

Un modelo de valoración expropiatoria

1. INTRODUCCION

En nuestros días, la realidad económica soporta enfrentamientos cotidianos entre los intereses públicos y privados. Quizá merece especial mención el incremento en el número de expropiaciones forzosas y de litigios entre entidades expropiantes y propietarios afectados.

Podríamos definir la expropiación forzosa como una transferencia coactiva de propiedad desde un agente económico privado a un ente público o a una empresa privada, por razón de una obra declarada de utilidad pública o de interés social, previo pago de una indemnización.¹

En el presente artículo, hacemos especial hincapié en dos notas esenciales de la expropiación. La primera, es la existencia de un interés público o social, prevaleciendo sobre el privado, que justifique la privación coactiva del derecho de propiedad. La segunda, es la indemnización al expropiado por la privación que se le impone.

En este sentido, es evidente la ausencia de un criterio científico en la legislación actual,² así como la necesidad de perfeccionar la metodología, partiendo de los modernos conceptos de valoración³ e introduciendo modelos económicos, especialmente diseñados para las diferentes situaciones que pueden contemplarse en el fenómeno de la expropiación forzosa. Sin embargo, creemos que hasta ahora no se ha intentado este tipo de estudios en la literatura económica, a un nivel de investi-

1. Caben otras modalidades expropiatorias, tales como la ocupación temporal, y la permuta y arrendamiento forzosos. Además, no todas las expropiaciones tienen por objeto posibilitar la ejecución de una obra pública. Piénsese, por ejemplo, en las expropiaciones de tierras con fines de reforma agraria.

2. Como es sabido, las legislaciones de los principales países europeos no se ajustan a métodos científicos en lo que se refiere a criterios de valoración. Véase bibliografía (1), (2), (3), (4), (5), (9), (10), (11), (12) y (18).

3. Véase entre otros (6) y (7).

gación teórica o aplicada.⁴

El trabajo que publicamos pretende avanzar en esta dirección, desarrollando un modelo económico, basado hasta cierto punto en ideas del Profesor Ballester, que proporcione un criterio de valoración expropiatoria que pueda servir como pauta en los casos más frecuentes de expropiación.

Las investigaciones sobre una teoría de la expropiación, hoy todavía inexistente, podrían ayudar a la redacción de normas legales en esta materia. Es indudable que una ley de expropiación ha de venir condicionada por el contexto ideológico que inspira el ordenamiento jurídico del país para el cual se promulga dicha ley. El criterio de universalidad, que debe presidir toda investigación científica, aconseja empezar por la construcción de modelos, cuyo alcance sea el más amplio posible, dentro de las restricciones que imponen las hipótesis de trabajo, dejando para especialistas en Derecho Administrativo la traslación de los conceptos económicos al articulado de leyes y reglamentos.

El propósito fundamental de este artículo, es dar paso adelante hacia una teoría de la valoración expropiatoria. No obstante se reserva un corto espacio a la discusión de la legislación española sobre expropiaciones, aunque permaneciendo al margen de toda problemática jurídico-doctrinal, que es absolutamente extraña a nuestro trabajo. No obstante, debemos reconocer sus conexiones con la esfera de lo jurídico, puesto que, en último extremo, su finalidad es incidir en aquella esfera, racionalizando en la medida de lo posible, no la estructuración de las normas, pero sí algunos supuestos que las pudieran fundamentar.

2. CONCEPTOS PREVIOS

1. *Discusión de la legislación española sobre expropiación forzosa*

La legislación española sobre expropiación arroja una serie de interrogantes en cuanto a su fundamentación teórica, ante los continuos avances de la ciencia económico y de la valoración agraria. Se precisa

4. La única referencia que hemos encontrado es (8), donde se trata de encuadrar el Análisis Coste-Beneficio en la Valoración; con este fin, Bentivega analiza el mercado de competencia perfecta y considera sus inadecuaciones a la luz del desarrollo de la ciencia económica en conceptos de externalidades y de bienes públicos.

Sobre la base de los principios y postulados de la Valoración, considera la técnica del Análisis Coste-Beneficio como un procedimiento indirecto de valoración de bienes colectivos o de bienes con evidente «implicación social».

