

8 EXTENSIONES Y CONCLUSIONES

8.1 Manejo de Grupos y Procesos Participativos

8.1.1 Introducción

La mayoría de los procesos de toma de decisiones en general y de asignación de recursos en particular, se realiza con la participación de diversas personas, normalmente seleccionadas para representar instituciones o puntos de vista (esquema de participación ciudadana) o por su conocimiento en el tema.

La dinámica del proceso de asignar fondos entre un conjunto de alternativas tiene algunas singularidades derivadas de la participación de varias personas que son revisadas a continuación.

8.1.2 Documentación

La participación de varias personas implica inmediatamente la necesidad de asegurar que en las distintas instancias, todos compartan las mismas definiciones y entendimientos. Teniendo en cuenta que la memoria individual y colectiva es limitada, la actividad de registrar los principales aspectos del proceso es vital. Permitirá al equipo poder recuperar y reconstruir los comentarios, definiciones y acuerdos tomados durante el proceso, y entregar a un lector independiente la visión global del contexto y elementos que respalden o por los cuales se deriven las soluciones planteadas.

En casos de proyectos más largos en duración, donde por las agendas individuales de los participantes las reuniones de trabajo son espaciadas (semanalmente, por ejemplo), la documentación permite calibrar los focos y propone un punto de partida para cada sesión. Además es de gran ayuda cuando se producen cambios entre los participantes a lo largo del proceso.

El rol de *documentador* puede asignarse en forma rotativa entre los asistentes, y permitir una revisión final para asegurar que las redacciones/explicaciones son adecuadas y pertinentes.

La cultura y costumbres de la institución determinarán el nivel de detalle requerido de aplicación del AHP apropiado para cada caso. Es esperable que la documentación esté organizada según la misma estructura de esta Guía Metodológica y haga mayor hincapié en las razones que derivaron en la distribución de los pesos de los modelos, especialmente aquellos de nivel estratégico.

8.1.3 Agregación de Juicios

Uno de los elementos más importantes en los procesos grupales de toma de decisión (o eventualmente de participación ciudadana), es cómo llevar a cabo la agregación de las percepciones de los distintos participantes, de manera tal de mantener los conceptos de pluralismo y consenso, en principio antagónicos, en armonía. El consenso no debe ser a costa del pluralismo, pues este caso conlleva a la dictadura de la mayoría y perder la información de la disidencia.

Existe una fuerza en los números dice el dicho. Cuando un grupo de individuos toma una decisión, esa decisión conlleva mucha más fuerza que cuando la hace una persona sola. Considérese por ejemplo la gravedad, una fuerza universal, construida a partir de la agregación de un enorme número de partículas minúsculas, que tomadas individualmente apenas se notan, pero que puestas juntas, conforman una ley universal

de la que nadie puede escapar. Así es como nuestra mente trabaja, decidiendo en conjunto, para crear una fuerza que trascienda nuestra individualidad. Los procesos de toma de decisión participativos, son un regalo y una oportunidad que nos da la naturaleza para crear grandes fuerzas a través del trabajo conjunto de muchas mentes¹.

Cuando se trabaja con grupos de especialistas/participantes en los procesos de toma de decisión, puede ocurrir que durante el proceso de expresión de las preferencias por comparaciones a pares, no todos estén de acuerdo con las preferencias entregadas.

Por ejemplo, si en un grupo de 3 personas (P1, P2, P3), la emisión de juicios respecto a una comparación dada es la siguiente: P1= 3, P2=5, P3=7, ¿Qué valor se debe poner en la matriz de comparaciones a pares para esta celda en la matriz de comparaciones a pares?

La primera opción es buscar un consenso entre los 3 decisores, solicitándole a cada uno que fundamente su respuesta y que los otros 2 escuchen dicho fundamento. Es posible que de esta forma se logre un acuerdo (o al menos se acerquen las posiciones), pero siempre cabe la posibilidad que no se logre el consenso, bien porque los fundamentos entregados por una de las partes no convencen a la otra, o porque los fundamentos son buenos en las diferentes opiniones. Entonces, se requiere un esquema que no obligue al consenso (el consenso no puede ser a costa del pluralismo), y que incluya una de las condiciones básicas de las organizaciones sociales, esto es: el concepto de reciprocidad

La reciprocidad es un concepto muy arraigado en todas las sociedades con cierto nivel de organización y desarrollo, donde cada quien hace su labor específica, esperando que el otro haga lo propio, para que el sistema como un todo, siga operando y respondiendo a las necesidades individuales y grupales. Tan fuerte es este principio, que las sociedades que se dejan libres en su esquema de producción de bienes y servicios, tienden de forma natural a generar los equilibrios de oferta y demanda necesarios para su funcionamiento.

Las Funciones Matemáticas de Combinación e Integración

Típicamente se consideran las funciones de promedio como operadores matemáticos capaces de integrar datos (juicios) de diferentes personas para una misma comparación. Los más habituales son: el promedio aritmético (media aritmética) y el promedio geométrico (media geométrica).

1.- *La Media Aritmética (Xa)*, corresponde a la suma de las lecturas obtenidas para un mismo dato, dividido por el número de lecturas realizadas, cuya representación algebraica es: $Xa = (\sum_i a_i) / n$.

Es importante notar que los datos utilizados deben estar contenidos en un espacio con una **métrica cardinal proporcional**, donde la operación de suma esté bien definida. Normalmente corresponde a algún tipo de medida convencional (distancia, tiempo, energía, etc.). Esta función de media aritmética no es aplicable a escalas de intensidades no lineales, como por ejemplo son las respuestas a estímulos. La media aritmética, en general no es recíproca, (no es capaz de contener el axioma N°1 de reciprocidad del AHP), lo que invalida su uso para la construcción de escalas de medida a menos que

¹ Group Decision Making: Thomas L. Saaty, Kirti Penawaty (USA, 2008)

sean estrictamente lineales (casos particulares y muy poco frecuentes, dada la experiencia de los autores).

En el ejemplo de las 3 personas expuesto anteriormente, ($P_1=3$, $P_2=5$, $P_3=7$), todos deben estar en la misma escala fundamental (en este caso la escala fundamental de Saaty), para que su operación numérica sea válida (Capítulo 2, punto 2.2).

La media aritmética de sus respuestas es: $X=(3+5+7)/3=5$.

