

---

# SELECCIÓN MULTICRITERIO DE UNA ESTRATEGIA DE MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE ZARAGOZA

MARÍA TERESA ESCOBAR URMENETA

JUAN AGUARÓN JOVEN

JOSÉ MARÍA MORENO JIMÉNEZ

Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón  
Facultad de Economía y Empresa  
Universidad de Zaragoza  
Gran Vía, 2. 50005 Zaragoza

e-mail: mescobar@unizar.es  
Teléfono: 876 55 46 74

---

## Resumen

El trabajo presenta la experiencia realizada en abril del año 2015 con los alumnos de *Gobierno Electrónico y Decisiones Públicas* (4º curso de Economía), relativa a la selección de la mejor estrategia de movilidad en la ciudad de Zaragoza. Las opciones consideradas correspondían a las que los distintos partidos políticos proponían en sus programas electorales para las elecciones municipales que se celebraron en mayo de 2015. Esta experiencia se realizó siguiendo la propuesta de la e-Cognocracia distinguiendo dos rondas de votaciones electrónicas en las que los participantes emitieron sus preferencias sobre las alternativas consideradas. Entre las dos votaciones se implementó un foro en el que los alumnos incorporaron los argumentos que soportaban las distintas posiciones y decisiones. El soporte metodológico utilizado en las rondas de votación fue el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). En el trabajo se presentan las prioridades obtenidas para cada individuo en las dos rondas de votación, así como las prioridades grupales calculadas a partir de los juicios y prioridades individuales. Para el cálculo de las prioridades del grupo se han utilizado distintos procedimientos propuestos en la literatura científica para la Toma de Decisiones en Grupo con AHP.

*Palabras clave:* Decisiones Públicas, e-Cognocracia, Selección Multicriterio, Proceso Analítico Jerárquico (AHP), Decisión en grupo.

*Área Temática:* Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa.

---

## Abstract

The paper presents the experience carried out on April 2015 with the students of the course *Gobierno Electrónico y Decisiones Públicas* (4<sup>th</sup> year Degree in Economics), relative to the selection of the best mobility strategy in the city of Zaragoza. The options which were considered corresponded to those that the different political parties had proposed for the local elections that took place in May 2015. The experience followed the e-Cognocracy proposal distinguishing two rounds of electronic voting in which the participants elicited their preferences about the different alternatives considered. Between the two rounds of voting, a forum was implemented, in which the students incorporated the arguments that supported the different positions and decisions. The methodological support employed in the rounds of voting was the Analytic Hierarchy Process (AHP). In the paper, we present the priorities obtained for each individual in both rounds of voting, as well as the group priorities calculated from the individual judgements and priorities. In the calculation of the group priorities we employ different procedures proposed in the scientific literature concerning Group Decision Making with AHP.

*Key Words:* Public Decision Making, e-Cognocracy, Multicriteria selection, Analytic Hierarchy Process (AHP), Group Decision Making.

*Thematic Area:* Quantitative Methods for Economics and Business.

Trabajo cofinanciado por el Fondo Social Europeo y los proyectos del Mineco "Social Cognocracy Network" (Ref.: ECO2011- 24181) y "Cognición, Participación y Emoción en la Toma de Decisiones Multicriterio con AHP. Aplicación en la e-Cognocracia" (Ref.: ECO2015-66673-R)

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde comienzos del siglo XXI, el Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza (GDMZ) (<http://gdmz.unizar.es>) ha venido aplicando los desarrollos teóricos alcanzados por el mismo en la toma de decisiones multicriterio, en particular utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), a uno de los tópicos de mayor trascendencia para la humanidad: el Gobierno de la Sociedad.

En 2003, el responsable del GDMZ propuso un nuevo modelo de democracia, denominado *e-Cognocracia* (Moreno-Jiménez, 2003; Moreno-Jiménez y Polasek, 2003), que combinando la democracia liberal y la directa adapta la democracia tradicional a los nuevos retos y necesidades de la Sociedad del Conocimiento (Moreno-Jiménez, 2004, 2006; García y Moreno-Jiménez, 2008).

Este modelo de democracia cognitiva utiliza las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) como soporte de comunicación, las Técnicas de Decisión Multicriterio (DM) como soporte metodológico y la Democracia como elemento catalizador de la creación y difusión del conocimiento que caracteriza el evolucionismo de los sistemas vivos.

Desde su creación, la e-Cognocracia está siendo aplicada en la resolución de numerosos problemas reales referentes a la toma de decisiones públicas relativas al gobierno de la sociedad. Básicamente estas aplicaciones pueden encuadrarse en las siguientes tres líneas de actuación: (i) *presupuestos participativos vía Internet* en el Ayuntamiento de Zaragoza en 2005 y 2006 (<http://cmisapp.ayto-zaragoza.es/ciudad/presupuestos-participativos/>); (ii) *localización de servicios públicos* (Base de Inteligencia de la OTAN, 2007; Gran Scala, 2008); (iii) *diseño de políticas públicas* (Integración de la Inmigración en la Sociedad del Conocimiento, 2006; Políticas Culturales y Deportivas en Cadrete, 2010).

La experiencia de Cadrete (<http://participa.cadrete.es>) es una de las más completas de todas las experiencias de e-participación recogidas en la literatura científica. Recoge el proceso completo de la e-Cognocracia e incluye desarrollos tecnológicos y metodológicos elaborados por el GDMZ durante los últimos diez años. En concreto, permitió autenticar a los votantes del municipio utilizando tanto el DNle como la combinación de usuario y contraseña. Esta experiencia, así como su soporte operativo (la e-Cognocracia), fue galardonada con tres reconocimientos internacionales: *Best paper* del proyecto europeo Crossroad: ICT for governance and Policy Modelling (2010), *Best Practice* del *European Institute of Public Administration* (EPSA 2011) y finalista en los premios *United Nations Public Service Awards* (UNPSA 2012); y un reconocimiento nacional (premio nacional II Desafío Abredatos, 2011).