Pero el trabajo se limita a apuntar la idea, sin profundizar en el desarrollo de este ensamble Valoración-Análisis Coste/Beneficio.

actualizarla, en especial en lo referente al procedimiento¹ y a los métodos de estimación del justiprecio.²

A nuestro modo de ver, los supuestos básicos del problema son los siguientes:

1.— Todo proceso de expropiación exige, para estar justificado económica, política y jurídicamente, la declaración de «utilidad pública» (de acuerdo con la terminología al uso en la legislación española) del proyecto que el organismo público pretende llevar a cabo.³

2.— La decisión política, por la que un proyecto se declara de utilidad pública, puede fundamentarse:

A) En una consideración global de costes y beneficios, refiriendo los mismos a la comunidad o a un grupo u objetivo político-económico determinado, pero, en todo caso, sin hacer un análisis pormenorizado y técnico de la rentabilidad social del proyecto.

B) En un previo y detallado (hasta donde el nivel de la técnica analítica actual lo permita) estudio de los costes y beneficios sociales del proyecto.

Como es bien sabido, la exigencia de que la declaración de utilidad pública debe estar basada en un estudio (lo más exhaustivo posible) de la rentabilidad social no significa que la decisión política quede estrechamente vinculada a sus resultados. Existe, en cualquier comunidad, una lógica política que puede no ser siempre coincidente con la lógica económica, resultado de una técnica dada de razonamiento.

3.— Nuestro punto de vista es que, dado el estado actual de los conocimientos económicos, la declaración de utilidad pública de un proyecto de cara a la iniciación de un expediente de expropiación forzosa puede y debe fundamentarse en un estudio previo de los costes y beneficios sociales en su más riguroso sentido.

4.— En este estudio, el valor de mercado (si esta expresión tiene algún sentido exacto para el bien «tierra») constituye una parte del coste social implicado en el proyecto; de ahí, lo que puede haber de aportación positiva en las técnicas actuales de valoración del suelo con fines de expropiación, tal como se recogen en la legislación española y de otros países. Se trata de una dimensión del coste del proyecto: coste privado y directo, pero las consecuencias positivas o negativas del proyecto sobre los propietarios colindantes y vecinos no se agotan aquí. El valor asignado a un activo económico, mediante el mecanismo de los precios de mercado, resulta incapaz de captar un volumen considerable de interdependencias sociales y que constituyen el campo de análisis del método Coste-Beneficio. Se trata, en definitiva,

1. El crecimiento del número de expropiaciones y de expedientes por desacuerdos hace imprescindible una agilización del procedimiento.

2. Más bien debería hablarse de indemnización.

3. O también organismos privados autorizados.

de valorar los costes y beneficios indirectos e intangibles que se escapan a la óptica valorativa del mercado.⁴

5.— Este es precisamente nuestro punto de arranque y la justificación analítica para tratar de,

a) Completar las técnicas de valoración existentes, considerándolas dentro de una perspectiva analítica más general, y de la que constituyen un caso especial cuando no existen efectos externos ni problemas de bienes públicos.

b) Marcar una posibilidad de valoración social más correcta, cuando existen efectos externos, problemas de bienes públicos o decisiones impuestas.

Ambos supuestos ocurren en todo proceso de expropiación forzosa del suelo. Por ello, la primera enmienda que se propone es que se incluya en la normativa de expropiación la necesidad de realizar un detallado y completo análisis coste-beneficio, previo a la declaración de utilidad pública.

En cuanto a la determinación del justiprecio, la Ley prevé la posibilidad de transacción voluntaria, en cuyo caso no existe problema valorativo. Sin embargo, en el supuesto de expediente de expropiación forzosa y en cuanto a fincas rústicas se refiere, la ley especifica en su artículo 39: «El valor de las fincas rústicas se fijará por la media aritmética entre la cantidad resultante de capitalizar al interés legal la renta líquida de rústica, aumentada en un 5 o en un 10 por 100, según sea catastrada o amillarada, y el valor en venta actual de fincas análogas por su clase y situación en el mismo término municipal o comarca».

Si analizamos esta norma bajo la óptica de la valoración moderna, encontramos las siguientes objeciones:

1) La Ley da por supuesto que existe un mercado de tierras, tanto de arrendamiento como de compraventa, y calcula el justiprecio mediante la expresión:

$$J = \frac{V_c + V_m}{2}$$

siendo:

J = justiprecio

V_c = valor obtenido por capitalización de la renta

V_m = valor de mercado

4. La literatura económica señala como más importantes estas dos categorías en la teoría de los fallos del mercado:

— Los efectos externos, como fallos parciales.
— Los bienes públicos, como fallos totales.