Sin embargo, la media aritmética de los recíprocos es: $(1/3+1/5+1/7)/3=0.225 < 1/5$. Por lo tanto, no se cumple el principio de la reciprocidad, elemento esencial en procesos de toma de decisión representativos y pluralistas (capaces de considerar las diversas posiciones) y, al mismo tiempo, útil para la construcción de escalas no lineales. Se debe considerar que aunque se trate de datos “duros” (levantados en terreno), la decisión sigue siendo una percepción e interpretación sobre esos datos, por lo que, los procesos de negociación (*trade-off*) entre las partes también requieren del concepto de reciprocidad para su correcta aplicación.

2.- La Media Geométrica (X_g), corresponde a la raíz n-ésima de la *pitatoria* o multiplicación de las lecturas obtenidas, donde “n” es el número de lecturas obtenidas y cuya representación algebraica es: $X_g = (\prod_i a_i)^{(1/n)}$.
(si son 2 juicios, raíz cuadrada de la multiplicación de los 2 juicios; si son 6 juicios, raíz sexta de la multiplicación de los 6 juicios)

En el ejemplo anterior de opiniones diferentes ($P_1=3$, $P_2=5$, $P_3=7$) se obtiene: $X_g=(3 \times 5 \times 7)^{(1/3)} = 4.72$, cuyo recíproco es: $((1/3) \times (1/5) \times (1/7))^{(1/3)} = 0,212$, que corresponde exactamente al recíproco del valor inicial, esto es: $1/(4,72) = 0,212$

Es decir, en casos de situaciones de diferentes percepciones de importancia entre dos elementos que están siendo comparados (dentro de la matriz de comparaciones a pares), el mecanismo para derivar el juicio de los participantes respetando dicha diversidad, **es la media geométrica**.

La media geométrica sí obedece el principio de reciprocidad, lo que permite su uso como parte del proceso de construcción de escalas de medida más complejas (no lineales) y que corresponde a la gran mayoría de los casos reales. Asimismo, permite la correcta combinación de las percepciones/juicios de los decisores frente a un mismo estímulo para la obtención de los niveles de importancia de los criterios, ya que es la única función que respeta las condiciones de: simetría, acuerdo, homogeneidad, reciprocidad y separabilidad de forma simultánea².

8.1.4 Medida de la Compatibilidad de Resultados entre Participantes

Otro de los elementos relevantes en los procesos grupales de decisión es el disponer de un indicador de medida para el reconocimiento de los diversos patrones de conducta, y por esta vía, medir el grado de alineamiento, acuerdo, o compatibilidad existente entre las partes. Como se verá a continuación, la construcción de este indicador debe considerar el hecho que las preferencias de los participantes están intrínsecamente unidas a las importancias (intensidades de preferencia o pesos), que ellos dan a las distintas variables en juego: los criterios de decisión.

² Group Decision Making: Thomas L. Saaty, Kirti Penawaty (USA, 2008).

Un elemento interesante de poder evaluar en un proceso de trabajo en grupo, es saber cuán cerca (o lejos) se halla la posición de una persona en particular, respecto de la respuesta del grupo como un todo. Este concepto de distancia o compatibilidad entre una persona cualquiera y el grupo, puede ser medido a través del índice de compatibilidad para vectores de prioridad, denominado como Índice de Compatibilidad Gravitatorio Garuti, (ICGG). Para llevar a cabo esta tarea, es necesario combinar las funciones de media geométrica, con la del cálculo del índice de compatibilidad ICGG, para ver cuán alineado está cada decisor respecto del valor combinado, y así poder ver que persona o grupo de personas están más en línea con el pensamiento del grupo. Realizando este ejercicio en forma regular, es posible buscar los consensos y al mismo tiempo mantener el pluralismo, midiendo las convergencias o divergencias de cada individuo respecto del grupo.

En situaciones donde cada participante entrega su propio vector de prioridades, estos vectores pueden ser combinados a través del uso de la media geométrica para derivar una solución combinada o compuesta.

El índice de compatibilidad ICGG puede ser usado para medir la desviación o grado de alineamiento de un participante respecto de la solución entregada por el grupo. Cuando aparece una desviación o incompatibilidad individual significativa respecto del grupo (superior al 10%), se puede conducir un debate focalizado en los elementos o criterios que producen la diferencia, evitando discusiones bizantinas producto del desconocimiento de la verdadera distancia que separa las posiciones entre las partes (como ejemplo, revisar el punto 3.6.5 de este Documento). Este esquema permite al grupo entender si el individuo tiene realmente información adicional relevante a ser considerada por el resto del grupo, o está sólo produciendo “ruido” al sistema.

Esta aproximación, utilizada de forma regular en las sesiones de trabajo, provee de un formato de “sintonía fina” para el cálculo de las prioridades, produciendo una respuesta global que realmente involucra y representa las prioridades y deseos del grupo como un todo.

Incluso en grupos más grandes, partiendo del principio presentado por Surowiecki³, donde el grupo en general posee una respuesta mejor que cada individuo en particular (excluyendo la situación en que un individuo posea información privilegiada), este esquema puede servir también para desconsiderar respuestas que, siendo consistentes individualmente ($IC > 90\%$), no están alineadas con la respuesta del grupo ($ICGG < 90\%$), mejorando el alineamiento y por ende, la representatividad de los valores del vector de prioridades final obtenido por media geométrica, respecto de lo esperado por el grupo. Este proceso debe hacerse, en lo posible, después de revisar con el individuo cuya respuesta está desalineada, el por qué de su respuesta, revisando sus juicios comparativos más importantes.

El siguiente ejemplo ilustra este concepto para un grupo de 3 personas y una matriz de siete criterios a ser priorizados (matriz de 7×7), extractado de un caso real. Se tienen 7 visiones diferentes para ordenar criterios estratégicos o de alto nivel como son: Desarrollo social, ordenamiento espacial, economía, ambiente, investigación, política institucional, cultura y manejo de riesgos según el siguiente modelo:

³ James Surowiecki, Cien mejor que uno Random House, (USA, 2004)

