

INFORMACIÓN A LOS USUARIOS Y SUS PREFERENCIAS: EL EFECTO EN LOS PESOS A USAR EN EL MÉTODO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

Alejandro M. Tudela, Rodrigo A. Asenjo
Universidad de Concepción
Casilla 160 C, Correo 3, Concepción
Fax: (041) 25 2524
e-mail: atudela@udec.cl

RESUMEN

El método de análisis jerárquico (Analytic Hierarchy Process - AHP) es un método multi criterio desarrollado por Saaty en los años 70. El método ha sido usado en transporte y otras disciplinas para apoyar la toma de decisiones cuando existen criterios conflictivos.

Este trabajo analiza el papel que tiene la información que las personas poseen acerca de las alternativas, y los atributos que las caracterizan, sobre los pesos (ponderadores) de los criterios y atributos del problema de decisión. Para esto se realizó un estudio experimental, que utilizó el método de comparación por pares para derivar los pesos relativos de un conjunto de atributos económicos y ambientales asociados a un proyecto específico de transporte.

Básicamente las personas encuestadas fueron sometidas a tres experimentos de comparación de los atributos bajo consideración, proveyendo en cada experimento información extra acerca de los atributos en cuestión, y su relación con el proyecto. La información mínima que fue proporcionada a todas las personas fue una descripción del proyecto, con tal de homogeneizar los niveles de información, para luego aplicar una primera ronda de experimentos de comparación de los atributos. En una segunda fase se proporcionó a los encuestados información cuantitativa respecto a los atributos y su relación con el proyecto, realizando luego una segunda ronda de experimentos de comparación. Finalmente, se proporcionó información cualitativa de los atributos, desarrollando una última ronda de preguntas de comparación.

Los resultados muestran que los pesos relativos asociados a los diferentes atributos sí dependen de la información cuantitativa y cualitativa que poseen las personas en el momento de responder los experimentos de comparación, afectando los pesos en sí, y posiblemente la decisión que se derive a partir de ellos. Estos resultados empíricos atentan contra uno de los axiomas en que se sustenta el AHP, que supone independencia entre pesos y alternativas, sugiriendo que un método alternativo a la comparación por pares se debería considerar para derivar dichos pesos.

1. INTRODUCCIÓN

El método de análisis jerárquico (Analytic Hierarchy Process - AHP) para problemas de decisión con criterios múltiples fue desarrollado en la década de los 70 (Saaty, 1977), correspondiendo a uno de los métodos multi criterio de mayor uso en la actualidad para apoyar la toma de decisiones. Otros métodos existentes corresponden al de la Utilidad Multi Atributo (Keeney y Raiffa, 1993) y el de Superación (Tsamboulas y Panou, 1999). Dentro de la variedad de métodos multi criterio disponibles no existe evidencia respecto a cual de ellos es el mejor, dependiendo la elección de uno u otro de las necesidades de la persona que está analizando el problema de toma de decisión (Pérez, 1995).

A pesar de la popularidad del AHP, existen aún varios aspectos no resueltos, uno de los cuales corresponde al procedimiento, y los supuestos que existen, para la derivación de los pesos (ponderadores) a usar durante la agregación de la jerarquía de atributos que se construye para representar el problema de decisión bajo análisis. El método sugerido por Saaty para la derivación de los pesos corresponde a la comparación por pares, que consiste en comparar en una escala acotada de preferencias los criterios y atributos de interés.

El objetivo de este trabajo es estudiar empíricamente la validez de uno de los axiomas en que se sustenta el AHP, y que dice relación con la independencia entre los pesos de los atributos y criterios, y las alternativas bajo análisis.

Para realizar el estudio se llevó a cabo un trabajo experimental, que consistió en la selección de un proyecto de transporte urbano, la identificación de algunos atributos y criterios que caracterizaban el problema de decisión, el diseño de experimentos de comparación por pares, y la recolección de las respuestas de las personas a los experimentos de comparación para tres niveles de información acerca de los atributos.

Los pesos fueron estimados utilizando el método de los vectores Eigen (Saaty, 1977), usando la media geométrica para agregar las respuestas de diferentes personas.

Los resultados muestran que los pesos de los atributos sí dependerían de la información que tenga la persona respecto al proyecto y sus impactos, los que quedan representados en los atributos. Variaciones en los pesos se deberían a la cantidad de información que maneja el encuestado, tanto en cantidad como en calidad.

