

3. DESARROLLO DEL MODELO DE BENEFICIOS (EFICACIA)

En términos metodológicos, el capítulo 3, contiene la parte central de la aplicación de la metodología AHP. En él se describe en detalle el desarrollo de un modelo de medida orientado a los beneficios. Se entiende por beneficio aquel impacto o efecto positivo esperado o generado por las alternativas medidas en términos del grado de eficacia o contribución, con respecto del objetivo planteado.

Como una forma de hacer más gráfica la guía metodológica, se ha incorporado un caso base correspondiente a una aplicación sobre carteras de inversión, que se denominará indistintamente Ejemplo Guía o Caso Guía, sobre el que se han aplicado las distintas etapas del AHP..

Es importante hacer notar que dicho Ejemplo Guía es sólo de carácter referencial con el objeto de facilitar una mejor comprensión de la metodología y su teoría expuesta, por lo que su contenido (modelo, pesos, valoraciones y resultados), si bien basado en un caso real, ha sido significativamente modificado con el objeto de dar mayor realce a los aspectos metodológicos.

Para diferenciar la metodología general del Caso Guía, éste se encuentra inserto en general, dentro de un cuadro como el actual.

Según lo indicado en el capítulo 1, la figura 3.1 a continuación resume los pasos metodológicos que constituyen el AHP y que se aplican en el Caso Guía.



Figura 3.1: Los pasos del método AHP

3.1. Presentación del Problema

3.1.1. Introducción

El primer paso en la solución de cualquier problema de toma de decisión, es entender bien el problema y en lo posible, describirlo de forma sintética. Este paso debe introducir todos los aspectos relevantes que los tomadores de decisión deben tener en cuenta, así como el contexto general en el cual se lleva a cabo la decisión y quienes en ella participan.

En particular, debe contener las relaciones con estudios y otros documentos previamente generados o estudiados y que entregan antecedentes para el grupo de trabajo, los tomadores de decisiones o niveles ejecutivos a quienes se presenta la recomendación de solución.

El problema que se ocupa como Caso Guía en el presente documento, corresponde a un proyecto experimental realizado por Fulcrum Ingeniería en el año 1995, dentro del plan de inversiones de cuencas hidrográficas, para un préstamo gestionado con el Banco Interamericano de Desarrollo BID. Este problema ha sido modificado para los fines didácticos que persigue el presente documento.

Como una forma de contextualizar el problema, se entrega a continuación una lista de antecedentes de la cuenca asociada a la inversión y la identificación de los problemas existentes:

Antecedentes de la Cuenca:

- Número de habitantes = 590.000
- El 65% de población es urbana y el 35% rural
- La cuenca abarca 1/3 de la superficie total de la región.
- 25% de la población vive en condiciones de extrema pobreza
- El 55% del suelo es apto para actividad forestal, el resto se utiliza para fines agropecuarios

Los principales problemas detectados en la cuenca son:

- Pérdida de cubierta vegetal y erosión de suelos
- Daños por crecidas e inundaciones
- Agotamiento y degradación de recursos hídricos
- Mayor vulnerabilidad frente a situaciones de sequía

3.1.2. Definición del Objetivo Global

Una vez identificado el problema y sus antecedentes, el paso siguiente es establecer un objetivo que defina como será abordado y resuelto este problema y que establece el tipo de decisión que se llevará a cabo y las acciones que gatillará.

En ocasiones se dispone de un objetivo general de tipo operativo, en cuyo caso se puede ocupar de forma directa. Pero otras veces los objetivos generales propuestos son poco operativos (más cercanos a deseos y esperanzas que a acciones concretas), por lo que es importante poder traducirlos en conceptos que sean posibles de ser medidos. Aquí cabe recordar la frase de uno de los padres de los modelos de gestión *Peter Drucker*: *“Solo puedo hacer gestión sobre lo que puedo medir”*. Pero, esta traducción a objetivo operativo, no debe perder la idea o conceptualización original.

Como se indicó previamente, en términos generales, los problemas resueltos a través de AHP son de 3 tipos:

a) *Priorización y Selección*: De un conjunto de posibles soluciones, la idea es priorizarlos para luego seleccionar entre ellos el mejor, o los 3 ó 5 mejores, etc.

b) *Distribución*: Todas las alternativas han sido preseleccionadas y se distribuirá un cierto recurso entre ellas, por lo que la priorización corresponderá al % de distribución que cada alternativa habrá de recibir.

c) *Benchmarking*: La intención es medir un conjunto de alternativas independientes entre sí, compararlas y luego tomar acciones que las afectan.

La redacción del objetivo debe ser clara en establecer cual es el tipo de problema que se está resolviendo (de los anteriores) y la acción que debe tomarse sobre las alternativas.

En el modelo de beneficios, el objetivo debe ser orientado a capturar los beneficios de las alternativas. La redacción del objetivo debe satisfacer a los participantes en el sentido de sintetizar la acción que habrá de ser tomada y los principios parámetros que la guían.

En el Caso Guía, la institución mandante presentó como objetivo, la *“Selección de una cartera de proyectos para mejorar el Bienestar Social en la Cuenca sobre Bases Sustentables”*.

Siendo un objetivo más bien general, se acordó el siguiente objetivo de índole operativo, enmarcado por el anterior: *“Priorización de la cartera de proyectos de inversión, maximizando su eficacia social, su eficacia ambiental, su eficacia en el manejo de riesgos físicos existentes, y su eficacia en el potenciamiento económico dentro de la cuenca, considerando en forma adicional criterios de maximización sinérgica”*.

3.1.3. Identificación de Supuestos y Condiciones de Borde

Los supuestos y condiciones de borde son los elementos que hacen característico y particular un problema de tipo general y deben ser analizados y contextualizados respecto del objetivo identificado en el punto anterior. Esto es, una vez definido el objetivo, es necesario revisarlo frente a los supuestos del problema y las condiciones de borde presentes, ya que, pueden influir y modificar el objetivo operativo redactado.

La lista de supuestos deberá ser lo más completa posible y deberá irse actualizando a lo largo del proceso, toda vez que se encuentre una condición (en la definición de alternativas, en la identificación de criterios, en la generación del modelo jerárquico, en la evaluación de las alternativas...) que deba ser registrada para un correcto entendimiento del proceso y la solución que derive. Aquellos acuerdos que el equipo de trabajo tome durante el proceso, también deberán ser documentados como supuestos.

De la misma forma, las restricciones o condiciones de borde deben ser identificadas, documentando si procede, la eliminación de alternativas que no las cumplen.

Por ejemplo, algunos supuestos del Caso Guía podrían ser:

- Los problemas detectados en la cuenca están indicados en el punto anterior (por ejemplo u otra documentación específica) .

- El equipo de trabajo está calificado para identificar y comparar los criterios presentes en el problema
- La cartera de proyectos es conocida y contempla los detalles necesarios para poder medir sus beneficios esperados
- La información requerida para evaluar los proyectos de la cartera está disponible y al alcance del equipo de trabajo
- Cada uno de los proyectos de la cartera cumplen con los prerrequisitos establecidos. Es decir, no son proyectos ilegales ni escapan del alcance del objetivo perseguido. (Factibilidad legal de las alternativas).

Asimismo, algunas condiciones de borde del Caso Guía podrían ser:

- El monto de inversión está predefinido y es inferior al monto total de fondos requerido por la cartera la cartera.
- El ranking de proyectos debe ser único. El tener mas de un ranking u ordenamiento de cartera, es equivalente a no tener ninguno.

3.1.4. Identificación de Alternativas

Una alternativa se define como: “una o más acciones con un curso distinto” y que cumple el objetivo planteado, así como los supuestos y restricciones identificadas para el problema. De esta forma, una alternativa puede ser el resultado de una sola acción o del conjunto de muchas acciones relacionadas. Por lo tanto, en el contexto de asignación de recursos, una alternativa puede definirse como un proyecto o programa, o como un conjunto de proyectos y programas relacionados. Si es un solo proyecto por alternativa, se tiene que el conjunto de alternativas conforman una cartera (P1, P2,...,Pn). Si por otro lado, cada alternativa está conformada por varios proyectos relacionados, entonces cada alternativa podría representar una cartera de proyectos dada (C1, C2,...,Cn).

En un problema de selección de alternativas, se trata de determinar cual(es) de ellas cumplen de mejor forma el objetivo planteado. En un modelo de beneficios, serán mejores alternativas aquellas que entreguen más beneficios.

Es importante verificar que las alternativas sean reales soluciones al problema planteado y al objetivo acordado. Al desarrollar un modelo de selección con alternativas incorrectas, se resuelve un problema diferente.

Las alternativas deben ser definidas en detalle, incorporando actualizaciones / precisiones en su definición a lo largo del proceso. En el caso de proyectos, normalmente habrá una documentación detallada de cada uno; en el caso de carteras, los proyectos que las constituyen y su detalle. Los componentes de las alternativas que no sean conocidos o cuya información no esté disponible para el proceso de toma de decisión, deberán ser identificados y documentados, así como los supuestos que se utilicen sobre ellas.

El conjunto de alternativas consideradas en el Caso Guía, corresponden a proyectos independientes definidos con el objetivo de resolver uno o más de los problemas planteados. En virtud de su diversidad, han sido ordenadas en 6 tipologías distintas de proyectos. A continuación se identifican algunas de ellas como ejemplo y para fijar ideas:

1.- Manejo Forestal de Suelos (MS)

- Programa de recuperación de áreas erosionadas
- Programa de manejo silvo-agropecuario
- Programa de manejo de renovables de bosque nativo
- Programa de desarrollo de campesinos forestales
- Programa de tenencia y derechos sobre árboles y tierras
- 2.- Gestión de Áreas Silvestres Protegidas (GASP)
 - Estudio de incorporación de áreas deficitarias
 - Investigación de RRNN e históricos de la Cuenca
- 3.- Gestión y Protección Forestal (GPF)
 - Proyecto de extensión de la legislación forestal
 - Proyecto de reforzamiento de las actividades de fiscalización y control de la legislación forestal
- 4.- Manejo del Fuego (MF)
 - Programa de supresión de incendios forestales
- 5.- Control de Crecidas y Manejo de Cauces (CC)
 - Defensas fluviales
 - Regulación del uso del cauce
 - Sistema de alerta de crecidas
- 6.- Gestión y Conservación del Recurso Hídrico (GCRH)
 - Programa de investigación en cuencas representativas
 - Redes de estaciones de monitoreo permanentes.

En total, las alternativas conforman una cartera de 35 proyectos, cada uno de los cuales se ubica en alguno de los grupos anteriormente identificados.

A menudo, las carteras de proyecto son de un carácter muy heterogéneo, presentando proyectos de fácil evaluación económica, (en términos de VAN), con otros muy difíciles o imposibles de ser evaluados o valorados por este tipo de medida monetaria, por cuanto son de índole eminentemente cualitativa o intangible. Esta condición en cambio, es fácilmente manejada por la metodología AHP y ANP, ya que está en su esencia.

3.1.5. Identificación de los Participantes y sus Roles

En todo proceso de decisión, los actores o participantes del proceso deben ser identificados desde un comienzo, siendo altamente recomendable que las personas claves o decisivas en el tema sean partícipes del proceso y reconozcan sus posiciones/preferencias ya entregadas. Ejemplo de participantes son: expertos, autoridades, representantes de Instituciones/Organismos, entre otros.

Es muy importante que este punto sea ejecutado oportunamente, pues puede ser muy desgastante que, una vez concluido el proceso, sea necesario revisarlo producto de nuevas visiones (nuevos actores), no identificados en el diseño inicial y cuya opinión en definitiva se considera indispensable.

La selección de los participantes es una decisión en sí, que debe considerar criterios de idoneidad al problema (técnicos, políticos, de representatividad ciudadana), balance de fuerzas, así como disponibilidad para las instancias en que su participación es requerida.