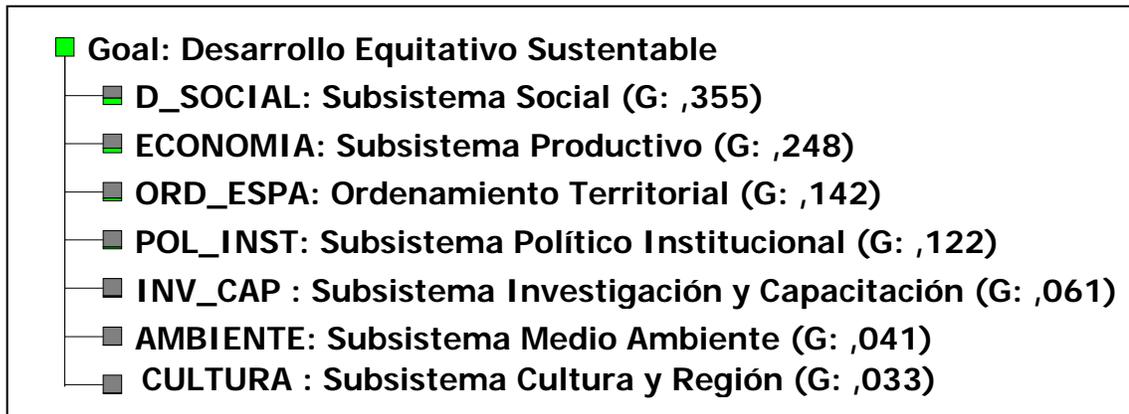


Figura 8.1: Modelo con los pesos globales finales

El vector de prioridades combinado (por media geométrica) Vp_c , ordenado de mayor a menor y con su índice de consistencia IC_c es:

$$Vp_c = \{35,5; 24,8; 14,2; 12,2; 6,1; 4,1; 3,3\} (\%)$$

$$IC_c = 96\% \text{ (4\% de inconsistencia } < 10\% \rightarrow \text{ vector de prioridades consistente).}$$

Por otro lado, para cada persona se puede obtener su propio vector de prioridades $(Vp)_i$ e índice de consistencia $(IC)_i$ y, su propio indicador de compatibilidad $(ICGG)_i$, respecto al grupo, según la siguiente tabla:

$Vp_1 = \{33,2; 26,1; 13,8; 11,8; 5,5; 5,0; 4,6\}; IC_1 = 91\% > 90\%; ICGG_{1g} = 93\% > 90\%$ $Vp_2 = \{35,5; 22,0; 17,8; 10,9; 6,5; 4,5; 2,9\}; IC_2 = 95\% > 90\%; ICGG_{2g} = 92\% > 90\%$ $Vp_3 = \{35,4; 24,0; 10,5; 15,9^1; 6,9; 4,7; 2,5\}; IC_3 = 97\% > 90\%; ICGG_{3g} = 91\% > 90\%$

Tabla 8.2: datos de los juicios de tres individuos

Notas:

1.- Aún habiendo inversiones de ranking (órdenes distintos, producto de las coordenadas marcadas en rojo de Vp_3), esto no necesariamente altera los procesos de consistencia y compatibilidad, demostrando una vez más, que la métrica cardinal proporcional es una herramienta mucho más poderosa que la ordinal (**el orden no produce medida**).

2.- El índice de compatibilidad gravitatorio Garuti, $ICGG$ es calculado como:

$$ICGG = \sum_i \left\{ \frac{(Vp_i + Vp_{ji})}{2} \cdot \frac{\text{Min}(Vp_i, Vp_{ji})}{\text{Max}(Vp_i, Vp_{ji})} \right\} \quad (\text{Valores normalizados y en decimales}).$$

Que se lee como: punto a punto, pondere el promedio de las coordenadas de los vectores de prioridad por su proyección en el hiperplano, y sume sobre todos los puntos.

En general se tiene que, valores menores al 90% de compatibilidad (10% de incompatibilidad o más), representan un grado de compatibilidad bajo, es decir, ya no pueden considerarse vectores compatibles ni representan posiciones cercanas o alineadas.

$ICGG \geq 90\%$ ⁴ → Vectores Compatibles.

Los valores de la tabla 8.2, indican que la compatibilidad de cada uno de los participantes con el grupo es buena, suficiente como para considerarlas posiciones cercanas o compatibles, por lo cual cualquier discusión (de haberla) sería matemáticamente superflua.

Notar también que la persona con mayor consistencia (97%) no necesariamente es la de mayor compatibilidad (91%) con el grupo. Consistencia y compatibilidad son dos conceptos distintos, si bien la primera es condición necesaria para que tenga sentido hablar de la segunda.

De cierta forma, la consistencia es un tipo de compatibilidad medida de forma intrapersonal; es decir, mide el grado de compatibilidad con respecto a uno mismo, mientras que la compatibilidad como tal, es medida de manera interpersonal, mide la cercanía, o si se quiere, el alineamiento que existe entre las posiciones de las diferentes partes o personas involucradas en el proceso de decisión.

8.1.5 Consideraciones Generales

Para poder lograr acuerdos o consensos, que contengan el pluralismo de las opiniones, es relevante el poder **medir** la cercanía de las posiciones entre las partes. Por lo tanto, cómo medir la distancia (compatibilidad), así como, la definición de un umbral confiable, son factores claves para establecer si dos posiciones se hallan cercanas o no.

Pero, el medir distancias en el mundo de la toma de decisión, es un proceso de evaluación algo distinto al proceso de medir distancia tradicional al que la mayoría de las personas está acostumbrado, puesto que la topología ordinal (utilizada en los procesos de toma de decisión), difiere de la idea de cercanía de la topología tradicional, utilizada en ingeniería y física. En este caso, se debe considerar que se está trabajando con números y vectores que representan juicios y preferencias y en última instancia: prioridades. Esto significa que el espacio de trabajo es un espacio curvo (con peso).

En el espacio de los procesos de toma de decisión participativos, las coordenadas no son sólo números, ellas representan intensidades de preferencias (pesos), lo que impacta en el cálculo de las distancias.

Por ejemplo, cabe preguntarse, ¿qué situación es más compatible?, dos posiciones que comparten una coordenada que representa una prioridad alta o dos posiciones que comparten una coordenada asociada a una menor prioridad ?

El poder resolver que situación es realmente más compatible, ayudará primero en el proceso de negociación entre las partes (la búsqueda de consensos), y en segundo lugar, en el proceso de agregación de las preferencias tal que la preferencias individuales finales, estén lo más alineadas posible con la preferencia global final.

Una forma de explicar geoméricamente este efecto de curvatura producto de las coordenadas con peso (intensidades de preferencias), se halla en la figura 8.3.

Al principio se tiene un espacio plano, donde las coordenadas que permiten evaluar la compatibilidad de dos individuos son reflejadas en los vectores V_1 y V_2 , y se evalúa su distancia D (como un indicador de cercanía o compatibilidad entre ellos).

⁴ Este valor se obtiene calibrando el modelo en espacios de coordenadas con y sin peso. Paper presentado al ISAHP2007, C. Garuti (Chile, 2007).

Al introducir una coordenada de gran valor en uno de los vectores, (coordenada de alto peso), cambia la geometría del espacio de trabajo, es decir, rediseña el espacio haciendo que la medida de cercanía D también varíe. Como consecuencia, lo que pudo considerarse cercano en el espacio inicial (espacio sin curvatura o pesos similares), puede ya no serlo en el modificado (espacio curvo o con peso diferenciados). Aún más, en situaciones extremas, este efecto de rediseño puede generar una singularidad. Esto último sucede cuando la razón entre las prioridades (coordenadas), de V_1 y V_2 resulta muy grande.