Este artículo se ha organizado como sigue. Una revisión general acerca del AHP se entrega en la siguiente sección, mientras que una descripción de la fase experimental se provee en la sección 3. Los principales resultados se reportan en la sección 4, mientras que las conclusiones del estudio se entregan en la última sección.

2. EL MÉTODO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO – AHP

El método AHP (Saaty, 1977; Saaty y Vargas, 1994; Martínez y Escudey, 1998) fue creado en los años 70, y consiste en descomponer y ordenar el problema de toma de decisiones en una jerarquía de criterios y atributos. En la parte más alta de la jerarquía se ubica el criterio principal, el que

puede ser dividido en un conjunto de criterios que se ubicarán en el segundo nivel de la jerarquía. En un tercer nivel se localizarán los subcriterios o atributos que sirven para describir los criterios en el nivel anterior. Este proceso de descomposición se repite hasta que en un penúltimo nivel se localizarán aquellos atributos que mejor describen aquellos elementos en el nivel previo. El último nivel contendrá las alternativas bajo estudio. La figura 1 muestra una estructura jerárquica genérica.

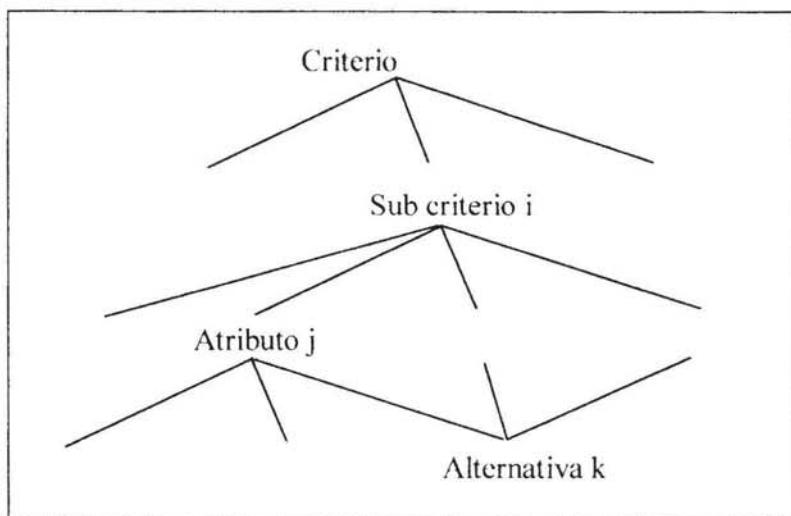


Figura 1: Jerarquía de criterios, subcriterios y atributos

El proceso de construcción de las jerarquías en sí abre paso a la participación pública directa en el proceso de toma de decisiones, una de las ventajas de los métodos multi criterios basados en pesos no económicos, en contraposición al tradicional Análisis Costo Beneficio. La participación pública es considerada en la fase de selección de los criterios y atributos a ser tomados en cuenta en las jerarquías. La opinión de expertos y tomadores de decisión también se ha considerado en esta fase, para apoyar adecuadamente la opinión del público general. Este proceso de participación abierta requiere que los participantes estén adecuadamente informados acerca de los proyectos bajo análisis, y sus posibles beneficios y costos. Una aplicación se puede encontrar en Renn et al. (1993).

Una vez que la jerarquía ha sido definida corresponde la estimación de los pesos asociados a los diferentes criterios, subcriterios, atributos y alternativas. Para cada nido en la estructura jerárquica es necesario determinar un vector normalizado de pesos de los componentes del nido. Los pesos en todos los niveles, salvo el último, se calculan usando la comparación por pares entre elementos de cada nido. La comparación por pares consiste en determinar, usando una escala acotada de acuerdo al método sugerido por Saaty, cuántas veces un atributo (o criterio) es más importante que otro; por ejemplo, un atributo A podría ser n veces más importante para una persona que un atributo B. De esto se deduce que el atributo B sería $1/n$ veces más importante que A. Este proceso de comparación de atributos genera una matriz recíproca. Esta matriz se reduce a un vector de pesos, los que reflejan la importancia relativa de los atributos. Este proceso reductivo se hace utilizando alguna de las técnicas disponibles: valores propios, minimización del error en la

estimación del vector de pesos, etc.; una revisión de estos métodos se puede encontrar en Mikhailov (2000). Es interesante notar que cuando más de dos atributos o criterios se comparan, el AHP permite generar un índice del nivel de consistencia en las respuestas de las personas, puesto que el principio de transitividad debería satisfacerse: si A es n veces más preferido que B, y B es m veces más preferido que C, entonces A debería ser $n \cdot m$ más preferido que C. Se considera que un índice de consistencia menor a un 10% es adecuado para aceptar como consistentes las preferencias que las personas han expresado durante las comparaciones por pares (Saaty, 1990).