Los actores pueden participar en diferentes instancias dentro del modelo. Esto dependerá del nivel que representan en la organización (visión estratégica, visión técnica) y su relación con la decisión en cuestión.

Dependiendo de cada caso, los actores o participantes pueden ser identificados como personas naturales o como unidades/ departamentos dentro de una institución, o como representantes de Organismos y/o Instituciones.

No se requiere que todos los participantes sean especialistas en la metodología AHP, pero al menos uno de ellos deberá tener un buen dominio metodológico para asegurar una correcta utilización.

Es aconsejable que el rol de documentación de las sesiones sea establecido de antemano para que esta tarea se desarrolle en paralelo al proceso, aún cuando el rol pueda ser rotativo entre los participantes.

Finalmente, alguno de los participantes será quien lidere las sesiones de trabajo.

En el Caso Guía, los actores corresponden a representantes de distintas instituciones públicas, donde el equipo de Fulcrum asumió las tareas de conducción metodológica, documentación y liderazgo en las sesiones de trabajo.

3.1.6. Consideraciones Generales

En síntesis, este primer punto o paso metodológico, corresponde a la formulación general del problema, donde deben quedar claras las reglas del juego, quienes deben participar, cuando y como.

Es importante tener claro el objetivo general y operativo que se está persiguiendo, el cual debe ser revisado y de ser necesario reformulado, reescrito y validado hasta satisfacer razonablemente la visión de los participantes. Sin embargo, la generación del objetivo global enmarcado en un contexto general de referencia (supuestos, condiciones de borde, etc.), no es siempre una tarea sencilla, y muchas veces resulta paradójico constatar que objetivos y principios que se creían incorporados y compartidos por todos los actores (particularmente si pertenecen a una misma institución) no resultan ser tal, una vez que se explicitan mediante un proceso estructurado.

En problemas complejos, puede ser aconsejable descomponer el problema en partes que den cuenta de objetivos más específicos y cuya resolución pueda ser más sencilla y permitir acciones dentro de un proceso más general. De esta forma, el problema completo se resuelve a través de la solución en cascada de los problemas específicos.

Si el equipo de trabajo no tiene claro o no comparte el objetivo que se persigue y/o no hay un total alineamiento entre las alternativas y el objetivo planteado, la calidad de los resultados queda comprometida, lo cual no es una limitante de la metodología AHP, sino una medida de la calidad del proceso desarrollado.

3.2. Estructuración del Modelo de Eficacia

3.2.1. Introducción

El modelo de evaluación de las alternativas (proyectos o carteras de proyectos), debe considerar el número de alternativas a ser evaluadas, los criterios estratégicos y los criterios técnicos o terminales, conocidos también como indicadores de evaluación.

Teniendo disponible a priori la definición de las alternativas, ellas contribuyen significativamente a construir un mejor modelo de evaluación. Inicialmente, se debe decidir el tipo de medida con que se va a trabajar: en medida relativa (RM) o medida absoluta (AM). Normalmente, los problemas de selección de proyectos o carteras de proyectos, requieren de un esquema basado en AM, dado el número de alternativas y los requerimientos de replicabilidad de evaluación de las mismas en el tiempo, entre otros factores.

En el Caso Guía la modalidad de medida escogida es AM, ya que, el número de alternativas a ser evaluadas es relativamente alto (35 alternativas) y dado que interesa medir los proyectos en forma separada, para obtener una medida absoluta de su nivel de eficacia en la solución de los problemas de la cuenca, sin dependencia de los otros proyectos definidos. Adicionalmente, porque la medida absoluta entrega la posibilidad de construir umbrales de cumplimiento mínimos para la evaluación del comportamiento de la cartera, importante cuando se desea medir la calidad de una cartera.

3.2.2. Identificación y Clasificación de los Criterios

La identificación de los criterios se realiza con el equipo de trabajo designado, y en un modelo de tipo jerárquico, puede ser efectuada indistintamente desde lo general a lo particular (*top-down*) o desde lo específico a lo general (*bottom-up*). Esto dependerá del tipo de conocimiento que se disponga al momento de la modelación.

A menudo, es posible ejecutar ambos enfoques simultáneamente (*top-down* y *bottom-up*), y hacer converger el proceso de modelación, hacia el resultado final.

Definición de criterios estratégicos

Se identifican los criterios de tipo general o global que guardan relación directa con el objetivo general del problema. Normalmente son de alto nivel o estratégicos y corresponden a los grandes agrupadores/áreas de análisis del problema. Ejemplos de estos son: criterio político, criterio ambiental, criterio económico, criterio social, criterio de seguridad, entre otros.

La interacción con los participantes de nivel estratégico del equipo de trabajo, y/o la aplicación de lineamientos establecidos (por ejemplo: Plan de Desarrollo regional del 2007) normalmente proporcionan estos criterios. Es importante asegurar acuerdo de los participantes y un mismo entendimiento en cuanto al concepto/orientación de los criterios estratégicos, ya que constituyen los componentes de mayor incidencia en la decisión.

Definición de criterios técnicos

Se procede, en conjunto con los actores técnicos, a descomponer los criterios estratégicos identificados y definidos anteriormente, ampliando los niveles de detalle. Este proceso de descomposición, se repite hasta llegar al nivel de los criterios terminales o indicadores de medida, que son los que medirán el comportamiento de cada alternativa en términos de su contribución o eficacia para resolver ese aspecto específico del problema.

En un enfoque *bottom-up*, son las características de las alternativas las que sugieren indicadores de medida, cuya agrupación conceptual genera los niveles superiores de la estructura jerárquica. La abstracción o síntesis de elementos comunes lleva en este caso, a la identificación de los criterios de niveles superiores.

Es muy importante que los criterios identificados sean bien definidos en cuanto a su alcance y significado, lo que implica la construcción de un “*vocabulario de criterios*” con sus respectivos entendimientos. De hecho, el trabajo en la etapa de construcción de escalas de medición se facilita, mientras más detalle tenga el descriptor en el vocabulario.

Es posible incorporar tanto criterios cuantitativos como criterios cualitativos, entre los cuales en definitiva, no se hace mayor diferencia. Normalmente, los criterios cualitativos incorporan la precisión descriptiva de los conceptos que se desea medir, mientras que los cuantitativos poseen números o rangos de distribución.

En el Caso Guía, se han identificado 5 criterios estratégicos, a saber: eficacia ambiental, eficacia social, eficacia en el manejo de los riesgos, eficacia sinérgica (entre proyectos), y eficacia en el potenciamiento económico.

En complemento, se identificaron 8 criterios intermedios (criterios que poseen subdivisión) y 24 criterios terminales (criterios sin subdivisión ulterior).

Como ejemplo se describe el criterio de eficacia ambiental: el criterio ambiental constituye la forma de medir la eficacia que aporta la alternativa al objetivo en términos de variables ambientales. Las variables que se visualizan como medidores de este criterio estratégico (subcriterios) son:

- a) el contexto natural
- b) el contexto antropológico.

De esta forma, al medir el contexto natural y el antropológico, se logra medir de forma completa (respecto al alcance del problema), el criterio ambiental.

3.2.3. Construcción de la Jerarquía de Eficacia

Tal como se ha indicado en el capítulo 1, la jerarquía es la base del método AHP y corresponde a una abstracción que puede asumir diferentes formas, que esencialmente desciende desde un objetivo general, a sus criterios estratégicos, sus descomposiciones en criterios más específicos o subcriterios y así sucesivamente. Conviene destacar el grado de estabilidad de esta estructura cuyos niveles más altos corresponden a consideraciones estratégicas, mientras que los niveles inferiores representan los mecanismos operativos que permiten concretar dichas estrategias, nivel a nivel

La generación de la jerarquía en muchos casos se realiza en paralelo a la identificación de los criterios, especialmente cuando se ha adoptado un enfoque *top down* en el análisis. Por cada nodo que es descompuesto en subcriterios, éstos consolidan todos los componentes del nodo a ser considerados en el análisis, aún cuando eventualmente, ninguna de las alternativas dé cuenta directa de algunos de ellos.

La confección de la jerarquía comprende un proceso interactivo del equipo de trabajo, en el cual se reflejan las precisiones, aportes y sugerencias que a los distintos profesionales les parece pertinente y, que a la vez, son acogidas favorablemente por la totalidad del grupo. Esto se traduce en flexibilidad, lo que permite incorporar o eliminar aspectos sin afectar sustancialmente al modelo y sin que sea necesario confeccionar un

modelo nuevo desde cero. De este modo, se tiende a un continuo mejoramiento del modelo, ya que a medida que aumenta la comprensión sobre el problema, el modelo se ve modificado por la incorporación de información adicional y más representativa de la realidad. Esta interacción da como resultado un modelo más cercano a la realidad.

Un elemento muy ventajoso de la jerarquía es su capacidad de síntesis visual, por cuanto en una hoja se representa todo el problema.

Un supuesto importante de la jerarquía es la dependencia vertical entre sus componentes, expresada mediante la descomposición. Cualquier otra dependencia entre criterios identificada durante la construcción del modelo debe ser analizada en detalle.

Tal como se ha indicado en el capítulo 2, sobre la capacidad humana de manejar elementos simultáneamente, una consideración general es no descomponer un nodo en más de 7 ó 9 elementos. La práctica demuestra que muchas veces, descomposiciones en un número elevado de componentes tiende a no respetar el axioma de la homogeneidad, reflejando a veces, falta de conocimiento respecto al comportamiento del sistema que se está modelando.

La figura 3.2 a continuación presenta el caso general de una jerarquía dividida en objetivo (goal), criterios estratégicos, criterios intermedios y criterios terminales (indicadores de medida) con sus respectivas escalas de medición de intensidades. En este caso, se trata de un modelo en formato AM de Medida Absoluta. Esto se nota de inmediato, porque en el modelo, existe el nivel de las escalas de evaluación, (que representan la diferencia básica entre una modelación en AM de una en RM), donde cada criterio terminal lleva asociado una escala de intensidades a través de la cual se evalúa cada alternativa en términos absolutos.

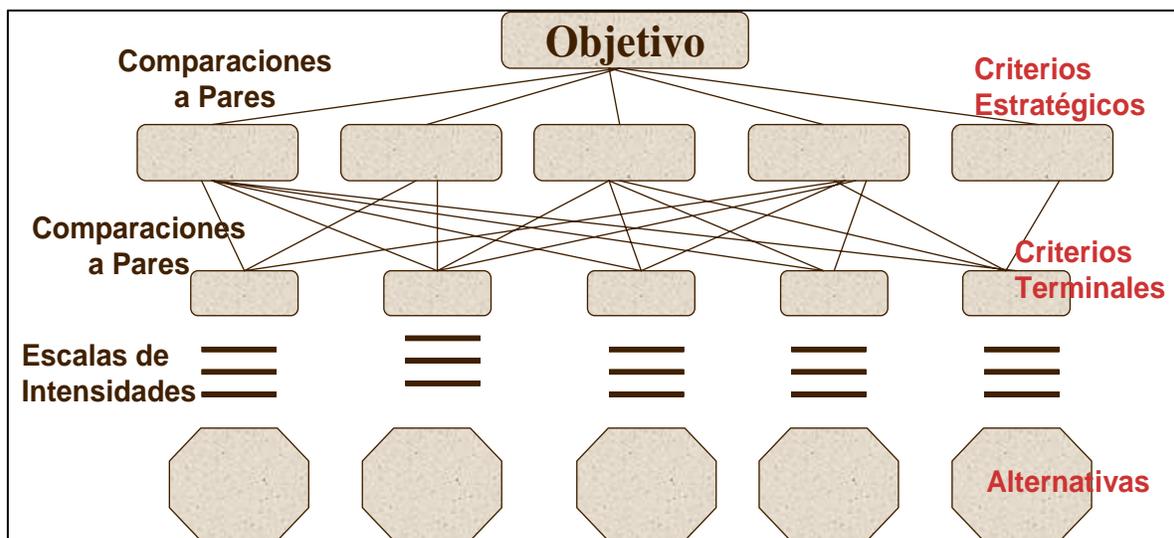


Figura 3.2: Ejemplo de un Modelo Jerárquico en Medida Absoluta (AM)

Es importante que cada grado o nivel de la escala esté muy bien definido y separado de los otros niveles. También es importante que no se mezclen en una misma escala indicadores diferentes, puesto que la combinación de ellos normalmente resulta muy compleja de manejar. Es siempre mejor manejarlo en indicadores (criterios

terminales) diferentes que, pueden o no depender de un mismo padre o de padres distintos.