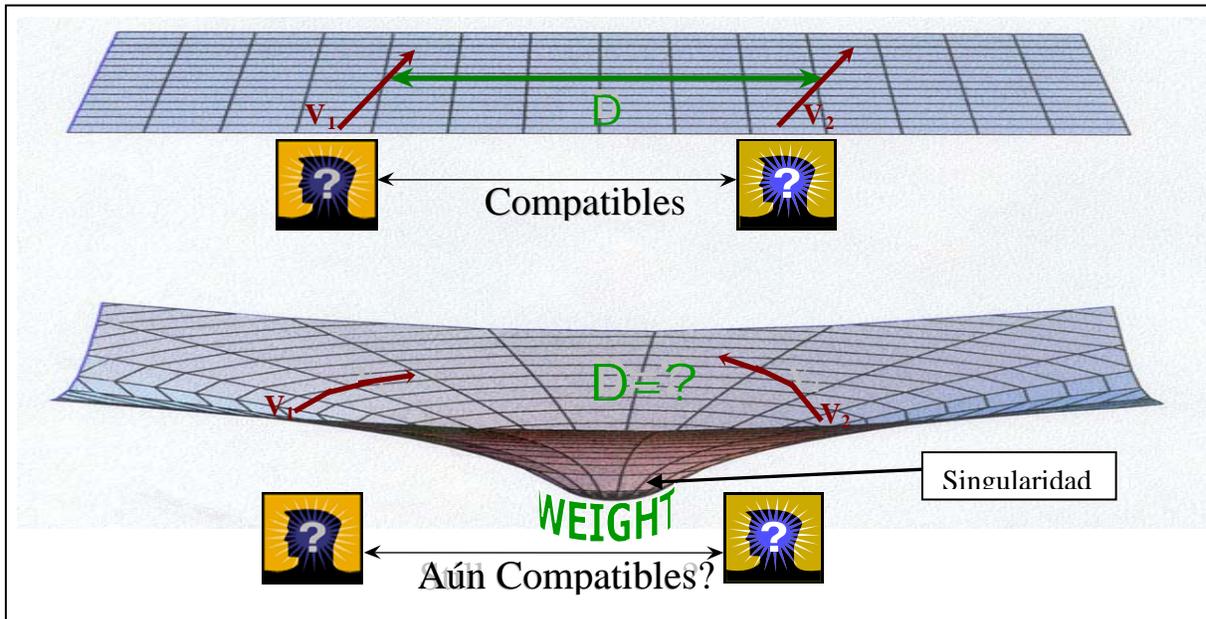


Figura 8.3: Representación geométrica de la compatibilidad medida en ambientes, sin y con peso

Es importante hacer notar que este índice de compatibilidad debe ser capaz de mantenerse estable en cualquier situación (aún en presencia de una singularidad), midiendo distancia en espacios con coordenadas con y sin pesos diferenciados. En estos espacios la dirección del cambio si importa, es decir, avanzar en un eje coordenado (un criterio dado) es diferente al mismo avance en otro eje cualquiera (otro criterio), y su interpretación en términos de compatibilidad, será en relación directa con la importancia de esos criterios, medido por el índice de compatibilidad ICGG.

8.2 ¿ Cuántas Comparaciones ?

Como se ha visto, el concepto de hacer comparaciones entre elementos y derivar luego los pesos de una matriz con dichas comparaciones a pares, es el "corazón" de la metodología propuesta. La estructura de los modelos determina el número de matrices de comparaciones a pares que se generan y resuelven. Si bien, como se mencionó en el capítulo 7, será un software de apoyo quien proveerá los pesos de los componentes y el índice de consistencia del proceso, el paso final sobre cada matriz de comparaciones a pares **siempre** es verificar que la distribución de los pesos sea adecuada y la inconsistencia esté dentro de un rango máximo del 10%, exigiéndose una mayor

consistencia en la medida que el número de objetos que se comparan sea menor (matrices pequeñas).

El número de matrices de comparaciones a pares de un modelo está definido por el número de subárboles (nodos que se descomponen) y por el número de criterios terminales de cada modelo.

La tabla 8.2 a continuación dimensiona el número de matrices de comparaciones a pares de un par de problemas diferentes.

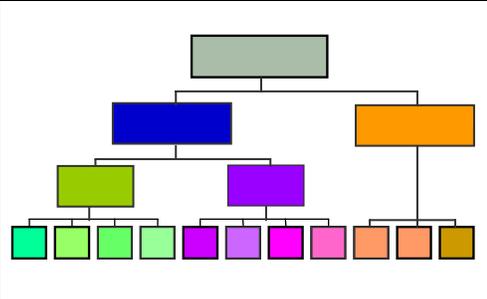
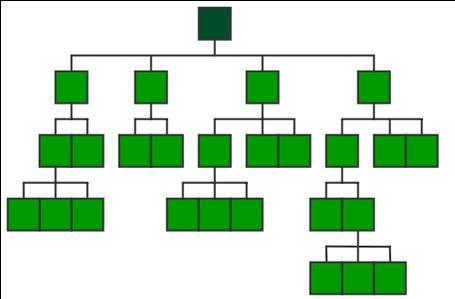
		
Niveles del modelo	5 = 4 + 1 de alternativas o escalas de intensidad	6 = 5 + 1 de alternativas o escalas de intensidad
Criterios estratégicos	2 = criterios estratégicos	4 = criterios estratégicos
Criterios terminales	11	17
Criterios intermedios	2 = 15 - 2 - 11	4 = 25 - 4 - 17
Número de matrices de comparaciones, (sin considerar las alternativas).	5	9
Número de matrices de comparaciones entre alternativas (RM) o por escalas de intensidad (AM)	11 = criterios terminales	17 = criterios terminales
Total de matrices de comparaciones a pares	16 = 5 + 11	26 = 9 + 17

Figura 8.4: Dimensionando el número de matrices de comparaciones

El número de comparaciones a pares dentro de una matriz está condicionado por su dimensión. En general, una matriz de comparaciones a pares de n elementos, requiere de $n*(n-1)/2$ comparaciones a pares, ya que gracias a la reciprocidad, basta con resolver la “zona sobre la diagonal” de cada matriz.

El incremento del número de comparaciones a pares es sustantivo cuando se alcanzan descomposiciones de 6 ó más subcriterios. La tabla 8.5 a continuación resume el número de comparaciones en función de la cantidad de elementos en la matriz (por ejemplo: subcriterios que dependen del mismo padre, niveles de intensidad, número de alternativas) .