Durante el 2015 se abordaron dos nuevas aplicaciones de la e-Cognocracia. Por un lado, este modelo de democracia colaborativa se ha utilizado para el diseño del funcionamiento del nuevo *Consejo de Cultura de la Ciudad de Zaragoza*, cuyo reglamento acaba de ser aprobado por el pleno del Ayuntamiento (abril de 2016). En el mismo se integra la participación de los partidos políticos (51%) con los profesionales de la cultura (44%) y se complementan con la participación de un técnico municipal (5%) y dos especialistas independientes en e-gobernanza.

Por otro lado, durante el primer cuatrimestre de 2015, dentro del proyecto nacional "Social Cognocracy Network (SCN)" (Ref.: ECO2011-24181) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y el Fondo Social Europeo, la e-Cognocracia y la red social que la soporta (SCN) se aplicaron a la selección de la mejor estrategia de movilidad para la ciudad de Zaragoza. Esta nueva experiencia fue desarrollada por los alumnos de la asignatura Gobierno electrónico y Decisiones Públicas (4º de Economía), y en ella se abordó la selección de la mejor estrategia de movilidad en la ciudad de Zaragoza, a partir de la línea de tranvía existente.

En lo que sigue se presenta esta experiencia, centrándose en la parte cuantitativa de la misma, en la que se siguió una aproximación multicriterio basada en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Esta metodología fue aplicada en las dos rondas de votación en las que participaron los estudiantes para emitir sus opiniones acerca de las distintas opciones planteadas en el problema.

El trabajo se ha organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se introduce la metodología aplicada en la experiencia, la e-Cognocracia, así como la aproximación

multicriterio seguida en la parte cuantitativa de la experiencia, AHP. En la Sección 3 se presenta el problema de selección de la mejor estrategia de movilidad en la ciudad de Zaragoza, así como las distintas etapas en las que se dividió la experiencia. La Sección 4 muestra los resultados alcanzados para las dos rondas de votación utilizando distintos procedimientos propuestos en la literatura científica para la Toma de Decisiones en Grupo con AHP. Por último, en la Sección 5 se recogen las conclusiones más destacadas de este trabajo así como posibles extensiones del mismo y futuras líneas de trabajo.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 E-COGNOCRACIA

La e-Cognocracia es un nuevo modelo de democracia que surge en 2003 como sistema para integrar la inmigración en la Sociedad del Conocimiento (Moreno-Jiménez, 2003). Desde entonces, el GDMZ ha venido desarrollando nuevos argumentos filosóficos para soportar su evolución y numerosas herramientas tecnológicas y metodológicas para su puesta en práctica.

Esta democracia cognitiva, o democracia de la SdC, está basada en el evolucionismo de los sistemas vivos. Éstos vienen caracterizados por tres elementos: (i) patrón (la autopoiesis de Maturana y Varela); (ii) *estructura* (estructuras disipativas de Ilya Prigogine) y (iii) proceso. El proceso vital de los sistemas vivos es un proceso cognitivo. Solo las especies que aprenden y se adaptan al contexto subsisten. En este sentido, el conocimiento que genera y difunde la e-Cognocracia se refiere a los argumentos que soportan las diferentes opiniones y decisiones derivadas de la resolución científica de los problemas complejos que se presentan en la toma de decisiones públicas relativas al gobierno de la sociedad. La misión de la e-Cognocracia es la continua formación de los ciudadanos en un aspecto clave de la especie: la toma de decisiones.

Desde el punto de vista funcional, la e-Cognocracia combina, mediante unos pesos que dependen del tipo de problema considerado (local, regional, nacional...), los dos modelos de democracia más extendidos a comienzos del siglo XXI: la democracia representativa o liberal y la democracia participativa o directa. De esa forma se solventan algunas de las limitaciones que presentan por separado las democracias representativa (falta de transparencia y rendición de cuentas de los representantes y la falta de participación y control de los ciudadanos) y directa (populismo, sobrevaloración de los intereses individuales, falta de una visión a largo plazo del sistema...).

Un estudio detallado de las características y objetivos de la e-Cognocracia puede verse en Moreno-Jiménez (2006). En cuanto a su metodología, ésta consta de siete etapas básicas: i) formulación del problema (Pasos 1-4), ii) primera ronda de votación (Pasos 5 y 6); iii) foro de discusión (Paso 7); iv) segunda ronda de votación (Pasos 8 y 9); v) extracción del conocimiento (Pasos 10-14), vi) evaluación (Paso 15) y vii) Documentación (Paso 16), que pueden desglosarse en 16 pasos (Moreno-Jiménez, 2004, 2006): Paso 1: Presentación del proyecto; Paso 2: Planteamiento del problema; Paso 3: Identificación de actores, factores y alternativas; Paso 4: Modelización del problema; Paso 5: Valoración; Paso 6: Determinación de las posturas iniciales; Paso 7: Discusión ciudadana. Paso 8: Valoración II; Paso 9: Determinación de las nuevas posturas; Paso 10: Comportamiento del Sistema; Paso 11: Asignación de mensajes a las alternativas y justificación de posturas; Paso 12: Evaluación del aprendizaje individual y colectivo; Paso 13: Determinación de los argumentos que soportan las decisiones; Paso 14: Extracción y difusión del conocimiento; Paso 15: Efectividad de la e-Cognocracia; Paso 16: Documentación del proyecto (informe final).

### 2.2 DECISIÓN MULTICRITERIO. AHP

Las Técnicas de Decisión Multicriterio abordan la resolución de los problemas de toma de decisiones de una forma más realista y efectiva, al permitir la incorporación de diferentes criterios, normalmente en conflicto.