No todos los criterios de una jerarquía tienen el mismo nivel de descomposición, quedando a criterio y satisfacción del equipo de trabajo el nivel de detalle de los criterios terminales. Una forma de establecer un momento adecuado para “detenerse”, es cuando un especialista en el tema puede generar una escala de medición razonablemente apropiada para cada criterio terminal.

En el Caso Guía, figura 3.3, a continuación presenta el modelo resultante, después de la interacción con los profesionales:

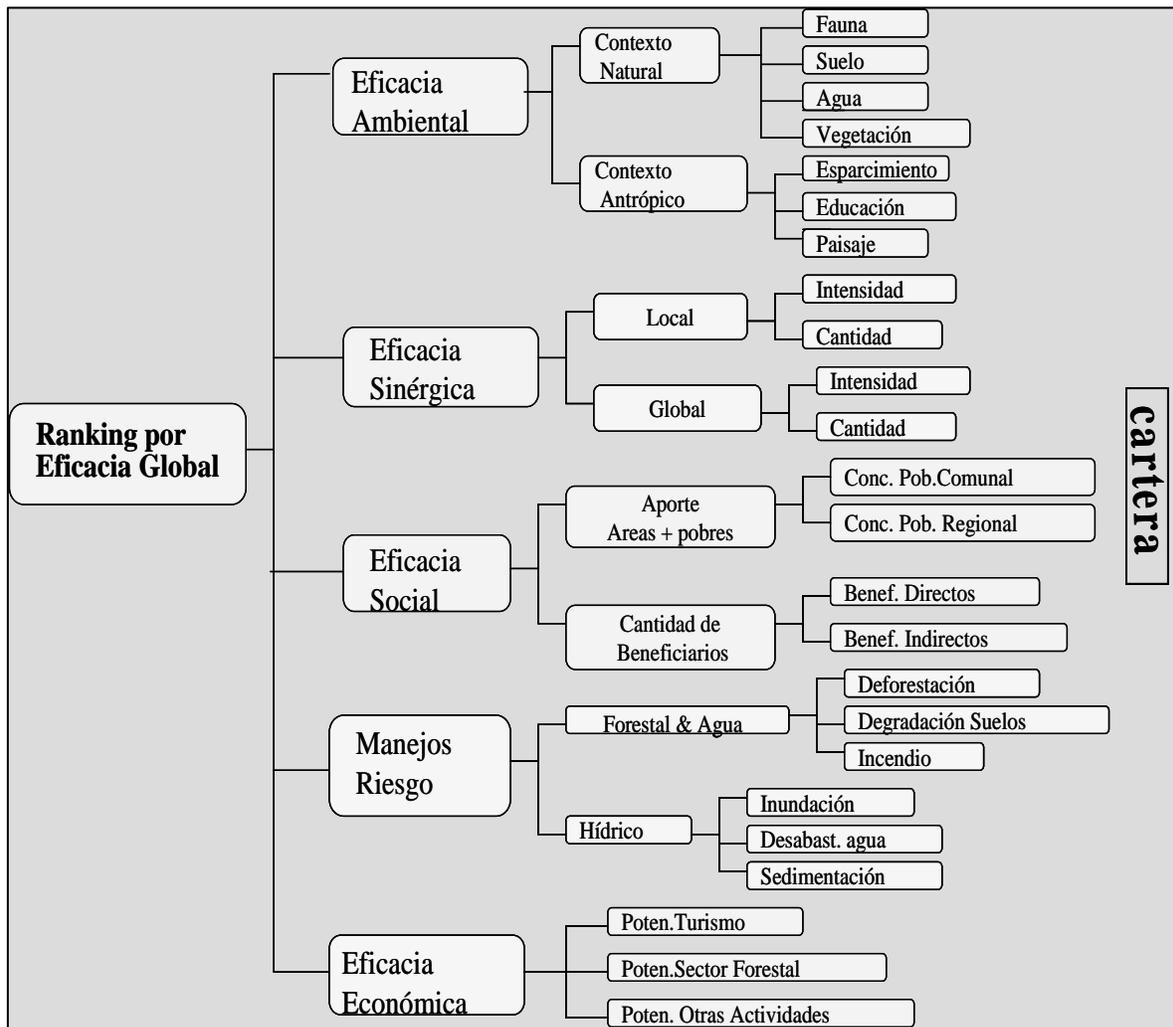


Figura 3.3: Estructura del Modelo de Decisión

El diagrama presenta una estructura jerárquica en un despliegue más bien horizontal, para facilitar la lectura de los criterios que lo componen, teniendo en un extremo el objetivo específico del modelo, y en el extremo opuesto, los criterios terminales

con sus respectivas escalas. Todos los proyectos de la cartera son analizados por cada uno de los criterios terminales y medidos en las escalas que los especifican.

En este caso, los proyectos de la cartera recibirán “puntajes” por cada uno de los conceptos de los criterios terminales, en función de su contribución específica en cada uno de estos conceptos. Notar que los aspectos estratégicos definidos corresponden a eficacia o capacidad de resolver problemas según las áreas de análisis definidas. La suma de los ponderadores de los criterios de cada nivel (en términos de pesos globales), suma siempre 1 (100%).

Como se señaló con anterioridad, es muy importante que exista claridad en el significado de los términos, evitando los riesgos de confusión o malas interpretaciones respecto a ellos. Para esto, se deben generar reuniones de trabajo donde los participantes concuerdan en el beneficio de separar e interpretar en forma unívoca los términos del modelo.

Como ejemplo de este proceso se menciona el caso del criterio ambiental. Inicialmente fue desagregado en conceptos de Flora y Fauna; interacciones posteriores llevaron a una descomposición final en Fauna, elementos vitales como Suelo, Agua y finalmente Vegetación en vez de Flora. Otro ejemplo, se produce en el criterio económico, donde el subcriterio “atractivo de inversión” es reemplazado por un concepto de “desarrollo productivo en bienes y servicios”, que se entiende como lo que cada proyecto va a aportar a la zona, pero no en términos de empleo (criterio social), para finalmente ser expresado a través de la capacidad de contribuir en el potenciamiento económico de la región, medido en actividades específicas de interés .

Notar que del total de 24 criterios terminales de la jerarquía, la mitad de ellos son de origen cualitativo. Cada criterio estratégico debe ser desarrollado, en los elementos que lo componen, para precisar el alcance del análisis. A continuación, un ejemplo para el criterio estratégico *Eficacia Ambiental*:

Por Ambiente se considera el medio sobre el cual actuaría el proyecto, y que podría ser modificado por éste. Bajo este criterio se persigue mejorar la calidad ambiental (en términos de eficacia).

Este criterio se subdivide en :

Contexto Natural: mide el aporte del proyecto dentro de la naturaleza, subdividiéndose en aquellos componentes (criterios terminales) que pueden sufrir modificaciones: *Vegetación, Fauna, Suelo y Agua*. Se pretende incentivar el mejoramiento del actual ecosistema, o en su defecto, su preservación.

Contexto Antrópico: mide el aporte del proyecto en la relación hombre - medio natural, en áreas destinadas a *esparcimiento* (lugares de recreación con valor en términos de reservas naturales, parques, "pulmones naturales", etc. que pudieran disminuir en su extensión o perder ciertos atractivos), *educación* (programas que desarrollen la educación ambiental, de modo de disminuir la ocurrencia de ciertos desastres ambientales frecuentes en la zona, como los incendios, quemados de pastizales, contaminación de las aguas, erosión de los suelos, etc.), y *paisaje* (modificaciones importantes en el paisaje histórico-natural).

Este mismo proceso, debe ser repetido para toda la jerarquía, nivel por nivel, desde el objetivo global, criterios estratégicos, subcriterios intermedios y criterios terminales que la conforman.

3.2.4. Validación Axiomática

Uno de los puntos más importantes en la construcción de un modelo, (y muchas veces fuente de grandes errores de modelación), se refiere a su revisión a la luz de los cuatro axiomas del AHP expuestos en detalle al final del capítulo anterior.

El axioma N°1 de Reciprocidad, viene impuesto en el software asociado al AHP, por lo que no es necesario revisarlo.

Los axiomas que deben revisarse con mayor cuidado, son el N°2: homogeneidad de los criterios de cada nivel y el N°3: relaciones de dependencia no jerárquicas.

El axioma N°2 puede ser validado en el momento en que se produce la descomposición de un criterio en subcriterios; éstos deben tener grados similares de importancia o significancia, y de no ser el caso, será conveniente agrupar los conceptos menores para que en conjunto, logren equipararse con los demás criterios “hermanos”. En adición a esta validación y en caso que no sea detectada en esta instancia, situaciones de no homogeneidad son evidentes en la etapa de determinación de ponderadores de los criterios, ya que al momento de comparar los criterios, el valor 9 (correspondiente al valor extremo en la escala), de la escala fundamental de Saaty, debe ser suficiente para poder comparar la relación de importancia entre dos criterios cualesquiera de un mismo nivel. Por ejemplo, si los decisores de alto nivel juzgaran que la eficacia en el manejo de los riesgos es 20 veces superior a la eficacia ambiental, entonces los aspectos ambientales no son en sí, un criterio estratégico y no debieran pertenecer a ese nivel.

Estos cambios se deben documentar durante el proceso de construcción del modelo, para a posteriori, poder entender como fue conformado y así poderlo mejorar en los procesos de retroalimentación ex-post (ver capítulo 6).

Lo mismo sucede con el axioma N°3, el cual debe ser revisado sobre todos los criterios, tanto internamente (dependencia interna) como externamente (dependencia externa) para cada nivel de la jerarquía. Por ejemplo, una persona externa al modelo que no participó en su construcción, podría considerar a primera vista, que existe cierto grado de dependencia interna entre los criterios eficacia ambiental y el criterio manejo de riesgos, pero al leer la definición de cada criterio se aclara que son criterios que pertenecen a espacios distintos, que resolver uno no implica necesariamente resolver el otro, y que en definitiva, están midiendo elementos distintos.

El axioma N°4 es verificado al final, al ver los resultados. Sin embargo, dado que se está trabajando con medida absoluta (AM), este axioma no es tan relevante como los otros.

En el Caso Guía, por ejemplo, se observa que el criterio estratégico de Potenciamiento Económico presenta un sub criterio denominado Potenciamiento de Otras Actividades. En éste se han agrupado otro tipo de actividades económicas diferentes del turismo y la agricultura, y que dadas las características de la zona, son consideradas de menor interés en forma individual por el equipo de trabajo.

3.2.5. Consideraciones Generales

La generación del modelo jerárquico es la tarea más interesante del proceso, una vez que se ha acordado y definido el objetivo y el contexto del problema, y debe serle asignado un tiempo razonable para que el equipo de trabajo se sienta representado por él, y pueda responder las preguntas que se le formulen.

En la construcción de la estructura del modelo, se debe cuidar que cada rama de la jerarquía sea construida con dominio de los especialistas en dicha rama en particular, para la mayor solidez del resultado.