Número de elementos	Comparaciones a pares en la matriz
2	1
3	3
4	6

5	10
6	15
7	21
8	28

Tabla 8.5 N° de comparaciones en función del tamaño de la matriz

La tabla 8.6 a continuación destaca el efecto que la modelación tiene sobre el número de comparaciones a pares a efectuarse sobre un problema con 2 modelos alternativos, sin considerar el manejo de alternativas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que: el modelamiento debe estar en primer lugar orientado a capturar la relación correcta de los criterios, más que al esfuerzo asociado a alimentarlo.

Generar niveles intermedios puede ser de ayuda para evitar criterios con “muchos hijos”, siempre y cuando no distorsione las relaciones entre los componentes y el modelo como un todo. Este enfoque ayuda también para mantener una buena homogeneidad entre los criterios (axioma N°2), y por ende, una mejor consistencia entre las comparaciones.

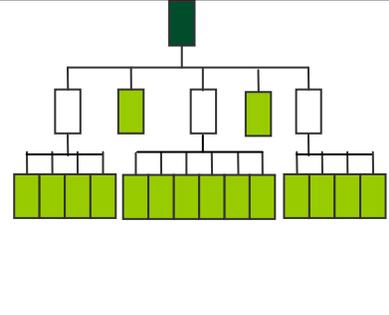
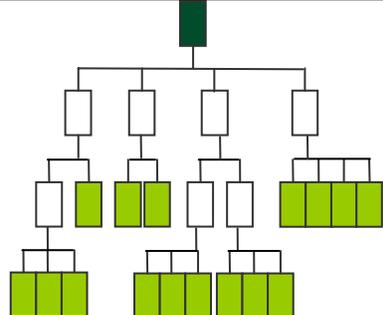
		
Criterios estratégicos	3	4
Criterios terminales	16	16
Criterios intermedios	0	3
Número total de matrices de comparaciones (sin considerar las alternativas).	$4 + 16 = 20$	$8 + 16 = 22$
Número de comparaciones a pares, (sin considerar las matrices de alternativas o escalas de intensidad).	$5*4/2 + 4*3/2 + 6*5/2 + 4*3/2$ $= 10 + 6 + 15 + 6$ $= 37$	$4*3/2 + 1 + 1 + 1 + 4*3/2 + 3*2/2 + 3*2/2 + 3*2/2$ $= 6+1+1+1+6+3+3+3$ $= 21$

Tabla 8.6: Efecto del modelamiento sobre el número de comparaciones a pares

La tabla 8.6 anticipa que en escenarios de toma de decisión con múltiples participantes la búsqueda de consensos o acuerdo sobre valores de prioridades obtenidos en cada matriz es importante y se requiere de un conductor (facilitador) del proceso con experiencia en manejo de grupos y sus relaciones. Sin embargo, nuevamente es importante enfatizar que los participantes deben ser convocados a proporcionar sus juicios de opinión en los niveles de decisión que realmente les compete. En pocos casos, los mismos participantes intervendrán en todas las matrices del problema, ya que es poco frecuente que una misma persona sea especialista en los múltiples y diversos campos contenidos en problemas no académicos.

Sin embargo, aún así pueden producirse situaciones donde es válido preguntarse si conviene o es necesario completar todas las comparaciones de una cierta matriz.

Teóricamente hablando, de un conjunto de n elementos, basta hacer $n-1$ ⁵ comparaciones a pares entre ellos para estar en condiciones de derivar por proporcionalidad, los pesos relativos de los n elementos.

Este enfoque reduce las comparaciones significativamente y genera consistencia total en los resultados, pero tiene un riesgo importante: implica tácitamente un profundo conocimiento de los elementos y sus relaciones, lo cual no suele darse a menudo en la práctica, y menos aún cuando se manejan criterios de tipo cualitativo. La redundancia asociada a las comparaciones “adicionales” permite analizar otras relaciones entre las partes (otros caminos dentro del sistema), y proporciona información relevante que normalmente modifica las prioridades que derivan de completar la primera fila de comparaciones a pares.

Una extensión del AHP desarrollada por el PhD. Patrick Harker contempla la matemática necesaria para asegurar la convergencia y resultados en situaciones en que no se completan todas las comparaciones dentro de una matriz. Normalmente los productos de Software dedicados a AHP incluyen el manejo de estas situaciones y su impacto en los índices de consistencia.

El número de comparaciones a ingresar en la matriz de n elementos fluctúa entonces entre $n-1$ y $n(n-1)/2$. Bajo el supuesto de información de calidad (juicios informados), una mayor cantidad de información (mayor número de comparaciones a pares), tiende a generar valores de proporciones más confiables que con un ingreso bajo o mínimo de información. En este sentido, la redundancia de las comparaciones a pares se asemeja a las mediciones redundantes sobre objetos físicos para determinar “exactamente” su longitud, peso, etc. La teoría de errores indica que una medición por sí sola es insuficiente “poco confiable”.

El equipo de trabajo deberá determinar para matrices asociadas a criterios de bajo peso si todas las comparaciones son estrictamente necesarias, o detener el proceso cuando se haya completado un número “razonable” de comparaciones. En general, no es bueno utilizar el número mínimo de comparaciones. Sin embargo, hay ocasiones cuando el criterio es de tipo cuantitativo, donde la utilización de información física asociada al criterio es la que proporciona las comparaciones, y por lo tanto, podría justificarse. Son normalmente situaciones más bien asociadas a las alternativas que a los criterios.

Como norma general, en el caso de realizar un número menor de comparaciones se recomienda hacer aquellas que se hallan sobre la diagonal principal de la matriz, y de ser posible, continuar con la diagonal inmediatamente superior.

Notar también, que una comparación puede no realizarse por no tener información confiable respecto a ella; en general será siempre mejor dejar una comparación sin hacer, que emitir un juicio sin conocimiento o mínimo de certeza. (Es mejor dejar el espacio en blanco que ocuparlo con “ruido”).

⁵ Nota: $n-1$ es el número mínimo de conexiones necesarias para tener un sistema de n variables conectado.

8.3 Extensiones del AHP

A partir de la metodología base desarrollada por el PhD Thomas L. Saaty a fines de la década de los 70, se han introducido numerosas extensiones, algunas de las cuales ya se han indicado en esta Guía Metodológica. Entre ellas, figura la medida absoluta y el manejo de matrices incompletas de comparaciones a pares.

