: "La asignación de deportistas a los puestos de un equipo". Actas del Congreso: "VI Congreso SIGEF". Morelia, Michoacán (México), 15, 16 y 17 de Noviembre de 1999.
- Gil Lafuente, J.: "Les Universitats en el Centenari del Futbol Club Barcelona. Estudis en l'àmbit de l'esport", (J. Gil Aluja Ed.): "L'optimització del fitxatge d'un esportista en l'àmbit de l'esport". Publicaciones del F.C. Barcelona. Ed. Milladoiro, Santiago de Compostela, 1999.
- Gil Lafuente, J.: "Marketing para el nuevo milenio". Ed. Pirámide. Madrid 1997.
- Gil Lafuente, J.: "The acquisition of having immobilized immaterial in the sports societies". Actas del Congreso Internacional AMSE MS'99 Vol. 1. Santiago de Compostela 17-19 Mayo 1999.
- Gil Lafuente, J.: "Management of an investment in a polyvalent player". Actas del Congreso Internacional de Inteligencia Artificial ICAI'99. Durban (Sudáfrica) 24-26 Septiembre 1999.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J.: "Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas". Ed. Milladoiro. Santiago de Compostela 1986.
- Kaufmann, A. y Gil Aluja, J.: "Técnicas especiales para la gestión de expertos". Ed. Milladoiro. Santiago de Compostela 1993.
- Zadeh, L.: "Fuzzy Sets. Information and control". 8 julio 1965.
- Zimmermann, H. J.: "Results of empirical studies in fuzzy sets theory". En Klir, G. J.: "Applied General Systems Research. Plenum. New York, 1978.