En cuanto a la validación axiomática, es posible argumentar mucho respecto del axioma de la dependencia jerárquica o con retroalimentación, pues, si bien es cierto que, en última instancia, en el mundo real los lazos de dependencia van en muchas direcciones, lo que se pretende es poder construir modelos o sistemas que representen la realidad de forma adecuadamente correcta (el término adecuado se refiere a una combinación y balance entre precisión y simplicidad).

Sin embargo, si bien en muchas ocasiones es posible reducir o controlar el nivel de dependencia entre criterios mediante un modelamiento apropiado y definiciones precisas de los conceptos, ello no es siempre posible. En estos casos, la jerarquía no es el modelo más apropiado y debe ser reemplazada por una red con retroalimentación. Insistir tozudamente en una jerarquía bajo estas condiciones deriva en resultados que podrían ser poco precisos e incluso incorrectos, lo cual nuevamente no es una restricción metodológica del AHP sino una inadecuada implementación del método.

3.3. Determinación de la Importancia de los Criterios

3.3.1 Matriz de Comparaciones a Pares. Determinación de Prioridades y Validación de Consistencia

La determinación de la importancia de los criterios dentro del modelo, se realiza según la base teórica expuesta en el capítulo 2. Esto es, realizando comparaciones a pares entre los criterios de cada nivel de la jerarquía que tienen un criterio “padre” común.

Los participantes (correspondiente a cada nivel/ criterio), deben emitir sus juicios de preferencia o importancia relativa, utilizando para ello la escala fundamental de Saaty. Una vez realizado el conjunto de comparaciones para una descomposición dada, se revisa la representatividad del vector de prioridades obtenido entre el equipo de trabajo y se valida su grado de consistencia.

Escala Fundamental de Saaty	
1	Igual importancia
3	Importancia moderada de uno sobre el otro
5	Importancia fuerte o esencial
7	Importancia muy fuerte o demostrada
9	Importancia extrema
2,4,6,8	Valores intermedios o de compromiso
1.1 - 1.9	Cuando los elementos se hallan muy cercanos entre sí
Los valores recíprocos son utilizados para comparaciones de preferencia inversa.	

Figura 3.4 : Escala de Saaty

Si bien la escala de Saaty es presentada como una escala de valores discretos, ésta en realidad es una escala continua, pudiéndose utilizar cualquier valor no nulo en el rango (1/9, 9).

Para la realización de las comparaciones resulta de gran utilidad disponer a mano de las definiciones de los conceptos involucrados, para asegurar un entendimiento común entre los participantes.

Este proceso de comparaciones se realiza sobre cada nodo/criterio de la jerarquía que tiene una subdivisión, y puede ser realizado en un enfoque top-down, o bottom-up. Dependiendo de la configuración del equipo de trabajo, puede ser más efectivo realizarlo a partir de los criterios terminales (bottom-up), por cuanto son más específicos y normalmente los especialistas poseen un mayor conocimiento de éstos y tienden más rápidamente a convergencias.

Cabe destacar que si un criterio se descompone en 5 subcriterios, se forma una matriz de 5x5, de la cual deberían entregarse $5 \cdot 4 / 2 = 10$ juicios o comparaciones a pares. La calidad de las comparaciones y el tiempo asociado para completar la matriz dependen directamente del número de descomposiciones, por lo que modelos “muy vastos” requieren una cantidad significativamente mayor de tiempo de los especialistas, si bien pueden ser más representativos del problema en sí.

La implementación de este paso requiere la utilización de un software especializado que maneje internamente la matriz de comparaciones y entregue el vector de resultados (o ponderadores) y el índice de consistencia de los juicios emitidos por los participantes. Si bien es cierto que los sistemas son capaces de generar un vector de resultados a partir de un ingreso mínimo de información en la matriz (típicamente la primera fila), este enfoque se desaconseja fuertemente, por cuanto la aparente repetición de preguntas provee una instancia para que los participantes pongan a prueba la solidez de sus preferencias y entrega una mayor seguridad en los resultados. Para quien lidera la sesión, en particular, es una herramienta vital para determinar si entre los participantes hay agendas ocultas o intenciones no explícitas o compartidas con los demás.

Es importante verificar el grado de representatividad que tiene el vector de resultados, especialmente para los criterios estratégicos, ya que en este caso, los pesos obtenidos influyen de manera importante en todos los ponderadores del modelo, orientando el ordenamiento final de la cartera.

El vector de ponderaciones obtenido también se conoce como vector de pesos locales, pues representa la contribución local o directa de los criterios comparados, en relación con el criterio padre. La suma de estos valores es siempre 1 ó 100%.

El índice de consistencia es un termómetro que mide la calidad del proceso, en cuanto a la consistencia de los juicios emitidos, pero no mide la calidad del resultado (vector de prioridades o ponderaciones). Los niveles de consistencia mínimos recomendados disminuyen a medida que aumenta el número de elementos/criterios comparados (y por lo tanto el tamaño de la matriz y el número de combinaciones computacionales involucradas) y se entregan a continuación, aunque en algunos sistemas computacionales se utiliza un 90% de consistencia como mínimo en todos los casos:

Elementos	Consistencia mínima recomendada
3	95%
4	93%
5 o más	90%

Para el Caso Guía, se adjunta la matriz de comparaciones del primer nivel de la jerarquía correspondiente a los criterios estratégicos. Se destacan con fondo gris las comparaciones que son ingresadas en la matriz, ya que las bases matemáticas proveen las demás.

Nota: se lee, criterio fila domina al criterio columna por X veces, o criterio fila es X veces más preferible al criterio de la columna. En los casos de preferencia inversa (1/X), es el criterio de la columna el que domina al criterio de la fila.

	Ambiental	Sinergia	Social	Man.Riesgos	Pot.Económ
Ambiental	1	1/4	1	1/5	1/1,6
Sinergia	4	1	2,1	1/2,6	1,2
Social	1	1/2,1	1	1/3	1,7
Man.Riesgos	5	2,6	3	1	2
Pot.Económ.	1,6	1/1,2	1/1,7	1/2	1

Figura 3.5: Matriz de comparación de los criterios estratégicos

La consistencia de la matriz es del 95%, lo que corresponde estadísticamente a una consistencia aceptable (esto es, igual o mayor al 90%). Por lo tanto, se concluye que para el caso en análisis, las consistencias obtenidas son aceptables.

Al elevar la matriz de comparaciones a pares a potencia para buscar su punto de equilibrio final, ésta converge al siguiente vector de prioridades, ordenado según la importancia de los criterios, de mayor a menor:

Eficacia Manejo de Riesgos: 40,73%
Eficacia Sinérgica: 22,45%
Eficacia Económica: 14,51%
Eficacia Social: 13,65%
Eficacia Ambiental: 8,67%

Índice de Inconsistencia = 0,05 → Consistencia = 95%

Estos resultados deben leerse como: *“para el grupo de decisores de los criterios estratégicos, la eficacia en el manejo de los riesgos es 3 veces más importante que la eficacia social que pueda aportar un proyecto dado”.*

3.3.2 Consideraciones Generales

Los participantes normalmente requieren de un tiempo inicial (un par de pruebas) para calibrar bien esta nueva escala en sus mentes, de la misma forma en que un viajero calibra la escala monetaria al trasladarse de país hasta tener una comprensión clara de la misma. Esto es importante, pues hay personas que por ejemplo creen que si un elemento es 50% más grande que otro, entonces el valor correspondiente en la escala es 1,5. Esto

no es necesariamente cierto (perfectamente dicho valor podría ser 4, 5, o incluso 9 en la escala fundamental de Saaty), sino que dependerá de lo que significa un cambio del 50% en la variable, en términos de estímulos y respuestas, sensaciones y efectos.

El hecho que la escala fundamental de Saaty haya sido utilizada en forma única a través de todo el modelo permite la síntesis de los diferentes vectores propios del modelo (los pesos de los criterios). Si se hubiesen mezclado escalas, (por ejemplo la escala de Likert) la síntesis no es posible. *Sin mencionar que la escala de Likert es una escala de tipo ordinal, por ende no es posible operar algebraicamente con ella.*

Notas sobre la Consistencia:

Los errores más frecuentes en las comparaciones a pares y que son detectados por la consistencia son: manipulación de dispositivos (casos de votaciones grupales), inversiones involuntarias y consideraciones de diversos tipos que deben dejarse al margen de la votación.

En matrices grandes (del orden de 5x5 o superiores) puede considerarse aceptable hasta un 10% de inconsistencia y en la medida que las matrices son más pequeñas, este valor debe disminuir también. La consistencia se calcula automáticamente al completar las votaciones de cada matriz por medio de un software de apoyo y es uno de los indicadores que conviene revisar de inmediato. Si la inconsistencia es muy alta, es aconsejable eliminar primero los posibles errores en las votaciones (con lo que la inconsistencia se va recalculando junto con las votaciones que se modifican) y luego dedicarse a estudiar si las prioridades obtenidas coinciden con las preferencias de los asistentes.

Todos los seres humanos se mueven dentro de un cierto rango de inconsistencia, lo que permite dudar, cuestionar y aprender. Es debido a las inconsistencias en las votaciones (juicios), que las matrices de votación requieren “iterar” para encontrar los valores y vectores propios. Si los juicios emitidos fueran perfectamente consistentes, la matriz de comparaciones sería completamente consistente, y según lo visto en el capítulo dos, el vector propio de las prioridades se obtendría de forma inmediata normalizando cualquiera de las columnas de la matriz. Esta condición no es muy frecuente, pero puede presentarse si alguno de los criterios corresponde a una unidad de medida física del tipo proporcional, como por ejemplo tiempo o distancia, si se considera además, que su estímulo o causa produce una respuesta o efecto equivalente al de la escala física utilizada.

Conviene destacar algunos aspectos adicionales sobre la inconsistencia:

Primero: es una fuente inagotable y gratuita de aprendizaje. En efecto, al descubrir inconsistencias importantes, sobre todo en grupos de actores que difieren de manera significativa en sus apreciaciones sobre algunos puntos, conviene que las votaciones más “dispares” sean justificadas. Esto permite a los participantes escuchar las razones que fundamentan esta posición y así ampliar su conocimiento y/o percepción sobre el tema. Todos los actores involucrados incorporan nuevos aspectos a su visión del problema, lo que si bien no acerca posiciones por si mismo, obliga a aceptar que hay otras posiciones tan válidas como la individual de cada participante. Con lo anterior, al repetirse la votación, las inconsistencias suelen disminuir. Hay casos en los que esto no ocurre, y no es posible detectar “errores” en el procedimiento ni en la lógica de los participantes, sino

más bien se debe a posiciones muy diversas con respecto a un cierto tema (visiones valóricas distintas), o simplemente desconocimiento basal del mismo. Conviene documentar estos casos (que no ocurren con tanta frecuencia), de manera de tener claro el origen de la discrepancia y analizar, si por ejemplo, conviniese llevar a estas posiciones tan extremas a un análisis por escenarios. Ya se ampliará posteriormente esta forma de análisis.

Un segundo aspecto que también suele llevar a errores en la generación del vector de prioridades, es votar tratando de ser consistente, por la consistencia en sí. La consistencia, como se ha dicho, es un resultado del proceso de votación, no es un objetivo en sí mismo. Es posible ser completamente consistente y estar completamente equivocado.