El *Proceso Analítico Jerárquico* –AHP– (Saaty, 1977, 1980) es una técnica que permite la resolución de problemas multicriterio, multientorno y multiactor, incorporando en el modelo los aspectos subjetivos y la incertidumbre inherente en la toma de decisiones de los sistemas reales. Algunas de las características principales de este método son la modelización del problema mediante la construcción de una jerarquía en la que se recojan los aspectos

relevantes del mismo (criterios, alternativas, etc.); la incorporación de las preferencias mediante comparaciones pareadas; y la obtención de una escala derivada de prioridades relativas medidas en una escala de razón.

Otra de las características más destacadas de esta metodología multicriterio es la posibilidad de evaluar la consistencia del decisor en la emisión de juicios, no siendo necesario que dichos juicios sean perfectamente consistentes o transitivos.

Básicamente, el método original de AHP consta de cuatro etapas:

1. *Modelización* del problema o construcción de la jerarquía.
2. *Valoración* o emisión de juicios.
3. *Priorización* u obtención de las prioridades locales.
4. *Síntesis* u obtención de las prioridades globales y totales.

En la primera etapa se construye un modelo, en este caso una jerarquía, que represente el problema de decisión. La jerarquía más sencilla consta de tres niveles (ver Figura 1). En el nivel superior se coloca el objetivo o meta final del problema. A continuación, en el segundo nivel, se colocan los criterios que se consideran relevantes para la evaluación de las distintas alternativas (último nivel de la jerarquía).

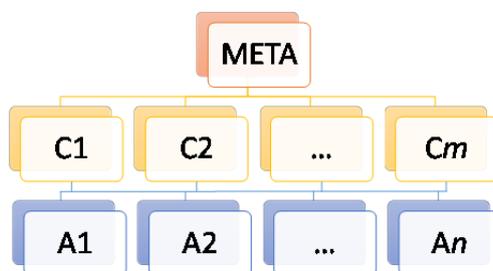


Figura 1. Jerarquía con tres niveles.

Esta estructura es la más sencilla que se puede construir, pudiendo completarse para adecuarla a la realidad con la inclusión de otros niveles para escenarios, actores, subcriterios, etc.

En la segunda etapa, el decisor incorpora sus juicios mediante comparaciones pareadas entre los elementos de un mismo nivel de la jerarquía con respecto al nodo en común del nivel inmediatamente superior, de forma que cada juicio se centra en la comparación de dos elementos con respecto a una única característica.

Los juicios o comparaciones pareadas, medidos en la escala fundamental de Saaty (1977, 1980), reflejan la importancia relativa de una alternativa sobre otra respecto al criterio considerado y se recogen en las denominadas matrices recíprocas de comparaciones pareadas.

En la tercera etapa se calculan, a partir de las matrices de comparaciones pareadas emitidas por el decisor en la etapa anterior, los valores que determinan la importancia relativa de los elementos de un nivel respecto a un nodo del nivel superior. Para calcular estos valores, o prioridades locales, se han propuesto en la literatura distintos métodos, siendo los dos más utilizados el método del autovector por la derecha (EGV) (Saaty, 1980) y el método de la media geométrica por filas (RGM) (Saaty, 1980; Crawford y Williams, 1985).

En la cuarta y última fase, y basándose en el denominado Principio de Composición Jerárquica, se sintetizan las prioridades locales calculadas en la etapa anterior, obteniendo las prioridades globales de cada una de las alternativas con relación a la meta del problema, y a continuación, las prioridades totales de cada alternativa, agregando las globales de todos los caminos que unen las alternativas con la meta global. Estas prioridades totales serán utilizadas para seleccionar la mejor alternativa, distribuir recursos entre las alternativas, etc.

Para la agregación de los juicios o prioridades correspondientes a diferentes individuos, se han propuesto diferentes procedimientos en la literatura, siendo el más ampliamente utilizado el de la media geométrica (Saaty 1980; Aczel y Saaty 1983), que es la única función de síntesis

separable que satisface la condición de unanimidad (principio de Pareto), la condición de homogeneidad (si todos los individuos juzgan un elemento  $t$  veces más grande que otro, entonces los juicios del grupo deben mantener la misma proporción en la comparación) y la propiedad de reciprocidad.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE ZARAGOZA

El problema seleccionado para la experiencia es el de selección de la mejor estrategia de movilidad en la ciudad de Zaragoza, tomando como punto de partida la línea de tranvía existente en dicho momento (línea 1, que une el norte y sur de la ciudad pasando por el centro).

La línea 1 del tranvía empezó a construirse en septiembre de 2009, comenzando a funcionar la primera fase (centro-sur) en abril de 2011 y la línea completa en marzo de 2013. Supuso un coste de 128,7 millones de euros.

Dicha línea tiene una longitud de 12,8 km y funciona con un sistema de prioridad semafórica que permite alcanzar una velocidad media de 21 km/h. Dicho sistema, al detectar el paso del tranvía, reordena las fases semafóricas, dando vía libre al Tranvía siempre que sea posible. Su puesta en marcha supuso una remodelación de las líneas de autobús hasta entonces existentes, eliminando los trayectos que coincidieran con el trayecto del tranvía, y promoviendo los transbordos entre los distintos transportes de la ciudad.

Otra de las características del tranvía es que éste circula sin catenaria en un tramo de dos kilómetros en el centro de la ciudad (ver Figura 2). Unos supercondensadores, situados en la parte superior de las cabinas, son recargados en las paradas del tramo sin catenaria. Estos dos kilómetros son el tramo más largo sin catenaria que recorre un tranvía en España.



Figura 2. Parada del tranvía actualmente existente. Tramo sin catenaria

Las alternativas contempladas fueron las que distintos partidos políticos habían propuesto en sus programas electorales para las elecciones municipales que se celebraron en Mayo de 2015. Concretamente, las del PSOE (línea 2 del tranvía), PP (Tranbús) y CHA (AraTren). A éstas se añadió una cuarta, que contemplaba la opción de no hacer nada. Una vez iniciada la experiencia, se tuvo conocimiento de la alternativa del PAR, que no dio tiempo a incluirla en el estudio. A continuación, se describen con más detalle las alternativas consideradas.