Los pesos de las alternativas para los diferentes atributos (último nivel del árbol de jerarquías) se determinan directamente de los valores de los atributos, en el caso de atributos cuantificables, o por la comparación por pares en el caso de atributos cualitativos.

Después de que los pesos se han determinado, corresponde la agregación de la jerarquía. Este proceso es similar a aquel utilizado al colapsar un árbol de probabilidades. Dada una alternativa, los pesos que pertenecen a los arcos que conectan esa alternativa con el nivel (y nido) más alto se multiplican, para luego sumar estos valores parciales para todas las posibles trayectorias entre el nivel más bajo y el más alto. Esto se repite para cada alternativa en el último nivel. El conjunto de pesos obtenidos después de la agregación se usa para ordenar las alternativas bajo estudio y apoyar la toma de decisión. Nótese que el método no es taxativo en sus resultados, como no lo son los métodos multi criterios basados tanto en pesos económicos y no económicos. El método entrega un ordenamiento de las alternativas bajo estudio, y permite un análisis de sensibilidad de ese ordenamiento, a través de los diferentes pesos involucrados.

El uso de la comparación por pares para derivar el vector de pesos se ha criticado en la literatura por suponer independencia entre las alternativas bajo estudio y los atributos o criterios que se están comparando (Weber, 1997). Esta independencia entre pesos y alternativas se ha explicitado en uno de los axiomas del AHP (Saaty, 1986). Así por ejemplo, si los atributos A y B se están comparando, el encuestado puede señalar cuantas veces A es más importante que B, sin considerar que su respuesta estará basada en su experiencia y en la posible magnitud que él maneja acerca de los atributos A y B. Así, puede suceder que la persona indique que B es n veces más importante que A, aunque si conociera la magnitud real de los atributos podría terminar indicando que A es n veces más importante que B. Si bien esta falencia puede parecer obvia, la experiencia muestra que no por ello el método AHP se ha dejado de usar en su forma original. Una experiencia que muestre abiertamente la no validez de este axioma se hace necesaria.

En la próxima sección se entrega una descripción del enfoque empírico adoptado para verificar la validez del axioma bajo cuestionamiento.

3. LOS EXPERIMENTOS DE COMPARACIÓN Y LOS NIVELES DE INFORMACIÓN

Puesto que lo que se deseaba era verificar la validez del axioma de independencia del AHP, es que durante la fase experimental se mantuvo el método sugerido por Saaty para derivar el vector de pesos: la comparación por pares, variando los niveles de información que poseían las personas respecto al proyecto bajo estudio, y algunos de los atributos que lo describían, durante diferentes experimentos de comparación. En esencia lo que se hizo fue someter a un mismo grupo de

personas a tres rondas de experimentos de comparación, con diferentes niveles de información en cada ronda.

Una breve descripción del proyecto de ingeniería utilizado como estudio de caso se reporta en la próxima subsección, mientras que aspectos relacionados con los atributos considerados en el estudio, los experimentos de comparación y la población encuestada se detallan en las subsecciones siguientes.

3.1. El proyecto de ingeniería y sus alternativas

El proyecto de transporte en consideración corresponde al mejoramiento del eje O'Higgins en la ciudad de Chiguayante, Octava región. Este eje conecta las zonas urbanas de Concepción y Chiguayante. El mejoramiento considera cambios en la superficie de rodado, la ampliación de la calzada en algunos sectores, cambios en el sistema de señalización y cambios en la operación del sistema de transporte público (Mideplan, 1997).

La evaluación económica consideró tres alternativas de solución, que involucraban diferentes superficies de rodado y gestión del transporte público y privado en el área de estudio. En este trabajo sólo se consideraron las dos mejores alternativas desde el punto de vista de la evaluación social desarrollada por Mideplan, ya que el objetivo de este trabajo no es hacer una nueva evaluación del proyecto, sino determinar el rol de la información en el vector de pesos.