Hay muchas otras extensiones. La más importante de todas es el manejo de redes o modelos donde las relaciones de dependencia o interrelación entre las partes no se pueden representar mediante estructuras jerárquicas, sino por redes relacionales retroalimentadas, y que se denomina Analytic Network Process (ANP).

8.3.1 Analytic Network Process (ANP)

Esta extensión, libera el Axioma N°3 del AHP y amplía la aplicabilidad de la metodología, donde ninguna otra metodología multicriterio de toma de decisiones hoy tiene sustento matemático para dar apoyo al decisor. Los beneficios del uso del ANP son muy amplios en términos de representar con más precisión el comportamiento del mundo real y las interrelaciones entre los factores presentes en un modelo, pudiendo proporcionar resultados de mayor calidad y un marco de análisis mucho más rico para decisiones a futuro.

A continuación las figuras 8.7 y 8.8, muestran de forma esquemática la diferencia existente entre modelar un problema con AHP y ANP.

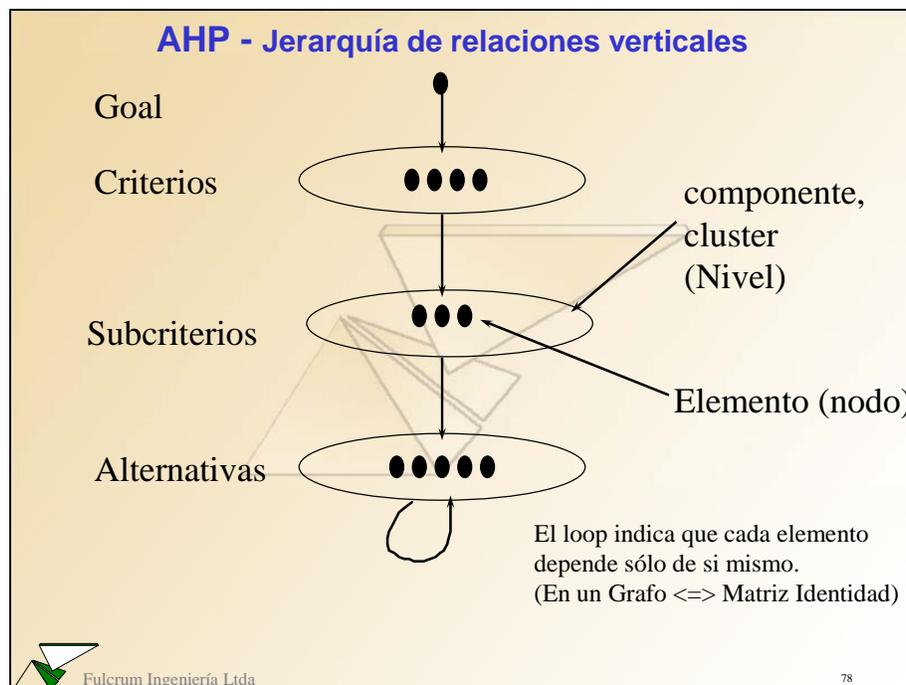


Figura 8.7: Esquema de Modelo Jerárquico

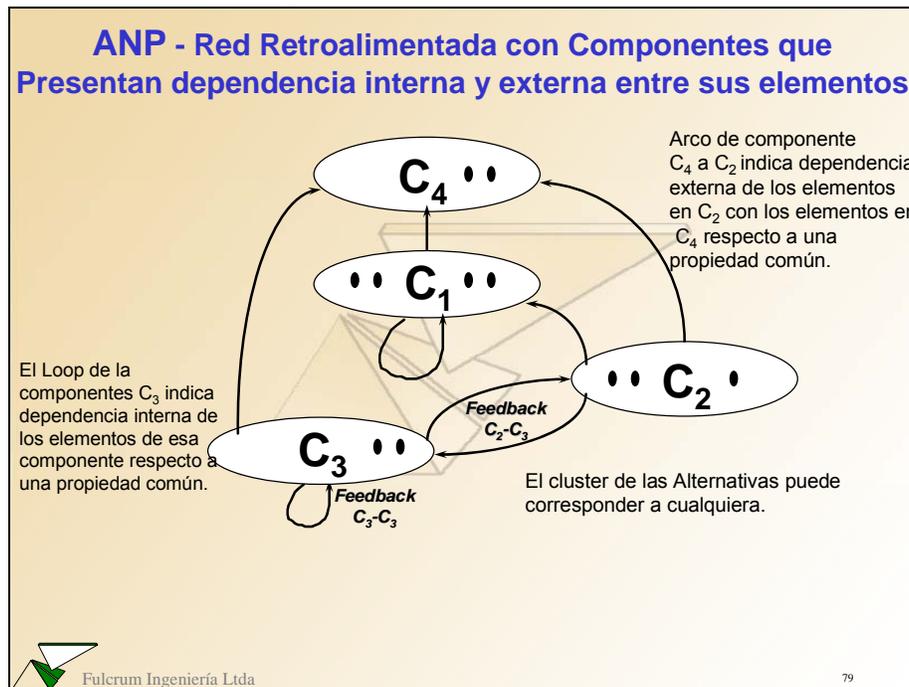


Figura 8.8: Esquema de Modelo en Red

Como se puede ver de las figuras, los niveles jerárquicos se transforman en componentes o clusters en los modelos de redes relacionales retroalimentadas, puesto que ya no existe una relación jerárquica o de verticalidad, identificándose familias de criterios (C_1 , C_2 , C_3 , C_4), en vez de niveles. A su vez, los criterios que estaban dentro de cada nivel de la jerarquía (estratégicos, intermedios o terminales), ahora pasan a ser elementos o nodos dentro del cluster, los cuales pueden tener relaciones con cualquier otro nodo de otro cluster, con los nodos dentro del mismo cluster e incluso consigo mismo. Notar también que ahora ya no es indispensable la existencia de un objetivo global único (Goal) dentro del modelo, ya que el esquema relacional permite que el objetivo esté “diseminado” entre los nodos de los diferentes clusters. El sistema funciona como un todo interconectado, sin requerir de un “origen absoluto de coordenadas” para sintetizar toda la información respecto del comportamiento de las alternativas. (Cada *cluster* es en sí mismo un origen o punto de partida para evaluar el cluster o sumidero de las alternativas). Esto rompe con el paradigma del sistema de coordenadas con un origen absoluto, construyendo un sistema de coordenadas relativo e interdependiente.

(Si ya el AHP es un barco que navega sobre el mar de indecisiones, el ANP es un avión que vuela sobre el).