#### Alternativa 1 (PSOE – Tranvía2):

- Esta alternativa contempla la ampliación de la red del tranvía, construyendo una segunda línea que conectaría los barrios del este y oeste de la ciudad atravesando el centro histórico y comercial (ver Figura 3).
- En el centro de la ciudad se aprovecharía el trazado de la línea 1 ya existente, compartiendo paradas y favoreciendo la intermodalidad.
- El diseño definitivo no está cerrado contemplando la posibilidad de crear distintos ramales en los extremos de la línea. Se contempla también la posibilidad de conectar con barrios nuevos situados en el extrarradio de la ciudad (Arcosur).

- Favorece una mejor eficacia en las líneas de autobús urbano. Cada unidad del tranvía, como en el ya existente, tendría una capacidad para 200 personas.
- El trazado completo tendría una longitud de 7000 metros y 15 paradas.
- El presupuesto se desglosa para los distintos potenciales ramales:
  - Ramal Delicias (oeste): 84.122.187,96 €
  - Ramal Las Fuentes – Miguel Servet (este): 93.811.002,12 €
  - Ramal Las Fuentes – Miraflores (este): 97.595.664,98 €
  - Ramal Las Fuentes – San José (este): 99.604.122,01 €



Figura 3. Mapa en el que se muestra el recorrido de la propuesta de la línea 2 del tranvía (en azul). En rojo, recorrido parcial de la línea 1 actualmente existente.

**Alternativa 2 (PP – Tranbús):**

- Esta alternativa contempla la introducción de autobuses biarticulados de alta capacidad (de hasta 166 pasajeros), combinando lo mejor del tranvía y del autobús. Este tipo de vehículos funcionan en otras ciudades como Barcelona o Granada (ver Figura 4).
- Esta opción supone un ahorro económico al evitar las obras de infraestructura de las vías. Tampoco serían necesarios los andenes ni obras complementarias en las actuales paradas de bus que ya tiene la ciudad. La demanda energética también sería inferior, pudiendo optar por un modelo de propulsión híbrida.
- El Tranbús tendría, como el tranvía, prioridad semafórica y su velocidad media variaría entre 13 y 15 km por hora. La frecuencia de paso sería de 4 minutos. Es más flexible que el tranvía, pudiendo compartir la calzada con otros medios de transporte, y la posibilidad de desviarse por obras.
- No se concretaron los posibles itinerarios por los que podría circular, que podrían incluir el eje este-oeste y/o recorridos circulares.
- El presupuesto para 16 vehículos sería de 13.300.000 €.



Figura 4. Imagen de un vehículo tranbús

**Alternativa 3 (CHA – Aratren):**

- La tercera propuesta supone la creación de una red ferroviaria de cercanías que conectaría con el tranvía de Zaragoza. Emplearía trenes dotados de dos plataformas de acceso para usarlos como trenes de cercanías y como tranvías al entrar en la ciudad.

- Incluye la construcción de la segunda línea del tranvía (este-oeste), a la que se la dotaría del ancho ibérico, para conectarla sin costes añadidos al ferrocarril. El recorrido propuesto sería similar al de la propuesta del PSOE (Alternativa 1).
- El sistema estaría destinado al transporte tanto de personas como de mercancías
- Se plantea aprovechar las líneas existentes para trazar una comunicación en red con 6 líneas que tendría dos centros neurálgicos, Huesca y Zaragoza. Las líneas se irían completando en distintas fases y quedarían conectadas las localidades de Binéfar, Quinto, Caspe, Gallur, Calatayud y Cariñena (ver Figura 5).
- El presupuesto estimado para 10 convoyes sería de 60.000.000 €.

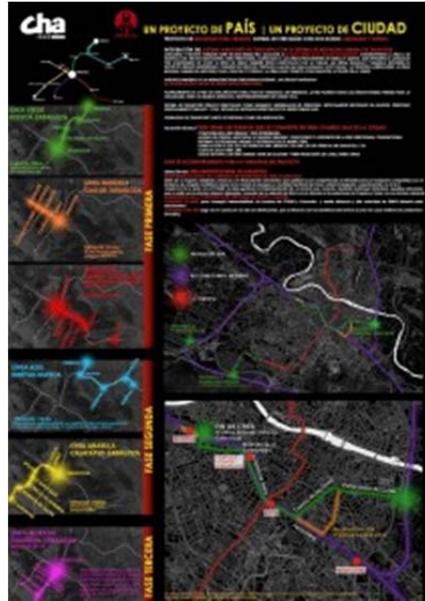


Figura 5. Esquema líneas Aratren

#### Alternativa 4 (No hacer nada):

- Supondría mantener la situación actual, con una línea de tranvía (norte-sur) y líneas de autobuses urbanos que se complementan y entre las que se pueden realizar transbordos.
- Por supuesto, esta opción es la que menor coste supone.

Una vez descritas con detalle las distintas alternativas, a continuación se presentan los criterios que se contemplaron para la selección de la mejor estrategia de movilidad.

Para seleccionar la alternativa preferida se construyó una jerarquía con 4 niveles (Meta, Criterios, Subcriterios y Alternativas).