Por ejemplo, la matriz asociada a los criterios estratégicos del Caso Guía podría haber tenido los siguientes valores o juicios de comparación:

$$\begin{array}{ccccc}
 \text{Amb} & \text{Sin} & \text{Soc} & \text{Rie} & \text{Eco} \\
 \left[\begin{array}{ccccc}
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Que la transforma en una matriz de 5x5 completamente consistente, con un vector de prioridades evidente (todas sus componentes son iguales a 1/5), pero que no tiene ninguna relación con las preferencias que se deseaba generar. De forma similar, pueden haber juicios muy precisos (con baja dispersión), en torno a un resultado absolutamente inexacto. *Se considera preferible tener una certeza moderada en torno a valores correctos, que exactitud en valores equivocados.*

Finalmente, los valores de consistencia aceptables dependen de varios factores:

- Cantidad de elementos a ser comparados (dimensión de la matriz de comparación)
- Cantidad y variedad de participantes
- Ubicación del criterio votado en la jerarquía del árbol de decisiones (criterios técnicos aceptan menos inconsistencia que criterios estratégicos o políticos)
- Uniformidad de nomenclatura con respecto a la información

Es posible que surjan algunas dudas durante el proceso de votación, y se requiera revisar la estructura nuevamente. No es recomendable evitar estos pasos, ellos conducen a un modelo mejor, más cercano a la realidad del problema que se está estructurando y por lo tanto a tomar decisiones más acertadas.

3.4. Construcción de las Escalas de Intensidad

3.4.1. Introducción

Como ya ha sido mencionado, las escalas de intensidad o medida son fundamentales para lograr una síntesis correcta de la información. Una síntesis mal

efectuada invalida el mejor de los análisis y todo el tiempo y evaluación de especialistas de renombre.

Lamentablemente, ejemplos de síntesis incorrecta hay muchos, partiendo con matrices de evaluación multifactor (a veces mal denominadas multicriterio) que normalmente utilizan escalas ordinales “vestidas” con números para aparentar cardinalidad, pero en realidad tienen la misma validez que hacer: $1^0 + 2^0 = 3^0$.

O de una forma más humorística: (*letrero a las afueras de Jacksonville, California*).

JACKSONVILLE	
Fundado	1820
Habitantes	5730
Altura sobre mar	300
TOTAL	7850

Otro ejemplo menos afortunado es la forma en que a veces se “mide” el impacto ambiental, utilizando métodos cualitativos y asociándole una métrica que no poseen. Ejemplo de esto, es el método de evaluación del impacto ambiental (VIA), extraído del manual de carreteras del MOP-España. (A veces utilizado también en Chile).

$$VIA = +- \{ (Int * Wi) + (Ext * We) + (Dur * Wd) + (Rev * Wr) \}$$

$$CEi = +- \{ Int + Ext + Dur + Des + Rev \}i * Ri / 5$$

$$IA = \sum_i Wi * CEi, \text{ (suma sobre valores ordinales)}$$

Con los criterios terminales (indicadores): Intensidad (Int), Extensión (Ext), Duración (Dur), y Reversibilidad (Rev), evaluados en escalas ordinales de 1 a 5 (todas iguales), los pesos Wi valores fijos, CE (coeficiente de evaluación), definido como el promedio de los criterios, ponderado por una especie de: “probabilidad de aparición del impacto”. Finalmente IA (índice ambiental), calculado como una suma ponderada de estos CE.

La cantidad de errores presentes en la fórmula anterior es abismante. No solo opera con números ordinales, (lo cual ya la descalifica de plano), además, fija los valores de los ponderadores Wi en forma arbitraria (para todos los proyectos y geografías), promedia lo que no tiene sentido y aplica un ponderador asociado a una probabilidad (¿frecuencia?), cuyo origen no es evidente. Esto último tiene además la idea (poca clara), de considerar que la frecuencia o probabilidad de un evento guarda una relación de dependencia multiplicativa con la importancia o nivel de impacto que pueda generar. Para apreciar este error conceptual, baste recordar el impacto generado por el volcán Hudson, o más recientemente el volcán Chaitén, sobre la vida del pueblo del mismo nombre. Su probabilidad de ocurrencia (en términos de frecuencia) es muy baja, sin embargo su impacto no lo es, luego, no es la multiplicación la operación que corresponde.

Estas y otras aberraciones matemáticas, no tienen ninguna justificación, más allá del deseo de sintetizar información de diferentes fuentes de alguna forma que “aparente” algún grado de estructura y que, al mismo tiempo, sea muy simple de usar y revisar. Está claro que, el lograr esos objetivos no puede ser a costa de invalidar los resultados del estudio.

3.4.2. Características de las Escalas

Una vez que los criterios y los subcriterios son aceptados por todos los participantes como los más adecuados para alcanzar el objetivo, se procede a crear una escala de intensidades para cada criterio terminal.

La idea es que cada escala sea natural al criterio terminal, según la información que éste maneja. Es decir, la intención no es ajustar la información (cualitativa o cuantitativa) a una escala en particular, y que requiere hacer simulaciones que muchas veces resultan forzadas (precios sombra, costo del trayecto, etc.), sino buscar/definir una escala (cualitativa o cuantitativa) que sea natural al concepto que se está manejando.

En palabras del Dr. Saaty: *“hay que construir las escalas a partir de la medida, no la medida a partir de las escalas”*.

Estas escalas pueden ser cualitativas como cuantitativas, incluso cuantitativas de tipo dicotómica, aún cuando es preferible (de ser posible), evitar el uso de escalas dicotómicas, producto precisamente de su escasa cardinalidad. Además, el tipo de escala debe ser aceptado como el más adecuado por el equipo de trabajo.

Por último, cabe señalar que otra de las ventajas del AHP es que permite trabajar con distintos tipos de escala para cada criterio las que aparte de ser cuantitativas, cualitativas o dicotómicas, pueden ser continuas o discretas, crecientes, decrecientes o sinusoidales.

Nota: Se desaconseja la utilización de una misma escala de intensidades para todos los criterios, por cuanto representaría una rigidez extrema sobre el modelo, y las funciones de transformación que proporcionan la cardinalidad de los cambios de intensidad, normalmente son diferentes para cada caso, como los especialistas saben muy bien.

Las escalas representan niveles de intensidad de cumplimiento del criterio al que están asociado, ordenados de menor a mayor.

3.4.3. Construcción de la Función de Transformación

Esta función corresponde a una transformación utilizando el operador vector propio y permite traducir (transformar) información cualitativa o cuantitativa en una escala de intensidades cardinal de tipo proporcional, que hace posible utilizarla para cada criterio terminal (indicador) del modelo, aceptando las 4 operaciones aritméticas y la combinación de los distintos criterios. Este esquema de trabajo, permite construir la síntesis global (ranking) sobre las alternativas. Es decir, una medida global del comportamiento de las alternativas.

Para generar métrica a partir de esta información, se utiliza el mismo concepto que para el resto de los criterios del modelo, con la facilidad adicional que los niveles están ordenados en intensidad creciente. Es decir, se realizan comparaciones a pares entre los niveles de la escala, y mediante el valor y vector propio se obtiene el vector de prioridades que representa la función de transformación.

Niveles nulos (ausencia de un efecto) no se incluyen en la matriz de comparaciones y se asigna, por defecto, un valor de cero en la función de transformación.

A continuación se presenta la definición del criterio terminal **“Inundación”**, del Caso Guía. Este es un criterio que pertenece a la rama de Manejo de Riesgos Hídricos:

Su escala de intensidades de tipo cualitativa es la siguiente:

Nivel	Descripción
<i>Fuerte</i>	El proyecto aporta directa o fuertemente al manejo del riesgo de inundación en la zona.
<i>Medio</i>	En términos generales, el proyecto aporta en forma indirecta o intermedia con el manejo del riesgo de inundación en la zona.
<i>Bajo</i>	El proyecto tiene un aporte bajo o muy indirecto con el manejo del riesgo de inundación en la zona.
<i>Nulo</i>	El proyecto no presenta ningún tipo de aporte bajo este concepto.

Figura 3.6: Escala de Intensidades para el Criterio Inundación

De esta forma, se construye la siguiente matriz de comparaciones a pares. Las celdas grises indican los juicios solicitados:

	Fuerte	Medio	Bajo	Vector Prioridades
Fuerte	1	13/5	5	1.000
Medio	5/13	1	12/5	0.414
Bajo	1/5	5/12	1	0.186

$IC = 0.01 \rightarrow$ Consistencia = 99%

El vector de preferencias normalizado de esta matriz es:
VP= {Fuerte=1.0; Medio=0.414; Bajo=0.186}

Al graficar el vector de prioridades de la matriz anterior, y unir sus puntos mediante rectas, se obtiene una aproximación de la función de transformación de la información desde una característica netamente cualitativa (eje de las abscisas), a una de tipo cuantitativa con métrica cardinal proporcional (eje de las ordenadas).
Notar que se agrega el punto Nulo = 0.0 en el gráfico a continuación:

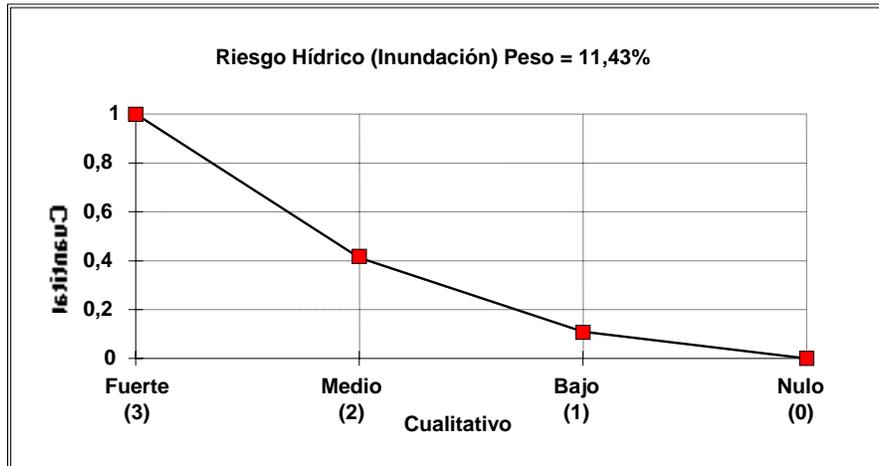


Figura 3.7: Función de transformación del riesgo hídrico (inundación)

Cabe hacer notar la poca linealidad de la función de la figura 3.7. Esto quiere decir, que para los especialistas entendidos en manejo de riesgo de inundación, el diferencial de impacto de pasar de un nivel de la escala a otro consecutivo no es homogéneo. Lo que invalida la aplicación de escalas lineales (como por ejemplo la escalas ordinales o de notas), que no cumplen esta condición.

De aquí, es fácil deducir el nivel de error que se comete cuando se utilizan escalas ordinales (tipo 1,2 3), para representar la información y operar numéricamente con ella.

3.4.4. Definición de Niveles Mínimos (Umbrales) de Eficacia

El haber construido escalas de medida permite, entre otras cosas, definir (y eventualmente calcular en términos matemáticos explícitos), rangos de validez, en términos de mínimo beneficio y máximo costo, como se puede apreciar en la figura 3.8. Lo que permite filtrar todas aquellas alternativas que se encuentren fuera de ese rango.

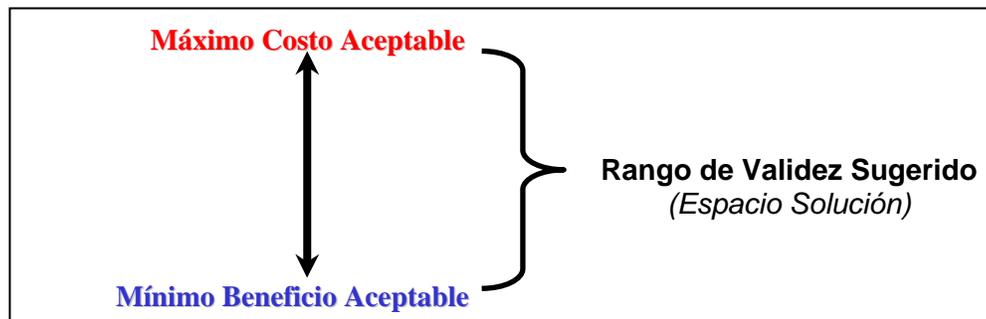


Figura 3.8: Rango de trabajo para las alternativas (carteras o proyectos)

El rango así definido, corresponde el rango de validez sugerido en que los programas, proyectos o carteras de inversión podrán moverse en la búsqueda del óptimo. Una forma de definir los umbrales mínimos, es estableciéndolo para cada criterio terminal a partir del juicio de experto. Como la función de transformación es continua, (aproximación lineal o polinomial entre puntos), conceptualmente cualquier valor entre 0 y 1 puede cumplir ese rol.