En específico, en las dos alternativas estudiadas se consideran cambios en la superficie de rodado, mejoramiento de un cruce ferroviario, y un paso sobre nivel. Además, se mejorará el sistema de semaforización y se modificará la operación del transporte público, dándole prioridad a éste sobre el transporte privado, en consideración del porcentaje de usuarios del transporte público en el Gran Concepción: sobre un 60% (Sectra, 2000). La siguiente tabla muestra los principales aspectos que describen cada alternativa.

Tabla 1: Descripción de alternativas

Alternativa 1	Alternativa 2
Paso sobre nivel con la vía férrea Aumento de capacidad de las vías (de 2 a 3 pistas)	Paso sobre nivel entre calles Actualización cruce ferroviario Ampliación de capacidad de algunas vías locales (de 1 a 2 pistas)

3.2. Atributos a considerar en el estudio

Existe una amplia gama de posibles atributos a considerar durante la aplicación de los experimentos de comparación. La elección de los atributos en este trabajo necesitó de una primera fase de generación de las estructuras jerárquicas de decisión, tal como lo requiere el AHP, para luego seleccionar los nidos de atributos que darían paso a los experimentos de comparación por pares.

Se definieron dos estructuras jerárquicas, una de ellas involucrando aquellos criterios y atributos identificables como beneficios del proyecto, y otra con aquellos asociados a costos. La clasificación de criterios y atributos en beneficios y costos implicó analizar la utilidad marginal asociada a ellos. Una descripción completa de las jerarquías se puede encontrar en Asenjo (2001).

Del total de pares de atributos y criterios posibles de analizar del estudio original (que depende del número de nidos de la estructura jerárquica) sólo se consideraron un subconjunto de ellos. Por razones de espacio en este trabajo se presentan los resultados asociados a dos nidos en particular:

- Criterio económico y criterio ambiental
- Ruido, intrusión visual y contaminación del aire por emisiones.

El primer nido se ubicaba en el nivel superior de la jerarquía, y de sus componentes dependían aspectos tales como montos de inversión, gastos en mantenimiento, ahorros de tiempo, ahorros en costos de operación, etc.

El segundo nido está asociado a aspectos ambientales, y se ubicaba en el penúltimo nivel de la estructura jerárquica.

La decisión de elegir estos nidos y no otros para realizar los experimentos de comparación se basó en la baja experiencia y conocimiento que existe en la comunidad cuando se trata de aspectos ambientales.

3.3. Provisión de la información y recolección de respuestas

Seleccionados los nidos sobre los cuales se aplicaría la comparación por pares, correspondió definir la estrategia a usar para proveer la información a los encuestados. Un primer contacto con las personas a encuestar mostró que el nivel de conocimiento acerca del proyecto a desarrollar en su comuna era muy bajo y disímil. Por esta razón se decidió proveer con información mínima acerca del proyecto a todo aquel a encuestar. Esta información consistió en describir las dos alternativas de mejoramiento que se estaban considerando en el estudio. La descripción abarcó aspectos de la ingeniería de las alternativas, de la operación del transporte, tanto público como privado, de los posibles impactos económicos y ambientales del proyecto, y aspectos económicos básicos de la evaluación.

Proporcionada la información anterior se procedió a aplicar una primera ronda de experimentos de comparación por pares.

Durante una segunda etapa se proporcionó a las personas información relativa a la magnitud de los diferentes atributos involucrados. Esta información cualitativa se obtuvo del estudio de Mideplan, y estimaciones realizadas en base a información y metodologías disponibles en la literatura (Sectra, 1994; DoT, 1988). Esto fue particularmente necesario en la cuantificación de impactos ambientales. Además, se utilizó apoyo gráfico y referencias a sitios específicos en el área de estudio, con tal que las personas pudieran comprender el sentido de las cifras entregadas. Esto fue de relevancia en el caso del ruido y la contaminación del aire por emisiones.

Hecho lo anterior se procedió aplicar la comparación por pares nuevamente al mismo grupo de personas.

Durante la tercera fase, y final, se proporcionó información cualitativa acerca de los diferentes atributos. Efectos en la salud, la propiedad pública y privada, la pérdida de espacios de entretenimiento, entre otros, fueron mencionados a las personas. La idea fue proporcionar información objetiva acerca de los atributos, evitando introducir sesgos por determinados atributos, o situaciones. Esta última fase se terminó con la aplicación de una tercera ronda de comparación por pares.