En el segundo nivel se incluyeron 3 criterios generales:

- C1: ECO (criterios económicos)
- C2: SOC (criterios sociales)
- C3: AMB (criterios ambientales)

En el tercer nivel, cada uno de los criterios se desglosó en tres subcriterios:

Subcriterios Económicos:

- SC1.1: INV (coste de la inversión)
- SC1.2: MAN (coste del mantenimiento anual)
- SC1.3: OAE (otros aspectos económicos)

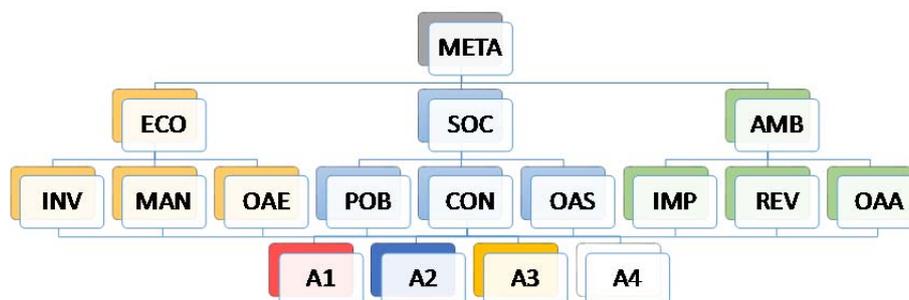
Subcriterios Sociales:

- SC2.1: POB (ciudadanos que acceden en menos de 3/5 minutos andando)
- SC2.2: CON (confort, comodidad de la alternativa: acceso, instalaciones, servicios animales, bicis...)
- SC2.3: OAS (otros aspectos sociales)

Subcriterios Ambientales:

- SC3.1: IMP (impacto físico, acústico, visual...)
- SC3.2: REV (reversibilidad del modo de transporte)
- SC3.3: OAA (otros aspectos ambientales)

Por último, en el cuarto nivel, se incluyeron las 4 alternativas anteriormente descritas. En la Figura 6 puede verse el modelo jerárquico utilizado.



**Figura 6. Modelo jerárquico para el problema de selección de la mejor estrategia de movilidad en la ciudad de Zaragoza**

Las etapas de la experiencia fueron las siguientes:

1. *Presentación del experimento* (21 abril 2015). Los estudiantes fueron informados del problema sobre el que se iba a solicitar su opinión, de las etapas del experimento y de cómo se iba a solicitar la opinión. Representantes de los distintos partidos políticos acudieron a una de las sesiones de clase para presentar sus propuestas de movilidad para la ciudad de Zaragoza. Asimismo, se facilitaron enlaces a los documentos de las propuestas para poder ampliar la información sobre las mismas. De esta forma, los estudiantes pudieron conocer mejor las distintas alternativas sobre las que tendrían que emitir su opinión.
2. *Primera ronda de votación* (28 abril 2015). Utilizando el software PRIORWeb (ver Figuras 7 y 8), los estudiantes introdujeron sus valoraciones mediante comparaciones pareadas. Como resultado, se obtuvieron las prioridades para cada uno de los individuos, utilizando la metodología del Proceso Analítico Jerárquico.
3. *Discusión, argumentación y retroalimentación* (del 28 de abril al 12 de mayo de 2015). En esta etapa se implementó un foro que permitió el debate y la discusión acerca del problema en estudio. De esta forma se mejoró la cantidad y calidad de la información disponible.
4. *Segunda ronda de votación* (12 mayo 2015). Por último, se volvió a repetir el proceso de valoración y obtención de prioridades utilizando AHP con lo que se obtuvieron las prioridades finales de cada individuo.
5. *Evaluación de la experiencia* (12 mayo 2015). Los estudiantes respondieron a un cuestionario de evaluación de la experiencia tras la segunda ronda de votación. En el cuestionario se recogieron cuestiones para valorar la *eficiencia* (información proporcionada, personal de apoyo, soporte y aplicación informática y seguridad), la *eficacia* (satisfacción en general) y la *efectividad* (individual: control, participación, aprendizaje, libertad de expresión, y social: representatividad, cohesión social, igualdad de oportunidades y sabiduría social) del sistema, así como del impacto de la e-Cognocracia en la sociedad en general.

La etapa tercera, dedicada a la obtención de los argumentos que soportan las decisiones no es tenida en cuenta en este trabajo. Un estudio más detallado de la misma puede verse en Turón y Moreno-Jiménez (2016).

Desde un punto de vista operativo, la implementación de la e-Cognocracia en esta experiencia se llevó a cabo sobre una red social, Social Cognocracy Network (SCN), que da soporte a todas las etapas del proceso decisional: formulación del problema, las rondas de votaciones en las que los actores participantes incorporan sus preferencias en un problema de Toma de

Decisiones, la ronda o rondas de discusión en las que estos aportan argumentos en apoyo de sus decisiones y opiniones relativas al problema y la extracción y difusión del conocimiento relevante en la resolución del problema. En las dos rondas de votación, se integró en la red SCN el software de priorización PRIORWeb (ver Figuras 7 y 8), que fue utilizado por los participantes de la experiencia para la introducción de sus preferencias.

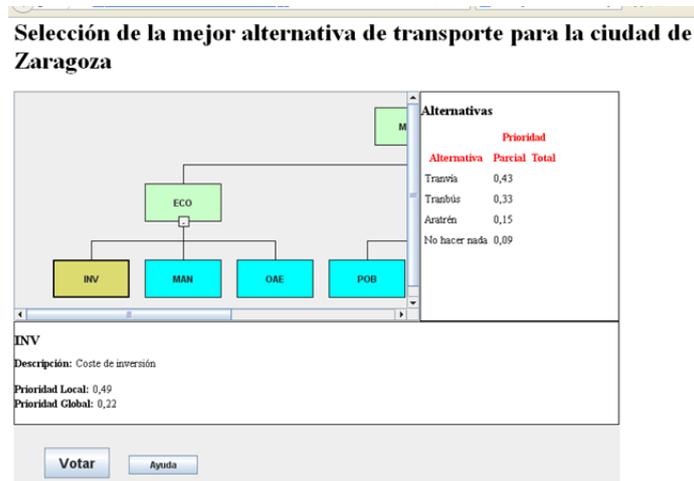


Figura 7. Ventana principal del software PRIORWeb integrado en la red social SCN.