3.4.5. Consideraciones Generales

Se debe notar que para el caso de las escalas de evaluación (funciones de transformación) se utiliza la norma ideal (norma infinito o máximo), en vez de la norma distributiva (norma 1), que se utiliza para los criterios. Esto es así porque lo que se está construyendo en este caso, es una escala para evaluar a las alternativas en su modo absoluto. Esta condición se refleja en el hecho que el mayor nivel de intensidad de la escala tiene el valor máximo de uno.

También se debe notar que el valor “nulo” no entra en el proceso de comparaciones, pues no debiera tener valor alguno; matemáticamente, no tiene sentido compararlo con otros niveles, ya que cualquier cifra comparada con cero es infinitamente mayor. Las escalas proporcionales, en términos matemáticos, no requieren de un cero explícito, si bien este puede ser agregado después para una mayor facilidad en su uso.

Por último, es importante que la consistencia en las funciones de transformación sea lo mas alta posible (en el caso mostrado, la consistencia fue del 99%), ya que, es esperable que el conocimiento de los especialistas respecto de la métrica de los indicadores de medida (criterios terminales) sea muy alto. En caso contrario, implicaría que los especialistas carecen de la información necesaria y/o no conocen el tema/criterio terminal en cuestión con la profundidad requerida.

(Nota: se debe siempre recordar que la consistencia es una condición necesaria, pero no es suficiente, luego el tener escalas con baja o nula inconsistencia, no asegura de forma inmediata que ésta sea la correcta).

3.5. Evaluación de las Alternativas

3.5.1. Introducción

Una vez construidas todas las funciones de transformación (una para cada criterio terminal), se procede a la evaluación de la alternativas sobre dichas funciones, lo que corresponde al último paso del proceso de análisis del modelo de beneficios.

3.5.2. Matriz de Evaluación Multicriterio

Para evaluar el conjunto de las alternativas para todos los criterios terminales (indicadores) presentes en el modelo de beneficios, se construye una matriz, denominada “matriz de evaluación multicriterio”, de doble entrada, en que las filas contienen a las alternativas, mientras que en las columnas se sitúan los criterios terminales.

La evaluación de las alternativas puede hacerse utilizando los niveles de intensidad definidos en cada escala. En los casos en que no haya coincidencia de opiniones entre los participantes, el valor de evaluación a ser ingresado corresponde al promedio aritmético de las evaluaciones individuales.

Notar que en este caso es posible utilizar la media aritmética, porque existe una escala de medida proporcional que representa directamente las diferencias existentes entre los niveles de la escala (función de transformación), cuya representatividad es compartida por los evaluadores. En cualquier otra situación, la media a utilizar será la geométrica, ya que ésta respeta el axioma N°1 de la reciprocidad. Más detalles respecto a esto se pueden ver en el capítulo 8.

La figura 3.9 a continuación muestra una parte de la matriz de evaluación multicriterio para el Caso Guía (13 de los 24 criterios terminales).¹

Matriz (Multicriterio) de Evaluación de los Proyectos

CODIGO DEL PROYECTO	EFICACIA SOCIAL		EFICACIA EN MANEJO DE RIESGOS							
	E. POBREZA		# BENEFIC.		FORESTAL Y SUELOS			HIDRICO		
	% COM	% REG.	DIREC	INDIR.	DEFOR	DEGR	INCEN	INUND.	D.AGUA	SEDIM
CC5-11	MEDIO	ALTO	SPROM	0	0.074	0.064	0	FUERT	0.667	0.175
CC5-2	MEDIO	MEDIO	BAJO	0	0.074	0.355	0	FUERT	0.667	0.276
CC5-3	MALTO	MEDIO	BAJO	0	0.074	0.355	0	FUERT	0.667	0.276
CC5-4	ALTO	MEDIO	BAJO	0	0.074	0.355	0	FUERT	0.667	0.276
CC5-5	ALTO	MEDIO	BAJO	0	0.074	0.355	0	FUERT	0.667	0.276
CC5-6	ALTO	MEDIO	BAJO	0	0.074	0.355	0	FUERT	0.667	0.276
CC5-7	MEDIO	ALTO	BAJO	0	0.074	0.355	0	FUERT	0.667	0.276
CC5-8	MEDIO	0.209	BAJO	0	0.074	0.355	0	FUERT	0.667	0.276
CC5-9	MALTO	MEDIO	BAJO	0	0.074	0.355	0	FUERT	0.667	0.276
AS5-4	MEDIO	ALTO	0	CUENC	MEDIO	0.273	MEDIO	0.037	0	BAJO
CF5-3	MEDIO	ALTO	0	CUENC	0.810	0.812	MEDIO	0.138	0.333	0.051
MF5-1	MEDIO	ALTO	0	CUENC	0.810	0.812	FUERT	MEDIO	APOR	0.276
MS5-3	MEDIO	ALTO	PROM	0	FUERT	FUERT	0.795	MEDIO	APOR	BAJO
MS5-4	MEDIO	BAJO	BAJO	0	BAJO	BAJO	BAJO	0.037	0	0
AS5-1	MEDIO	MEDIO	SPROM	0	0.217	0.273	0.432	0.037	0	0.051
AS5-2	MEDIO	BAJO	PROM	0	0.217	0.273	0.432	0	0	0
AS5-3	MEDIO	ALTO	IMP.	0	0.217	0.273	0.432	0	0	0
GC5-7	MEDIO	ALTO	0	CUENC				0.804	APOR	0.051
CC5-10	MEDIO	ALTO	0	CUENC				0.609	0.750	0
CF5-1	MEDIO	ALTO	0	CUENC	MEDIO	MEDIO	0.795	BAJO	0.333	0.400
CF5-2	MEDIO	ALTO	0	CUENC	MEDIO	0.273	0.227	0.037	0.333	0.051
CF5-5	MEDIO	ALTO	0	CUENC	FUERT	FUERT	0.590	BAJO	0.333	0.051
MF5-2	MEDIO	ALTO	0	CUENC	0.810	FUERT	FUERT	0.312	APOR	BAJO
MF5-3	MEDIO	ALTO	0	CUENC	FUERT	FUERT	FUERT	MEDIO	APOR	0.276
AS5-5	MEDIO	MEDIO	0	CUENC	0.037	0.064	0.049	0.037	0	0
AS5-6	ALTO	MEDIO	0	CUENC	0.333	0.333	0.333	0.138	0.333	0.175
CF5-4	MEDIO	ALTO	0	CUENC	0.217	0.146	0.227	BAJO	0.333	BAJO
GC5-6	MEDIO	ALTO	0	CUENC	0.493	0.578	0.443	0.310	0.833	0.338

Figura 3.9 Matriz de evaluación multicriterio (parcial)

Con:

Filas = alternativas a ser evaluadas (proyectos)

¹ No se muestra la matriz de evaluación multicriterio, completa debido a su tamaño, ya que ésta considera 24 criterios terminales x 35 alternativas = 840 celdas de evaluación.

Columnas = criterios terminales por lo que se miden las alternativas, utilizando las escalas respectivas ya construidas.

Valores numéricos (ej: 0.074) : evaluaciones donde los especialistas no coincidieron en un mismo nivel de intensidad, y por lo tanto, corresponden al promedio aritmético de los correspondientes valores cardinales derivados de la función de transformación.

Evaluación cualitativa (ej: MEDIO): corresponde a algún nivel de la escala de intensidades del criterio, donde los especialistas han coincidido en la evaluación de una alternativa.

3.5.3. Consideraciones Generales

El llenado de la matriz, es decir, la evaluación de cada alternativa respecto de cada criterio terminal (indicador), debe ser realizado por él o los especialistas en dicho criterio, y aún mejor, si corresponde a los mismos que construyeron la escala de intensidades del criterio terminal en cuestión. Como una forma de aumentar la precisión de una evaluación, se sugiere asignar los criterios a evaluar a los participantes técnicos entendidos, de modo que cada especialista evalúe todas las alternativas para un cierto criterio(s) terminal(es). En la medida que el equipo de trabajo lo permita, es aconsejable que participen al menos 2 evaluadores por cada criterio terminal.

En caso de no poseer información de alguna evaluación en particular (casilla), es mejor dejar el casillero en blanco, es decir, no evaluar sobre lo que no se tiene un grado adecuado de certeza. Las evaluaciones nulas son evaluaciones diferentes a las de casillero blanco, pues una evaluación nula posee información y ésta equivale al valor “ausencia de aporte o contribución”.

Notar que para efectos prácticos de cálculo, juicios nulos y blancos valen lo mismo; luego es importante diferenciar un caso del otro, por dos motivos: primero, para poder evaluar con cuanta información ha sido compilada la matriz. Es obvio que información faltante de un criterio de bajo peso, no tiene la misma significancia que información faltante en un criterio terminal de alto peso. Y segundo, para poder identificar claramente los vacíos dentro de la matriz como: “falta de información”, para proceder a obtenerla o en caso que esto no sea posible, realizar los supuestos y/o ajustes correspondientes.

Cabe recalcar la conveniencia que los integrantes del equipo de trabajo participen en la evaluación de los criterios que dominan más, sin evaluar lo que no conocen o donde poseen comparativamente menos conocimiento. Para los eventuales casilleros en blanco (dependiendo de su importancia), se procurará identificar y conseguir los especialistas idóneos con quienes completar dichas evaluaciones.

3.6. Síntesis (Vector de Resultados)

3.6.1. Introducción

Una vez completada la matriz de evaluación anterior, se está en condiciones de realizar el proceso de síntesis que permite asignar a cada alternativa, una medida del beneficio esperado.

3.6.2. Obtención del Ponderador de los Criterios Terminales

El proceso descrito en el punto 3.3 por el cual se obtiene el vector de pesos locales de cada nodo o criterio en relación al nivel siguiente de descomposición en la

jerarquía, se repite desde el objetivo hasta los criterios “cuasi-terminales”, cuya descomposición entrega los criterios terminales.

Para la síntesis u obtención de la evaluación numérica final de cada alternativa, es necesario calcular previamente el denominado *peso o ponderador global de los criterios terminales*, es decir, su importancia referida al objetivo global de la jerarquía.

Este valor se obtiene como la pitatoria (multiplicación sucesiva), de los pesos locales de cada nivel, desde el criterio terminal hacia el objetivo del modelo, siguiendo una misma rama de la jerarquía. La figura 3.10 ilustra a través de las figuras en blanco, la rama de criterios involucrados en el cálculo del peso o ponderador global del criterio terminal con peso local de w_3 .

En este caso, el ponderador global del criterio terminal está dado por $W(\text{global})=w_1 \times w_2 \times w_3$.

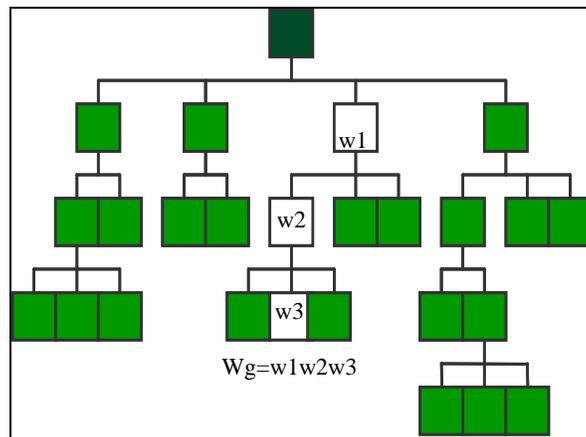


Figura 3.10: Obtención de los pesos globales

Cabe destacar que la suma de los ponderadores globales de los criterios terminales de una jerarquía es siempre 1 ó 100%.