En todos los casos se usó la escala de 9 puntos que sugiere Saaty para recoger las preferencias de las personas.

3.4. Los encuestados y la fase de recolección de información

Los encuestados correspondieron a público general, contactado a través de la oficina de organizaciones comunitarias de la Municipalidad de Chiguayante. Todos los encuestados vivían en el área de influencia directa del proyecto, y se verían afectados por éste en alguna medida.

Aunque la opinión de expertos pudo haber sido consultada, se prefirió encuestar gente común para así poder detectar algún cambio radical al proveer diferentes niveles de información.

Las entrevistas se realizaron en casas y centros comunitarios. Dos personas realizaron las entrevistas, secuencialmente en el tiempo, y espacialmente diferenciadas. Aunque hubiera sido deseable combinar espacial y temporalmente a los dos encuestadores, condiciones de borde impidieron realizar esto en esta oportunidad.

Las encuestas se recolectaron en un periodo de 10 días. La duración del conjunto completo de experimentos de comparación, incluyendo las etapas de provisión de información tomó 40 minutos. Las respuestas fueron recolectadas usando lápiz y papel.

Algunas de las entrevistas se hicieron en grupos. En este caso, el entrevistador, además de proveer información al grupo, también cumplió el rol de facilitador. Hubo 5 grupos con 2 personas, 2 grupos con 3 personas, 1 grupo con 8 personas y 1 grupo con 9 personas.

El número total de personas entrevistadas fue de 71. La mayoría de ellas era mayor de 25 años, y en su mayoría no tenía idea, o muy poca idea, acerca del proyecto. Del total entrevistado, 26 resultaron ser hombres y 45 mujeres. Esta diferencia se debe básicamente a la poca disposición de los hombres para responder la encuesta, ya sea en el hogar, o asistir al centro comunitario para ello.

4. RESULTADOS

Una vez que las respuestas a los experimentos de comparación se recolectaron, correspondió el cálculo del vector de pesos. Éstos se calcularon usando el método de los vectores Eigen propuesto por Saaty. También se determinó el indicador de consistencia en las respuestas en el caso de la comparación de tres atributos.

Si bien las respuestas se recolectaron a nivel individual, la agregación de los pesos obtenidos a partir de dichas respuestas se hizo utilizando la media geométrica (Saaty, 1990). La estimación de los pesos se realizó para el total de la muestra, y para segmentaciones de ésta, basados en la ubicación del hogar del encuestado, el sexo de éste y quién recolectó la información. No fue posible realizar una segmentación por ingreso debido a la poca variabilidad de este aspecto en la muestra.

La siguiente tabla muestra los resultados para toda la muestra. La cifra entre paréntesis corresponde al tamaño muestral. I_i indica el nivel de información en la fase i-ésima. IC corresponde al índice de consistencia para la comparación de 3 atributos.

Tabla 2: Pesos para toda la muestra (71)

Criterio o atributo	I ₁	I ₂	I ₃
Económico	0,410	0,272	0,273
Ambiental	0,590	0,728	0,727
Ruido	0,373	0,387	0,386
Intrusión visual	0,227	0,194	0,190
Contaminación del aire	0,400	0,419	0,424
IC	0,0046	0,0064	0,0041

Los resultados muestran que la provisión de información afecta los pesos que se derivan a partir de las preferencias de las personas. En particular, para el criterio ambiental y económico los cambios son más fuertes, que para el caso de los 3 atributos ambientales. Además, el cambio es más importante al pasar del nivel 1 al 2, que del 2 al 3, lo que podría deberse a una suerte de saturación en la recepción de información por parte del encuestado. Así también, las personas asignarían una mayor importancia, al proveer más información, a aspectos que inciden directamente sobre la salud y el ambiente, como son el ruido y la contaminación del aire, respecto a aquellos que sólo afectarían el espacio urbano, como es la intrusión visual. El índice de consistencia (IC) está bastante por debajo del valor máximo sugerido, lo que indicaría consistencia en las respuestas.

Las tablas 3 y 4 contienen los resultados para la segmentación por ubicación del hogar del encuestado. Ubicación 1 corresponde a aquellas personas que no viven cerca, y no transitan por el cruce ferroviario existente en el área de estudio, mientras que ubicación 2 corresponde a aquellos que sí viven y transitan por dicho lugar. Es necesario indicar que una de las alternativas del proyecto consideraba la construcción de un paso sobre nivel en la vía férrea. Además, las personas que viven en la ubicación 1 tienen un mejor nivel de acceso a la red de transporte público en la actualidad, respecto a aquellas que viven en la otra ubicación.