Figura 8. Ventana de introducción de juicios en el software PRIORWeb.

## 4. RESULTADOS

A continuación se van a presentar los resultados de la experiencia correspondientes a las dos rondas de votación. En total participaron 25 individuos en alguna de las dos rondas (22 sólo en la primera ronda y 19 sólo en la segunda), de los cuales sólo 16 participaron en las dos.

En primer lugar se presentan las prioridades obtenidas para cada uno de los individuos en las dos rondas de votación. En la Tabla 1 se recogen dichas prioridades ordenadas por el número de usuario facilitado a cada individuo para las votaciones. Se han utilizado distintos colores para resaltar las opciones preferidas por los individuos en cada ronda (rojo para la primera alternativa (PSOE), azul para la segunda (PP), amarillo para la tercera (CHA) y gris para la cuarta (NO hacer NADA). Los usuarios coloreados son aquellos que han mantenido como opción preferida la misma en las dos rondas de votación. Se distingue también a los usuarios que sólo votaron en una de las rondas.

**Tabla 1. Prioridades de los individuos en las dos rondas de votación**

	Primera ronda de votación				Segunda ronda de votación			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
<b>Usuario 1</b>	0,205	0,241	0,201	0,353				
<b>Usuario 2</b>	0,199	0,313	0,329	0,159	0,195	0,413	0,246	0,146
<b>Usuario 3</b>	0,190	0,486	0,192	0,132	0,297	0,484	0,109	0,109
<b>Usuario 6</b>					0,059	0,165	0,451	0,325
<b>Usuario 10</b>	0,232	0,236	0,131	0,400	0,216	0,262	0,101	0,421
<b>Usuario 13</b>	0,102	0,445	0,078	0,374				
<b>Usuario 15</b>	0,131	0,204	0,507	0,158	0,183	0,160	0,497	0,160
<b>Usuario 18</b>	0,395	0,228	0,103	0,275	0,172	0,214	0,119	0,494
<b>Usuario 19</b>	0,376	0,243	0,153	0,229	0,471	0,274	0,117	0,138
<b>Usuario 24</b>	0,121	0,135	0,207	0,536				
<b>Usuario 25</b>	0,186	0,116	0,594	0,104	0,196	0,128	0,423	0,253
<b>Usuario 26</b>	0,301	0,151	0,333	0,215	0,186	0,202	0,080	0,532
<b>Usuario 27</b>	0,206	0,100	0,051	0,642	0,262	0,118	0,055	0,564
<b>Usuario 28</b>					0,249	0,065	0,592	0,094
<b>Usuario 31</b>	0,173	0,258	0,106	0,463	0,203	0,270	0,102	0,425
<b>Usuario 32</b>	0,128	0,268	0,055	0,549				
<b>Usuario 34</b>	0,647	0,179	0,078	0,096	0,651	0,177	0,081	0,091
<b>Usuario 39</b>	0,195	0,157	0,221	0,427	0,460	0,241	0,180	0,119
<b>Usuario 40</b>	0,513	0,229	0,141	0,118				
<b>Usuario 41</b>	0,392	0,276	0,087	0,246				
<b>Usuario 42</b>	0,111	0,450	0,191	0,249	0,294	0,299	0,114	0,293
<b>Usuario 47</b>	0,115	0,183	0,092	0,610	0,168	0,286	0,415	0,131
<b>Usuario 57</b>	0,249	0,178	0,422	0,151	0,131	0,131	0,066	0,673
<b>Usuario 59</b>					0,083	0,229	0,045	0,644
<b>Usuario 60</b>	0,177	0,230	0,359	0,233	0,198	0,157	0,182	0,463

En la primera ronda, 5 participantes se inclinaron por la primera alternativa (PSOE), 3 por la segunda (PP), 6 por la tercera (CHA) y 8 por la última (no hacer nada). En la segunda ronda, disminuyó el número de participantes a favor de las opciones 1 y 3 (3 y 5 usuarios respectivamente), y se mantuvieron los de las opciones 2 y 4.

De los 16 participantes en las dos rondas, 9 mantuvieron como preferida la misma opción (2 la del PSOE, 1 la del PP, 2 la de CHA y 4 la de no hacer nada) y 7 modificaron su opción preferida. En la siguiente tabla (Tabla 2) se muestra las transiciones de voto de la primera ronda (en filas) a la segunda (columnas).

**Tabla 2. Opciones preferidas en ambas rondas. Transiciones de voto**

		Opción preferida en Ronda 2				Total Rda1	No cambian	Cambian
		A1	A2	A3	A4			
Opción preferida en Ronda 1	A1	2	1		1	4	2	2
	A2		1	1		2	1	1
	A3		1	2	2	5	2	3
	A4	1			4	5	4	1
	<b>Total Rda 2</b>	3	3	3	7			
	<b>No cambian</b>	2	1	2	4			
	<b>Cambian</b>	1	2	1	3			

Utilizando los dos procedimientos habitualmente empleados en toma de decisiones en grupo con AHP, Agregación de Juicios Individuales (AIJ) y Agregación de Prioridades Individuales (AIP) (Ramanathan y Ganesh, 1994; Van den Honert y Lootsma, 1997; Forman y Peniwati, 1998), se han obtenido las prioridades del grupo (ver Tabla 3). Con el procedimiento AIJ se han agregado primero los juicios individuales, obteniendo las matrices de grupo y a partir de estas, se han calculado las prioridades del grupo. Con el procedimiento AIP, se han calculado primero las prioridades individuales y se han agregado éstas para obtener las prioridades grupales. En los dos procedimientos se ha utilizado la media geométrica para agregar juicios y prioridades.