A continuación, se presenta un ejemplo simple de cómo se implementa la síntesis jerárquica a partir de un modelo creado con medida absoluta (AM) (criterios + escalas de medida).

Considérese que se desea evaluar un grupo de personas para un aumento de sueldo. Los criterios analizados son: Independencia (capacidad de hacer las cosas por sí mismo), Educación (nivel de formación), Experiencia (años de trabajo), y Calidad del trabajo que realiza, y que el modelo de evaluación es el siguiente:



Figura 3.11: Modelo básico de medida absoluta (AM)

Las escalas de cada criterio tienen sus propios valores cardinales, obtenidos a partir del operador vector propio, de hecho, el nivel “promedio” de la escala en el criterio experiencia difiere numéricamente del mismo nivel promedio de la escala del criterio calidad del trabajo (casi 100% de diferencia), conformando funciones de transformación distintas, todas normalizadas a 1.0, (modo ideal en medida absoluta).

A partir de este modelo, es posible construir la matriz de evaluación multicriterio, la que sirve para evaluar a los candidatos al aumento de sueldo. Los empleados a evaluar son : Vicente, Orlando, Sandra, Luisa, Tomás, Carlos y Enrique.

Nombre	Indepen	Educac	Exper.	Calidad	Total	Normal
Vicent	Sobresal	Licen.	Algun	Sobresal	0.289	0.180
Luis	Prom.	Licen.	Algun	Sobresal	0.177	0.110
Carlos	Prom.	Master	Mucha	< Prom.	0.197	0.122
Sandr	< Prom.	Ed.Media	Ninguna	> Prom.	0.163	0.101
Orland	Prom	Doctor	Mucha	> Prom.	0.293	0.182
Tomás	Prom	Doctor	Mucha	Prom.	0.282	0.175
Enriqu	< Prom.	Licen.	Prom.	> Prom.	0.208	0.129

Figura 3.12: Ranking de empleados en medida absoluta (AM)

El puntaje total (penúltima columna de la figura 3.12), corresponde a la suma de los puntajes ponderados según fórmula (3.6.3), del punto a continuación.

Notar que el dinero para los incrementos de sueldo se debe asignar de acuerdo con el puntaje normalizado (última columna), y que corresponde al performance general

del empleado. Por ejemplo, al empleado Vicente, le correspondería el 18% del total del bono por aumento de productividad, a Luisa el 11%, y así sucesivamente.

3.6.3. Obtención de la Eficacia de cada Alternativa

Este proceso consiste en obtener el vector de resultados del modelo de beneficios, o ranking final de las alternativas según su eficacia/beneficio, y se obtiene multiplicando la evaluación cardinal de cada alternativa, por el peso global del criterio terminal correspondiente, y sumando sobre toda la fila (criterio por criterio). Esto se puede expresar como:

$$R(A_j) = \sum_i E_i(A_j) * w_i, \quad \text{con: } i=1, \dots, n. \quad j=1, \dots, m \quad (3.6.3)$$

Con:

n= Número de criterios terminales de la jerarquía

m= Número de alternativas que se están evaluando

A_j = Alternativa j

w_i = Peso global o ponderador del criterio terminal i

$E_i(A_j)$ = Evaluación de la alternativa A_j sobre el criterio terminal i, expresada a través de la función de transformación del criterio i

$R(A_j)$ = Ranking global o contribución en beneficio de la alternativa A_j .

El valor final de puntaje/ beneficio de cada alternativa corresponde a la medida cardinal proporcional de su eficacia en cumplir con el objetivo global del modelo, o dicho de otra forma, la medida de la contribución de cada alternativa con respecto del objetivo planteado. Cuanto más alto sea el puntaje, mayor es su contribución.

El máximo valor que puede alcanzar la evaluación de una alternativa es 1.0 (100%), y corresponde a una evaluación máxima en todos los criterios terminales.

La obtención del puntaje final de eficacia de cada alternativa, permite el desarrollo de diversos tipos de análisis sobre las alternativas consideradas. Algunos de ellos se presentan, para mayor claridad, a través del Ejemplo Guía a continuación.

Para la obtención del valor de eficacia de cada proyecto, se aplica la ecuación 3.6.3 anterior. De esta forma, se tiene el siguiente vector de prioridades o ranking cardinal de proyectos para el Caso Guía:

CODIGO PROYECTO	NIVEL DE EFICACIA	CODIGO PROYECTO	NIVEL DE EFICACIA
MS5-5	0,595	CC5-6	0,352
MF5-3	0,587	GC5-5	0,349
MS5-3	0,582	MS5-1	0,346
MF5-1	0,576	CC5-4	0,344
MF5-2	0,545	CC5-5	0,344
CF5-3	0,480	CC5-8	0,333
CF5-5	0,468	AS5-6	0,314
MS5-2	0,415	GC5-6	0,307
CC5-3	0,413	GC5-1	0,303
GC5-7	0,408	MS5-4	0,273
CC5-10	0,397	GC5-3	0,273
CC5-9	0,390	AS5-3	0,216
AS5-4	0,379	AS5-5	0,212
CF5-1	0,378	CF5-4	0,199
CC5-2	0,367	AS5-1	0,198
CC5-7	0,363	AS5-2	0,175
CC5-11	0,358	GC5-8	0,133
CF5-2	0,357		

Figura 3.13a Ranking de proyectos por eficacia

Proyecto Promedio =	0,377
Inconsistencia (IC) =	0,05
Umbral (PP+IC) =	0,427
Promedio Aritmético =	0,364

Figura 3.13b: Estadísticas

Dado que el puntaje final obtenido por el proyecto mejor clasificado es de 0,595, y que sólo 7 alternativas superan el umbral de eficacia mínima, se puede observar que la performance general de esta cartera es más bien baja en relación al objetivo planteado..

Notar que en la construcción del umbral, al proyecto promedio se la ha sumado la inconsistencia global del modelo, por ser ésta un equivalente al: “*error de medida del modelo*”.

Para leer mejor la cartera de proyectos en términos de resultados, resulta útil clasificarlos en dos grupos: proyectos por sobre una eficacia mínima esperada, y proyectos que no alcanzan dicho valor. Para realizar esta separación, se utiliza el umbral de eficacia mínima, concepto que se introduce a continuación:

3.6.4. Clasificación de las Alternativas en Términos de la Eficacia Mínima

En un modelo de beneficios (eficacia), la clasificación de las alternativas se realiza respecto a un valor mínimo de beneficios esperados (umbral de eficacia mínima).

Un conjunto de alternativas con eficacias bajas debe ser revisado, porque lo que se anticipa es que la capacidad de dichas alternativas de dar respuesta al problema planteado será bajo. En muchas instancias, esto determina una detención del proceso y la búsqueda o construcción de mejores alternativas (proyectos o carteras), como por ejemplo, la fusión de algunas de las ya analizadas, para mejorar la calidad de las alternativas del problema.

Seguir adelante con un conjunto de alternativas de baja eficacia es una decisión del equipo de trabajo.

El siguiente gráfico de comportamiento, muestra la clasificación entre proyectos sobre la eficacia mínima (7 proyectos) y los que se hallan por debajo del umbral (28 proyectos).

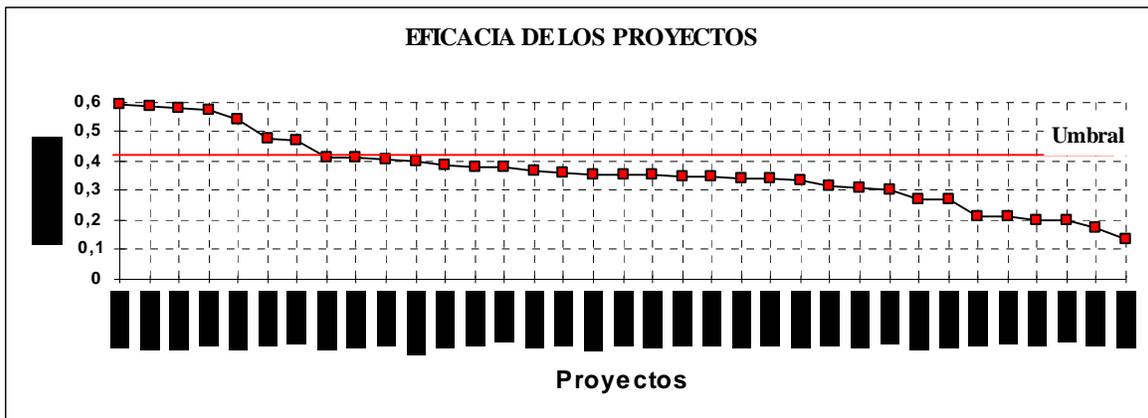


Figura 3.14: Comportamiento de la cartera de proyectos según proyecto mínimo.

La línea horizontal roja, en la figura 3.14, indica la ubicación del umbral en 0,427 calculado como el valor del proyecto promedio más la inconsistencia global del modelo (0,05), (*error de medida*), y que corresponde al nivel de eficacia mínima deseable. Todo proyecto sobre este umbral, es un proyecto deseable en términos de su eficacia.

Notar que éste umbral, definido a partir de un proyecto promedio, no debe ser confundido con un promedio aritmético de las eficacias de los proyectos.

Este umbral, permite visualizar rápidamente la calidad efectiva de la cartera de inversiones como un todo. En el caso guía, se puede deducir fácilmente que la cartera en cuestión no es realmente una buena cartera de inversiones. Una primera conclusión del análisis de la figura 3.14, es que el conjunto de alternativas inicial debiera ser revisado y modificado, generándose, (o al menos evaluando la posibilidad de generar), otra cartera de inversiones alternativa.

3.6.5. Análisis de Sensibilidad y Estabilidad

Sensibilidad

La importancia del análisis de sensibilidad, es que permite visualizar cómo responden las alternativas frente a eventuales cambios externos, así como entender el detalle del comportamiento de cada alternativa respecto de las variables de mayor relevancia (criterios estratégicos) del modelo planteado.

La intención del análisis de estabilidad frente a cambios externos debe enfocarse hacia escenarios con probabilidades relativamente altas de ocurrencia. En esto, se diferencia de un enfoque tipo programación lineal orientado a generar cientos de opciones, la mayoría de las cuales no tienen mayor sustentabilidad en la realidad del problema. El análisis de sensibilidad externo demuestra el conocimiento del contexto en que se sitúa el problema, las variables exógenas que pueden cambiar y que están fuera del control de los decisores. Por ello, no se trata de un proceso mecánico, ni de “jugar con los números”.

La implementación de este análisis consiste en la revisión de los pesos de los criterios estratégicos, evaluando como se modifican frente a posibles cambios externos. Algunos ejemplos pueden ser: modificaciones en el precio de insumos relevantes, en tasa de cambio del dólar o UF, en relaciones internacionales con países fronterizos, retraso de la disponibilidad de tecnología/recursos humanos para implementaciones, etc..., es decir, revisando los supuestos definidos a lo largo del proceso.

Al efectuarse un cambio en la distribución de los pesos de los criterios estratégicos en virtud del análisis de sensibilidad, deben re-calcularse los pesos globales de los criterios terminales de la jerarquía nuevamente, lo cual producirá un nuevo ranking del conjunto de alternativas. Notar que las evaluaciones de las alternativas bajo cada criterio no son modificadas.

Un segundo análisis está enfocado al comportamiento de las alternativas en relación con los criterios estratégicos, produciendo la síntesis a nivel de cada uno de los criterios estratégicos del modelo, y no del objetivo planteado (como si éstos fueran el objetivo en sí). Es decir, aplicar la expresión 3.6.3 para cada rama/criterio estratégico, pero sin sumar entre ellas.