Tabla 3: Pesos para ubicación 1 (42)

Criterio o atributo	I1	I2	I3
Económico	0,325	0,235	0,235
Ambiental	0,675	0,765	0,765
Ruido	0,355	0,341	0,343
Intrusión visual	0,242	0,215	0,214
Contaminación del aire	0,403	0,444	0,443
IC	0,0032	0,0068	0,0052

Tabla 4: Pesos para ubicación 2 (29)

Criterio o atributo	I1	I2	I3
Económico	0,542	0,332	0,334
Ambiental	0,458	0,668	0,666
Ruido	0,399	0,457	0,451
Intrusión visual	0,207	0,165	0,157
Contaminación del aire	0,394	0,378	0,392
IC	0,0071	0,0059	0,0026

Dado un análisis transversal de los resultados, para una ubicación específica, se observa que el mismo comportamiento obtenido para la muestra total se tiene acá: cambios en los niveles de información de las personas afectarían la importancia relativa que éstas asignan a los atributos y criterios.

Al comparar los pesos por ubicación, dado un nivel de información, se observa una diferencia importante en los ponderadores, dependiendo del lugar donde viva el encuestado. Los pesos resultan diferentes tanto en la comparación de los 2 criterios, así como de los 3 atributos. Esta diferencia podría deberse a las características de cada zona, en cuanto a niveles de tránsito, nivel socioeconómico, etc.

La segmentación por sexo se reporta en las tablas 5 y 6. Como se indicó anteriormente, la existencia de más mujeres que hombres se debió básicamente a la poca disposición de estos últimos en responder las encuesta. Las diferencias en los pesos por sexo podrían deberse al hecho de que las mujeres están más expuestas al ruido y otros efectos ambientales, dadas las actividades que desarrollan fuera del hogar en horas de alto flujo vehicular. Esto las hace más sensibles a estos aspectos que los hombres.

Tabla 5: Pesos para hombres (26)

Criterio o atributo	I1	I2	I3
Económico	0,288	0,217	0,217
Ambiental	0,712	0,783	0,783
Ruido	0,324	0,323	0,334
Intrusión visual	0,280	0,243	0,239
Contaminación del aire	0,396	0,434	0,427
IC	0,0154	0,0214	0,0128

Tabla 6: Pesos para mujeres (45)

Criterio o atributo	I1	I2	I3
Económico	0,488	0,308	0,309
Ambiental	0,512	0,692	0,691
Ruido	0,401	0,425	0,417
Intrusión visual	0,200	0,169	0,164
Contaminación del aire	0,399	0,406	0,419
IC	0,0012	0,0018	0,0013

Las tablas 7 y 8 contienen la segmentación por encuestador.

Tabla 7: Pesos para encuestador 1 (36)

Criterio o atributo	I1	I2	I3
Económico	0,367	0,242	0,242
Ambiental	0,633	0,758	0,758
Ruido	0,343	0,325	0,324
Intrusión visual	0,237	0,217	0,213
Contaminación del aire	0,420	0,458	0,463
IC	0,0079	0,0293	0,0250

Tabla 8: Pesos para encuestador 2 (35)

Criterio o atributo	I1	I2	I3
Económico	0,457	0,306	0,308
Ambiental	0,543	0,694	0,692
Ruido	0,405	0,455	0,454
Intrusión visual	0,216	0,170	0,165
Contaminación del aire	0,379	0,375	0,381
IC	0,0021	0,0002	0,0011

En ambos casos se observa que la introducción de nueva información afecta los pesos asignados a los atributos, aunque la magnitud de los pesos tendría cierta variación dependiendo de quién recolectó la información. Como se indicó anteriormente, condiciones exógenas impidieron combinar las variables Ubicación con Encuestador, implicando que cada uno de los encuestadores se concentrara en áreas específicas. Por lo tanto, no es evidente si las diferencias a nivel de encuestador se debían específicamente al encuestador, o a la ubicación donde se realizó la encuesta. De hecho, al comparar las tablas 3 y 4, con las tablas 7 y 8, se observa que la tendencia y magnitud en los pesos es similar.

5. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Este estudio ha mostrado que uno de los axiomas en que se sustenta el AHP no sería completamente válido cuando el problema de decisión tiene involucradas variables cuantitativas, cuyo monto depende de las alternativas en estudio y, cuya importancia se asocia a la información que poseen las personas. Este trabajo empírico ha demostrado que los pesos que se obtienen a partir del método de comparación por pares dependen, en cierta medida, de la información que poseen los individuos respecto a la magnitud de dichos atributos y su efecto en la población o el sistema físico.

Diferencias en los pesos debido a la provisión de información se observaron al discriminar por sexo y ubicación del encuestado, y por quien realiza la encuesta, aunque esto último resulta menos claro debido a la interacción de esta variable con la variable ubicación.

Debido a que el método para derivar los pesos (la comparación por pares en particular) no se basa en aspectos estadísticos, no fue posible aplicar algún test que permitiera valorar adecuadamente cuan diferentes son los pesos obtenidos para diferentes niveles de información, y si los pesos obtenidos por segmentaciones de la muestra son iguales o diferentes entre segmentos.

Independiente de como se segmente la muestra, es claro que el método clásico sugerido por Saaty para obtener los pesos, en su esencia, podría conducir a decisiones equivocadas. La dependencia implícita entre las alternativas bajo estudio, los atributos y criterios que describen el problema de decisión y las percepciones de las personas se necesitan explicitar. En esta dirección, la metodología sugerida por Tudela (1998) es viable en cuanto al uso de funciones de utilidad que involucren los elementos asociados a cada nido. Además, este método permitiría introducir elementos de inferencia estadística en la formulación original de Saaty, facilitando la comparación estadística entre pesos, y determinando la precisión del ordenamiento de las alternativas después de colapsar las jerarquías.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por Fondecyt, a través del proyecto 1000399.

REFERENCIAS

- Asenjo, R. (2001) **Análisis del Papel de la Información en la Evaluación de Proyectos Utilizando Métodos Multicriterio.** Memoria Ingeniero Civil Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Concepción. Concepción. Chile
- DoT (1988) **Calculation of Road Traffic Noise.** Department of Transport. HMSO. Londres
- Keeney, R. y H. Raiffa (1993) **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs.** Cambridge University Press. Cambridge
- Martínez, E. y M. Escudey (1998) **Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias.** Editorial Universidad de Santiago. Santiago
- Mideplan (1997) **Mejoramiento eje O'Higgins - Concepción.** Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte. Ministerio de Planificación y Cooperación. Santiago. Relizado por Testing Limitada
- Mikhailov, L. (2000) A fuzzy programming method for deriving priorities in the Analytic Hierarchy Process. **Journal of the Operational Research Society.** 51. 341-349
- Pérez, J. (1995) Some comments on Saaty's AHP. **Management Science.** 41. 1091-1095
- Renn, O., T. Webler, H. Rakel, P. Dienel and B. Johnson (1993) Public participation in decision making: a 3 step procedure. **Policy Science.** 26. 189-214
- Saaty, T.L. (1977) A scaling method for priorities in Hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology.** 15. 234-281
- Saaty, T.L. (1986) Axiomatic foundation of the Analytic Hierarchy Process. **Management Science.** 32. 841-855
- Saaty, T.L. (1990) **Multi-criteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process.** AHP Series Vol. 1. RWS Publications. Pittsburgh
- Saaty, T. y L. Vargas (1994) **Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments.** RWS Publications. Pittsburgh
- Sectra (1994) Manual para la Evaluación Social de Proyectos. Ministerio de Planificación y Cooperación. Santiago
- Sectra (2000) Análisis Red Vial Básica del Gran Concepción, II Etapa. Ministerio de Planificación y Cooperación. Santiago. Realizado por INTRAT S.A

Tsamboulas, D. y K. Panou (1999) Use of multi criteria methods for assessment of transport projects. **Journal of Transportation Engineering**. 125. 407-414

Tudela, A. (1998) Un enfoque multi criterio para evaluar el nivel de sustentabilidad de inversiones en transporte. **Actas del 10 Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte**. Santander. 195-205

Weber, M. (1997) Remarks on the paper "On the measurement of preferences in the Analytic Hierarchy Process", by A.A. Salo and R.P. Hämäläinen. **Journal of Multi criteria Decision Analysis**. 6. 320-321