**Tabla 3. Prioridades del grupo obtenidas con los procedimientos AIJ y AIP**

	Primera ronda de votación				Segunda ronda de votación			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
<b>Grupo (AIP)</b>	0,247	0,258	0,193	0,302	0,257	0,247	0,186	0,311
<b>Grupo (AIJ)</b>	0,245	0,276	0,173	0,307	0,249	0,257	0,178	0,317

Se observa que con ambos procedimientos y en la primera ronda, la ordenación de las alternativas fue la siguiente: A4 – A2 – A1 – A3. En la segunda ronda, se mantiene la misma ordenación si se utiliza el procedimiento AIJ, pero hay un cambio en la ordenación de las alternativas A1 y A2 con el procedimiento AIP, siendo la ordenación final con este procedimiento: A4 – A1 – A2 – A3. También se observa que de la primera a la segunda ronda la prioridad de la alternativa preferida (A4) aumenta su prioridad, por tanto, tras el proceso de discusión se reforzó la opinión de los participantes a favor de no hacer nada (A4).

Un análisis más detallado de las prioridades que los individuos han dado a los distintos criterios –económicos, sociales y ambientales– (ver Tabla 4), así como de las prioridades de las alternativas para cada uno de los criterios (ver Tabla 5), permite comprender el resultado alcanzado.

**Tabla 4. Prioridades locales de los criterios con respecto a la meta**

	ECO	SOC	AMB
<b>Ronda 1</b>	0,422	0,406	0,172
<b>Ronda 2</b>	0,496	0,334	0,171

**Tabla 5. Prioridades de las alternativas con respecto a los criterios**

	Primera ronda de votación				Segunda ronda de votación			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
<b>ECO</b>	0,173	0,232	0,159	0,435	0,199	0,255	0,158	0,388
<b>SOC</b>	0,351	0,328	0,192	0,128	0,348	0,263	0,212	0,177
<b>AMB</b>	0,167	0,260	0,159	0,414	0,200	0,250	0,167	0,383

Tal y como se observa en la Tabla 4, los participantes en la experiencia han considerado que los criterios económicos son los de mayor importancia, seguidos de los sociales y por último, a bastante distancia, de los ambientales. La diferencia entre los criterios económicos y sociales, pequeña en la primera ronda de votación, se amplió considerablemente en la segunda. Esto, unido al hecho de la cuarta alternativa (A4-No hacer nada) fue considerada la mejor tanto en los criterios económicos como en los ambientales (Tabla 5), ha provocado que finalmente sea identificada como la mejor en términos globales, aun siendo la peor en los criterios sociales. Los participantes indicaron que la mejor alternativa para los criterios sociales era la A1, tanto en la primera ronda como en la segunda, seguida de la A2.

Se deduce que los aspectos económicos fueron decisivos en la opinión de los participantes en la experiencia, coincidiendo la ordenación de las alternativas según sus preferencias con la ordenación de las mismas de menor a mayor coste.

A continuación se recogen los resultados aplicando los mismos procedimientos (AIJ y AIP) considerando únicamente los juicios de aquellos participantes que lo hicieron en las dos rondas (16 individuos).

Los resultados son similares a los obtenidos al utilizar los juicios de todos los decisores, produciéndose algunas diferencias en la ordenación de las dos alternativas intermedias, A2 y A3. En esta nueva situación (ver Tabla 6), al aplicar el procedimiento AIP la ordenación de las alternativas es la misma en las dos rondas (A4 – A1 – A2 – A3) y al aplicar el procedimiento AIJ también se mantiene la misma ordenación para las dos rondas (A4 – A2 – A1 – A3) diferenciándose los resultados obtenidos con cada procedimiento en la ordenación de las alternativas intermedias.

**Tabla 6. Prioridades del grupo obtenidas con los procedimientos AIJ y AIP. Participantes en ambas rondas.**

	Primera ronda de votación				Segunda ronda de votación			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
<b>Grupo (AIP)</b>	0,265	0,250	0,204	0,280	0,271	0,267	0,155	0,307
<b>Grupo (AIJ)</b>	0,257	0,270	0,177	0,296	0,256	0,278	0,147	0,319

**Tabla 7. Prioridades locales de los criterios con respecto a la meta. Participantes en ambas rondas.**

	ECO	SOC	AMB
Ronda 1	0,431	0,424	0,145
Ronda 2	0,552	0,312	0,136

**Tabla 8. Prioridades de las alternativas con respecto a los criterios. Participantes en ambas rondas.**

	Primera ronda de votación				Segunda ronda de votación			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
ECO	0,178	0,221	0,162	0,439	0,202	0,279	0,135	0,384
SOC	0,365	0,320	0,198	0,117	0,374	0,283	0,172	0,170
AMB	0,177	0,270	0,158	0,395	0,202	0,264	0,138	0,397

En el análisis de las prioridades locales de los criterios con respecto a la meta (Tabla 7) y de las prioridades de las alternativas con respecto a los criterios (Tabla 8) no se aprecian diferencias con las conclusiones obtenidas al utilizar los juicios de todos los participantes (Tablas 4 y 5).

## 5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

En este trabajo se ha presentado la experiencia realizada en abril y mayo de 2015 con un grupo de estudiantes de 4º del Grado en Economía relativa a la selección de la mejor estrategia de movilidad en la ciudad de Zaragoza. Dichos estudiantes emitieron, en dos rondas de votación, sus preferencias acerca de las opciones que distintos partidos políticos (PSOE, PP y CHA) proponían en sus programas electorales de las elecciones municipales celebradas en mayo de 2015, a las que se añadió una cuarta opción de no hacer nada.

En el trabajo se han analizado los resultados obtenidos aplicando AHP a las valoraciones incorporadas en dichas rondas de votación, observándose que una mayoría de los individuos se decantó por la opción de no hacer nada, siendo ésta también la opción preferida al considerar las valoraciones promedio de todos los individuos. Un análisis detallado de la importancia dada a cada criterio indica que los aspectos económicos fueron decisivos en la opinión de los participantes, coincidiendo la ordenación de las alternativas según las preferencias del grupo con la ordenación de las mismas de menor a mayor coste. Al comparar los resultados de la primera ronda con los de la segunda, se observa que la alternativa preferida (A4 – No hacer nada) aumenta su prioridad, por lo que el proceso de discusión llevado a cabo entre las dos rondas de votación reforzó la opinión de los participantes a favor de no hacer nada.