Este análisis entrega para cada alternativa, su puntaje o medida de contribución relativa a cada uno de los criterios estratégicos y permite determinar el balance entre dichos conceptos. Las áreas más débiles de cada alternativa, son áreas donde quizás es posible mejorarla y/o redefinirla, de modo de mejorar su evaluación final o contribución al objetivo de beneficio planteado. Esto permite además, detectar si hay desviaciones interesantes entre las alternativas (por ejemplo, todas significativamente pobres o muy bien evaluadas con respecto de algún criterio estratégico en particular) y tomar medidas al respecto.

En el Ejemplo Guía, se realiza un análisis de sensibilidad detallado para detectar las fortalezas y debilidades de los proyectos con respecto de los cinco criterios estratégicos. En la figura 3.15 se presentan los primeros 6 proyectos del ranking de eficacia para dicho análisis.

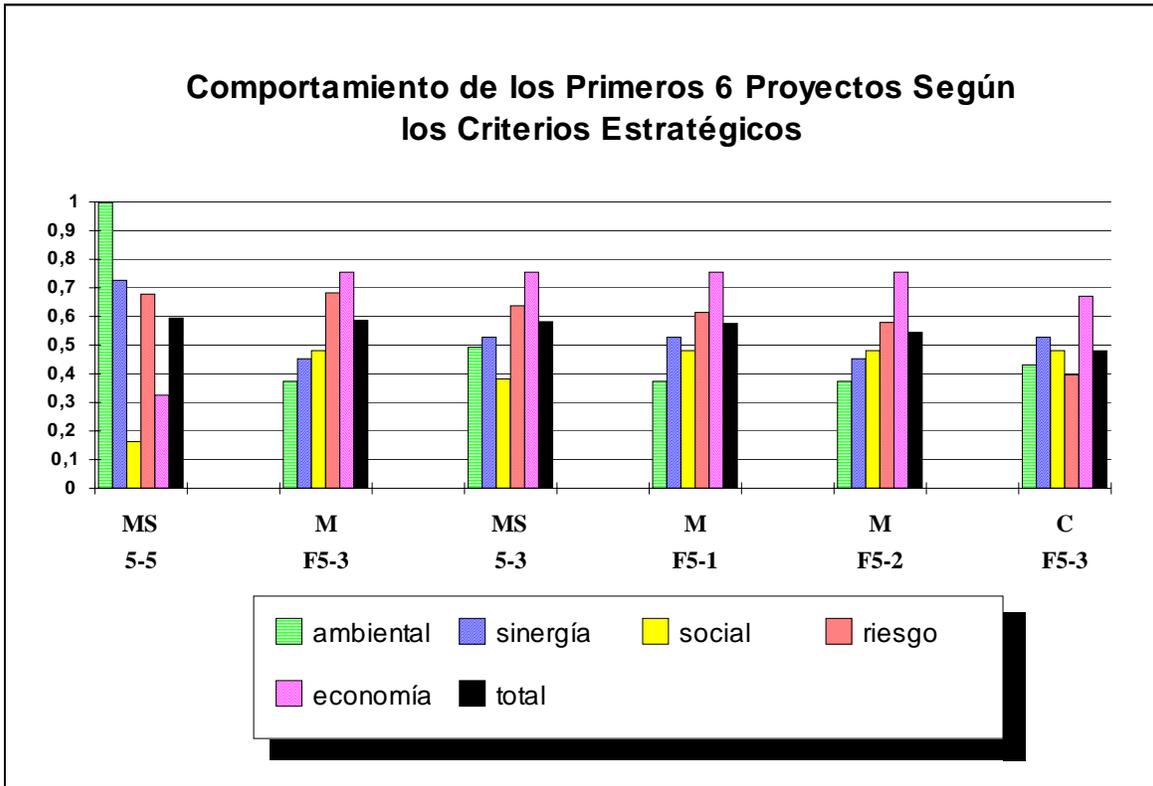


Figura 3.15: Comportamiento de los primeros 6 proyectos respecto a los criterios estratégicos

En la figura 3.15, se puede apreciar, por ejemplo, que el proyecto mejor clasificado MS5-5, tiene un excelente comportamiento según el criterio de eficacia ambiental (barra verde), pero su eficacia social (barra amarilla) es definitivamente baja.

Igualmente, se puede analizar el comportamiento de los restantes proyectos, los que presentan en general, un buen desempeño desde el punto de vista económico y uno más discreto desde el punto de vista ambiental y social.

Este análisis, permite discernir donde hacer posibles modificaciones a las alternativas (proyectos), tal que éstas mejoren de forma notable su performance.

Estabilidad

Otra de las ventajas de tener medida, es la posibilidad de evaluar diferentes carteras de inversión a partir del conjunto de alternativas, las que pueden derivar de diferentes ordenamientos del ranking de eficacia. Estas diferencias por ejemplo, pueden provenir de visiones distintas y aparentemente irreconciliables, respecto de la importancia de alguno de los criterios del modelo.

Para el Caso Guía, al sensibilizar los resultados se puede construir una visión o escenario diferente respecto de, por ejemplo, la importancia del manejo de riesgos hídricos (sedimentación) versus su manejo de los riesgos forestales (deforestación). Estas visiones, que inicialmente se podrían definir como contrapuestas, ya que los pesos de estos 2 criterios en el escenario base son (55-45), a favor de riesgo hídrico (curva roja), y

exactamente el opuesto (45-55) a favor de manejo de incendios en el escenario modificado (curva azul).

Lo interesante en este análisis, una vez expuestas las ideas es que en vez de enfrascarse en una disputa de fuerzas, los interesados han preferido evaluar la estabilidad /compatibilidad de los resultados frente a estas dos visiones o escenarios.

En la figura 3.16 a continuación, se muestran las dos curvas de preferencia que se producen al ingresar al modelo las dos visiones de forma separada. La curva en rojo presenta el ordenamiento de la cartera bajo la visión de mayor importancia en el manejo de riesgos hídricos (situación original), mientras que la curva en azul presenta el nuevo ordenamiento de la cartera suponiendo que son los riesgos forestales los más importantes.

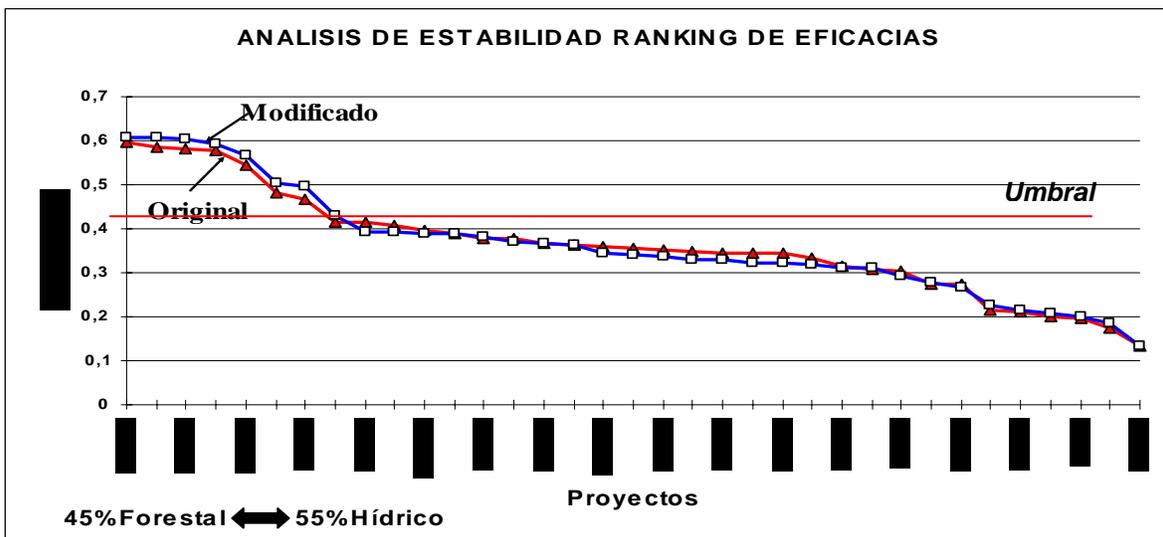


Figura 3.16: Análisis de la estabilidad de las carteras

Notar que el grado de acoplamiento existente entre las dos curvas es casi total, es decir, ambas curvas o carteras son en términos técnicos prácticamente equivalentes. De hecho, en la zona de eficacia aceptable, (sobre el umbral) que es donde el análisis interesa más, los proyectos seleccionados resultan ser los mismos (aunque con ligeras diferencias en su valor de eficacia).

3.6.6. Consideraciones Generales

El tener métrica, hace posible definir un umbral de forma objetiva, lo que a su vez, entrega, tanto de forma numérica como visual, el comportamiento general de la cartera. Además, permite, la eventual construcción comparativa de otras carteras que reemplacen a la ya evaluada, descartando por ejemplo, aquellos proyectos de baja eficacia e incorporando otros. Estas carteras pueden ser medidas y comparadas en término de su eficacia, y eventualmente, en términos de su compatibilidad en el caso de requerirse algún tipo de negociación para lograr el cambio de cartera.

Otra importante ventaja de haber construido métrica, es la capacidad de medir donde es más eficiente asignar recursos para el mejoramiento global del comportamiento

de la cartera. Es decir, donde actuar para mejorar el valor final de eficacia dentro de la misma cartera. Por ejemplo, al revisar la figura 3.15, es evidente que no tiene mucho sentido mejorar el proyecto MS5-5 en su aspecto ambiental, donde ya se halla en un 99% de su capacidad total, pero podría ser interesante mejorarlo en su aspecto social, donde apenas alcanza un escaso 16%, lo que lo hace un excelente candidato para ser mejorado.

Este tipo de análisis, permite focalizar los esfuerzos (y por ende los recursos), donde existe una mayor probabilidad de éxito y así mejorar la entera cartera reformulando (o solicitando reformular) los proyectos de forma de hacerlos eficaces respecto del objetivo, reforzando sus debilidades más marcadas y al mismo tiempo de forma eficiente, esto es: obteniendo un retorno mayor por hora utilizada en su reformulación.

Con respecto al análisis de estabilidad de la figura 3.16, es interesante notar el mundo de diferencia que existe al evaluar ordinalmente o cardinalmente una cartera. Por ejemplo, si se consideran sólo los cambios de orden de los proyectos de la cartera (en un análisis ordinal de la cartera), la posibilidad de negociar entre los riesgos forestal e hídrico habría sido muy complicada, producto de que existen al menos 10 inversiones de orden en el ranking y no se sabe que valor tienen estos proyectos.

Por otro lado, el análisis cardinal de la cartera (ranking con métrica) hace posible constatar que la diferencia de las carteras sobre el efecto final es mínima. Incluso, al analizar toda la gráfica sin considerar el umbral de corte, también se nota una alta compatibilidad, lo que denota que, independientemente de la cartera finalmente escogida (curva azul o curva roja), el impacto sobre la cuenca se proyecta equivalente.

De esta forma, el sentido de discusión o desacuerdo que pudiese existir, se reduce sólo a un aspecto económico o de financiamiento de los proyectos, y ya no de su impacto. Este último, tiene un origen de tipo estratégico y valórico, lo que dificulta cualquier proceso de negociación que no haya sido precedido de un proceso de construcción de métrica proporcional.

Nota: al utilizar este esquema como marco regulatorio, es posible, ya que su impacto es cuasi-idéntico, seleccionar proyectos de eficacia y eficacia-costo parecidos y asignarlos de forma equivalente (reparto proporcional). Al aplicar este esquema de forma regulada, ayuda a facilitar el proceso de negociación entre las partes, dado que ahora ambas partes conocen exactamente cuanto están transando o intercambiando en términos de sus objetivos de orden local (sus propias visiones), como en función del objetivo general (el problema a resolver).