Sin embargo, esta facilidad y mejor representatividad de la realidad, normalmente tiene asociado una mayor complejidad en el proceso de modelación, pues requiere de mayor conocimiento para identificar y representar adecuadamente las relaciones entre las partes y contempla un número bastante mayor de comparaciones a pares necesarias para manejar apropiadamente todas las interdependencias detectadas. De esta forma, el AHP sigue siendo una herramienta importante para la resolución de muchos tipos de problemas, en la medida que éstos cumplan con los axiomas que contiene.

8.3.2 Integración con Modelos de Manejo Espacial de la Información

Otras extensiones importantes corresponden a la integración con herramientas específicas, tal como los métodos numéricos de optimización y los modelos de manejo espacial de la información. Esta última es un área donde se han desarrollado aplicaciones muy interesantes donde es posible incorporar información cualitativa e integrarla de forma natural a los sistemas de información geográfica (SIG). Si lo anterior se une con el esquema de participación ciudadana o de grupos ya expuesto, se tiene como resultante una metodología muy poderosa para la toma de decisiones estructuradas, inteligentes y representativas, en el ámbito de los problemas de toma de decisión de interés regional para los gobiernos regionales.

Como ejemplo de integración entre metodologías se muestra la integración AHP-SIG para un caso de ordenamiento territorial, con foco en evaluación de impacto ambiental (Estudio realizado por Fulcrum Ingeniería el año 2000).

Los dos mapas a continuación contienen la medida de los impactos negativos y positivos que un proyecto de ordenamiento y gestión de tránsito introduciría en el plano de Valparaíso.

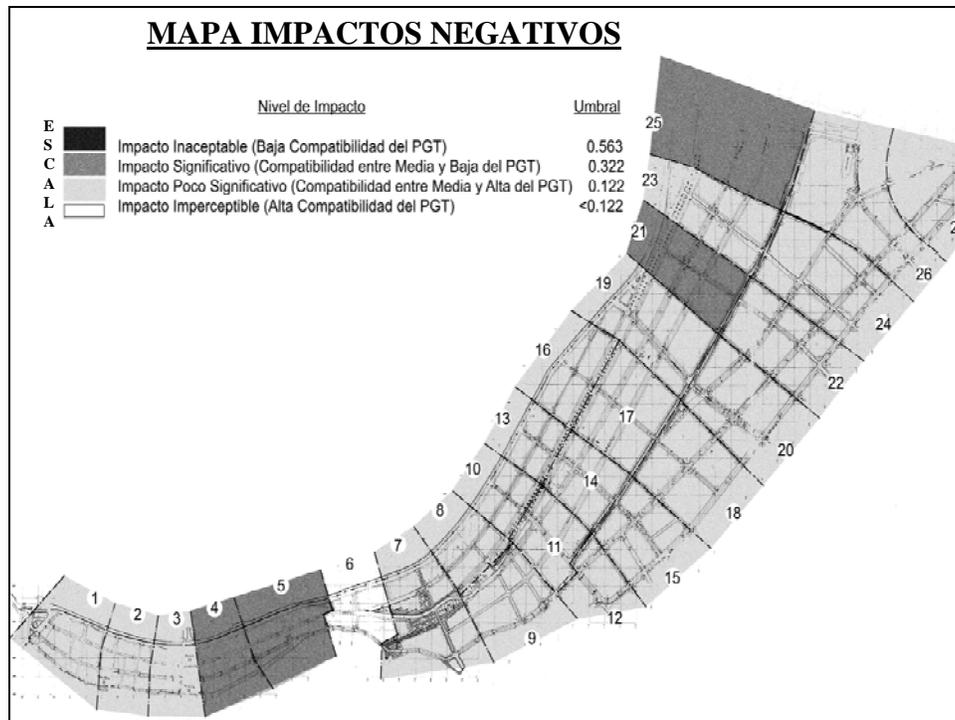


Figura 8.9: Mapa de impactos negativos

En la figura 8.9, es posible observar las celdas (grilla) de la zona analizada y sus valores de impacto negativos, representados mediante una escala de grises asociada al nivel de impacto generado: a mayor impacto negativo mayor tonalidad.

Este análisis AHP-SIG permite visualizar rápidamente donde se están produciendo los impactos relevantes, el grado o nivel de éstos, y si son aceptables (compatibles con el ambiente) o no. Los valores de impacto global por celda se obtienen a partir de la agregación de las intensidades de impacto de cada criterio terminal (extraído de las

funciones de transformación), ponderado por la importancia del criterio (extraído de los pesos finales del modelo AHP de impactos negativos): a mayor importancia mayor impacto.

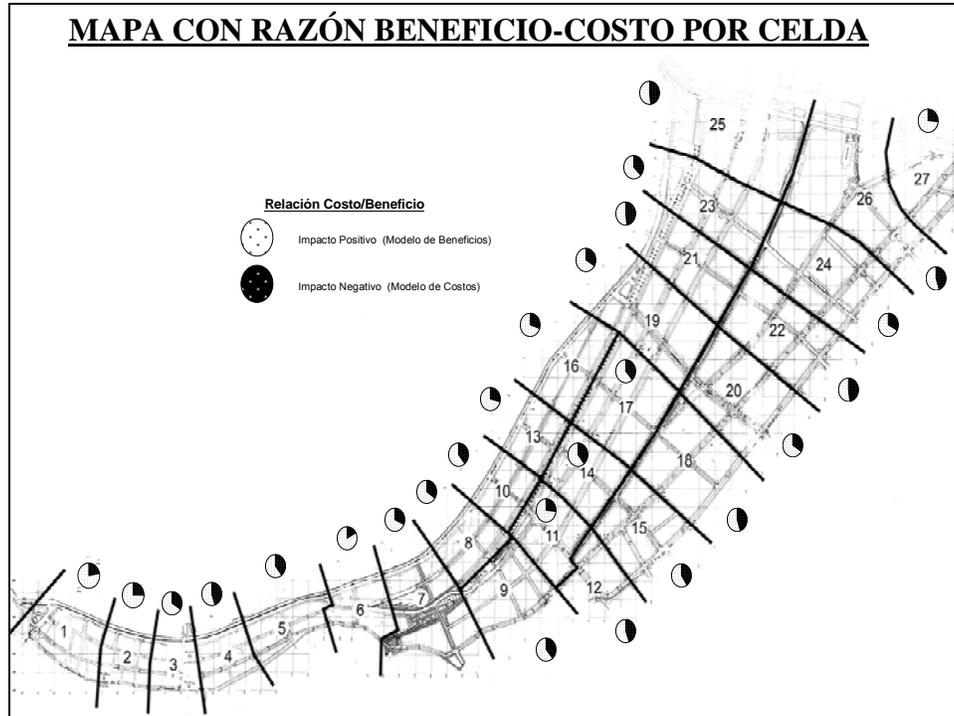


Figura 8.10: Mapa de razón de impactos positivos y negativos por celda

En este segundo mapa, se puede apreciar la consolidación, celda a celda, de los impactos positivos y negativos producidos por el proyecto. Esta consolidación se conforma a partir de la razón (Beneficio del impacto / Costo del impacto) sobre cada celda. El apoyo gráfico del SIG hace muy fácil determinar cuales son las celdas en que el proyecto está afectando positivamente el plan y en que proporción.