A continuación se enumeran algunas posibles extensiones de este trabajo y líneas futuras de trabajo, algunas de las cuales ya se están empezando a desarrollar.

- Presentar gráficamente los resultados, extendiendo los diagramas ternarios y diagramas biplot utilizados en trabajos anteriores (Escobar y otros, 2009) para visualizar la posición de cada individuo, así como la magnitud de los cambios en sus opiniones.
- Medir en términos relativos los cambios en las preferencias de los individuos de la primera a la segunda ronda.
- Realizar un análisis clúster para identificar grupos de individuos cuyas prioridades sean similares.
- Estudiar si existe correlación entre las preferencias de los individuos sobre las alternativas y las preferencias o importancias dadas a cada uno de los criterios.
- Aplicar otros procedimientos de toma de decisión en grupo con AHP, como la Agregación de Estructuras de Preferencia Individuales (AIPS) (Escobar y Moreno-Jiménez, 2007) o la Matriz Precisa de Consenso en Consistencia (PCCM) (Aguarón y otros, 2014; Escobar y otros, 2015).

## REFERENCIAS

ACZÉL, J.; SAATY, T.L. (1983): Procedures for Synthesizing Ratio Judgements. *Journal of Mathematical Psychology* 27 (1), 93-102.

AGUARÓN, J.; ESCOBAR, M.T.; MORENO-JIMÉNEZ, J.M. (2014): The Precise Consistency Consensus Matrix in a local AHP-Group Decision Making Context. *Annals of Operations Research*. DOI: 10.1007/s10479-014-1576-8

CRAWFORD G.; WILLIAMS C. (1985): A Note on the Analysis of Subjective Judgment Matrices, *Journal of Mathematical Psychology*, 29, 387–405.

ESCOBAR. M.T., AGUARÓN, J., MORENO-JIMÉNEZ, J.M. (2015): Some extensions of the Precise Consistency Consensus Matrix. *Decision Support Systems* 74, 67-77.

ESCOBAR, M.T.; MORENO-JIMÉNEZ, J.M. (2007): Aggregation of Individual Preference Structures in AHP-Group Decision Making. *Group Decision & Negotiation* 16, 287- 301

ESCOBAR, M.T.; MORENO-JIMÉNEZ, J.M.; TONCOVICH, A.; TURÓN, A. (2009): Idoneidad de Gran Scala: Una aplicación multicriterio en el gobierno de la sociedad. En: Leyva, J.C.; Avilés, E.; Zepeda, J.(eds): *Herramientas Operativas para el Análisis Multicriterio del Desarrollo Económico Local*, 255- 276. Plaza y Valdés/Universidad de Occidente. ISBN: 978-607-402-172-1

FORMAN, E.; PENIWATI, K. (1998): Aggregating individual judgements and priorities with the Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, 108, 165-169.

GARCÍA LIZANA, A.; MORENO JIMÉNEZ, J.M. (2008): Economía y Democracia en la Sociedad del Conocimiento. *Estudios de Economía Aplicada* 26(2), 181-212.

MORENO-JIMÉNEZ, J.M. (2003): Las Nuevas Tecnologías y la Representación Democrática del Inmigrante. En ARENERE, J.: *IV Jornadas Jurídicas de Albarracín* (22 págs.). Consejo General del Poder Judicial. TSJA, Memoria Judicial Anual de Aragón del año 2003, página 66.

MORENO-JIMÉNEZ, J.M. (2004): E-cognocracia y Representación Democrática del Inmigrante. *Anales de Economía Aplicada*. León (CD). ISBN: 84-609-4715-7.

MORENO-JIMÉNEZ, J.M. (2006): E-cognocracia: Nueva Sociedad, Nueva Democracia. *Estudios de Economía Aplicada* 24(1-2), 559-581.

MORENO-JIMÉNEZ, J.M.; POLASEK, W. (2003): E-democracy and Knowledge. A Multicriteria Framework for the New Democratic Era. *Journal Multicriteria Decision Analysis* 12, 163-176.

RAMANATHAN, R.; GANESH, L.S. (1994): Group preference aggregation methods employed in AHP: An evaluation and intrinsic process for deriving members' weightages, *European Journal of Operational Research*, 79, 249-265.

SAATY, T.L. (1977): A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234–281.

SAATY, T.L. (1980): *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.

TURÓN, A.; MORENO-JIMÉNEZ, J.M. (2016): Influencia de la reputación en la *Social Cognocracy Network*. Actas del XXX Congreso Internacional de Economía Aplicada Asepelt 2016. Valencia.

VAN DEN HONERT, R.C.; LOOTSMA, F. A. (1997): Group preference aggregation in the multiplicative AHP The model of the group decision process and Pareto optimality, *European Journal of Operational Research*, 96(2), 363-370.

Webs consultadas:

<http://www.tranviasdezaragoza.es/es/>

<http://www.zaragoza.es/ciudad/viapublica/movilidad/movi/linea2tranvia.htm>

[http://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza\\_provincia/zaragoza/2014/10/26/el\\_zaragozano\\_presenta\\_tranbus\\_para\\_unir\\_mejor\\_del\\_bus\\_mejor\\_del\\_tranvia\\_318260\\_301.html](http://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza_provincia/zaragoza/2014/10/26/el_zaragozano_presenta_tranbus_para_unir_mejor_del_bus_mejor_del_tranvia_318260_301.html)

<https://chesusyuste.wordpress.com/2015/02/11/cha-presenta-el-proyecto-aratren-para-vertebrar-zaragoza-y-aragon/>