Por ejemplo, donde la razón de impacto es positiva, es decir, se presentan más impactos positivos que negativos, la torta “resumen” es clara; donde la razón de impacto es indiferente se verá una proporción similar en torta y donde el impacto es inaceptable se verá una proporción de dicha torta con predominio obscuro.

Notar que este análisis es válido sólo para aquellas celdas que tienen un impacto negativo absoluto inferior al umbral de aceptabilidad, ya que impactos negativos de carácter inaceptable (del mapa de impacto inaceptables figura 8.9), no pueden ser “compensados” por impactos positivos. Para el análisis donde los impactos no son inaceptables, se ha considerado que los impactos positivos del plan de ordenamiento son tan importantes (en términos de peso), como los negativos.

Es importante también hacer notar que los sistemas SIG “*per se*”, no constituyen modelos de decisión, pues no contienen métrica cardinal. Son esencialmente, administradores gráficos de bases de datos, por lo que no pueden agregar matemáticamente (sumar) información de los distintos layers. En efecto, esto debe ser resuelto inicialmente por un modelo generador de métrica, por ejemplo para definir los “*pesos de los layers*”, las escalas de evaluación, las consistencias, la representatividad de

los datos, los umbrales de impacto, etc.). Otra cosa es una superposición puramente visual de layers gráficos, sin pretensiones de “cálculo integrado”, lo cual ciertamente pueden realizar.

Sin embargo, la potencia que se alcanza con la combinación de estas dos metodologías para el ordenamiento territorial (y por ende para la planificación) es muy grande, siguiendo la secuencia indicada en la figura 8.11:

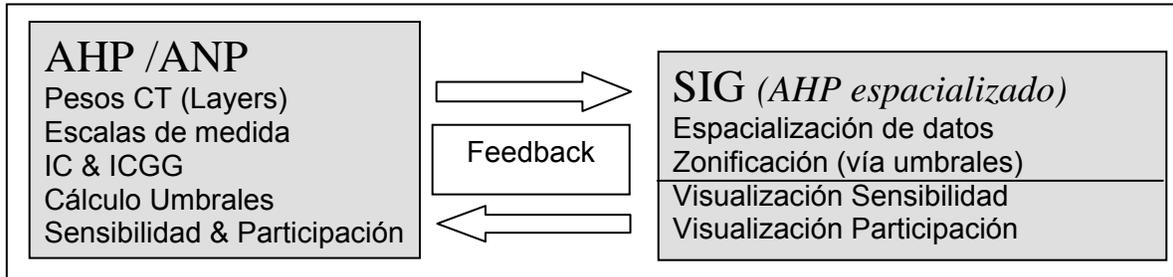


Figura 8.11: Esquema Trabajo AHP - SIG

Nota: respecto de este tema, existe una interesante experiencia de integración del AHP con SIG realizado en la Región de Atacama, a cargo del profesional Jaime Toro S. de la Serplac de la Región, donde se puede apreciar la potencia sinérgica de estas dos herramientas.

8.4 Conclusiones

Hay varios aspectos que se pueden destacar en resumen, sobre el uso de AHP. En primer lugar, el hecho que se constituye en una columna estructurante para los procesos de decisión en general, y a los problemas de asignación de carteras en particular, a través de su modalidad de medida absoluta (AM).

Otro elemento importante es su base matemática, lo que asegura una respuesta sólida si se siguen los axiomas respectivos. La fuerte conectividad que este método tiene con los otros métodos existentes, es producto también de su base matemática, que lo transforma en un verdadero método “constructor de medida” capaz de generar métrica donde no la hay o donde esta no es compartida o estandarizada. Ello permite que lo importante sea la **información** y no su calificación de cuantitativa o cualitativa, tangible o intangible. Es obvio que para efectos de cualquier decisión importante, es la información y su calidad la que debe primar y no sus adjetivos particulares. A menudo información relevante es dejada fuera, simplemente porque no se sabe como manejarla adecuadamente y se reduce a la condición de “externalidad”, lo que constituye una simplificación arriesgada para el tomador de decisiones.

Sobre este punto, es interesante notar como la calidad de esta información es tratada en el modelo a través de:

- Las matrices de comparación a pares, para construir medida
- Los índices de consistencia para la revisión de la medida
- Los procesos de agregación de juicios a través de la media geométrica, para mantener el principio de reciprocidad, consenso y pluralismo.

- Los procesos de consolidación de la información a través de diferentes modelos de evaluación BOCR, para el manejo de escenarios y sensibilidad /estabilidad de las posibles soluciones.
- El índice de compatibilidad ICCG, para medir la cercanía de las diferentes posiciones y facilitar la negociación y acuerdos entre las partes.
- La gran capacidad de conexión y crecimiento que tiene la metodología, tanto con otros métodos de análisis y despliegue de la información, como el desarrollo de la misma.

Finalmente, es importante hacer notar un estudio realizado el 2008 en la revista "*Management Science*"⁶, donde se aprecia que, a nivel mundial, el AHP es el método que más crecimiento ha tenido en número de publicaciones (papers) y aplicaciones, tanto académicas como laborales profesionales. Si bien el estudio fue realizado en diversos períodos de tiempo (1979-2004), en los últimos 3 períodos (1990-2004), y especialmente en el último (2000-2004), el AHP/ANP (junto con EMO), presentan un crecimiento exponencial, situándose muy por sobre el resto de los métodos multicriterio. (*bibliometric investigation*).

Por su trayectoria, el Dr. Thomas L. Saaty, ha sido galardonado en Octubre de 2008 con el premio al impacto en la investigación de operaciones (INFORMS-2008).⁷

Actualmente, el AHP es una metodología reconocida mundialmente, hace parte esencial del curriculum de los cursos de investigación de operaciones para métodos de toma de decisión multicriterio que se dictan en las principales escuelas de negocios y de ingeniería en todo el mundo.

⁶ MANAGEMENT SCIENCE. Vol. 54, N°7, July 2008. pp 1336-1349. INFORMS, 2008.

⁷ Una copia de esta distinción puede revisarse en el capítulo 9 de los Anexos