Estos dos sumandos (V_c y V_m) no pueden calcularse con rigor, pues no existe, al menos en bastantes casos, un mercado de competencia perfecta para bienes inmuebles a través del cual pueda obtenerse información precisa sobre la renta de una parcela o sobre su valor en venta.⁵

2) Capitalizar la renta al tipo de interés «legal» supone un elevado grado de arbitrariedad.⁶

3) La Ley olvida, por otra parte, que en el caso de expropiación no estamos ante una transacción voluntaria, sino que existe un elemento «coactivo»; aunque pudiera hablarse de un precio de mercado, este precio no tiene por qué coincidir con el valor subjetivo del propietario, y puede no constituir, por tanto, una compensación adecuada a sus intereses, si se le obliga a desprenderse de una finca a dicho precio. Lo mismo podría decirse del valor objetivo, que viene estimado por el valor de capitalización, siempre que el cálculo de este valor se ajuste a ciertas condiciones impuestas por la teoría.

4) El precio de afección aparece en la Ley como un intento de valorar los aspectos «subjetivos» de la propiedad de la tierra; pero no consigue medir la totalidad de sus componentes y es obvio que no se trata de la estimación rigurosa de un valor subjetivo.⁷ Suponiendo que este precio pudiera interpretarse como una cuota de participación en los beneficios sociales, hay que tener en cuenta que tal como lo contempla la Ley, el excedente social se reparte de una forma asimétrica y sectorial; en efecto, la citada cuota del ciento por ciento sólo se paga a los afectados directamente por la expropiación, sin tener en cuenta la mayor o menor lesión de intereses que sufre este sector de los afectados y olvidando totalmente a los afectados indirectamente. Además, el precio de afección no debe confundirse con un valor subjetivo ni creemos tampoco que deba relacionarse con un reparto arbitrario del beneficio social. Su significado es, simplemente, el de una compensación por la contrariedad *afectiva* (esto es, sentimental) derivada de la pérdida de una propiedad. Como se sabe, el valor subjetivo tiene, en cam-

5. V. Caballer, afirma: «Para poder calcular la renta de la tierra, es preciso fijar a priori el beneficio empresarial; pero éste no puede estimarse a su vez, sin conocer previamente la renta de la tierra. Se llega así, a un círculo vicioso.» «No se puede hablar en rigor de renta de una parcela aislada... La renta calculada de una parcela debe estimarse en el contexto de la empresa agraria a la que pertenece... Sólo cuando exista en la comarca un mercado de arrendamientos en régimen de libre competencia se puede hablar de renta de la tierra con objetividad y operatividad; pero como no existe este mercado, la renta de la tierra no puede ser conocida, en general, para una parcela concreta.» (Véase su Ponencia al Congreso de 1974 de la A.E.D.A.).

«No existe el valor en venta o valor de mercado. Sólo tiene sentido hablar de valor probable de mercado (cuando se cumplen las hipótesis estructurales de la población de valores subjetivos), pues no existe mercado de tierras, y el valor en venta es el precio a que se cierra una transacción concreta.» (Ibidem).

6. «Al capitalizar la renta al tipo de interés legal se obtiene un valor legal, que no tiene por qué identificarse con el justiprecio.» (Ibidem).

7. Obsérvese que la Ley fija este precio como un porcentaje aplicable sin variación a todos los casos.

bio, un significado estrictamente económico; no comporta, en ningún modo, la evaluación de elementos irracionales, sino que se asienta en un cálculo perfectamente racional.

Parece pues, que el ordenamiento jurídico español se ha desentendido de importantes aspectos del problema expropiatorio y ha acudido a una fórmula demasiado simplista y cuestionable para calcular la indemnización.

El valor de la tierra con fines expropiatorios presenta una problemática más compleja, donde se dan cita la teoría de la valoración moderna y el análisis coste-beneficio, y que, en realidad, no puede resolverse satisfactoriamente sin la ayuda de un modelo económico especialmente diseñado para el análisis del justiprecio y la indemnización.

2. — *Definiciones de Justiprecio e Indemnización*

En primer lugar hemos de distinguir entre dos conceptos que, tanto en la literatura sobre Valoración como en la legislación española, no aparecen suficientemente diferenciados. Estos conceptos son el de justiprecio y el de indemnización.

Con frecuencia, se sobreentiende que indemnización (I) es sinónimo de justiprecio (J); sin embargo, conviene matizar el sentido de cada uno de estos términos, de acuerdo con la moderna teoría de la Valoración, relacionando especialmente al justiprecio con la idea precisa y clara de valor subjetivo como magnitud mensurable y exenta de cualquier componente afectivo o irracional. El justiprecio puede definirse como la compensación económica que debería recibir el propietario expropiado para resarcirle de la disminución de valor subjetivo que experimenta su patrimonio como consecuencia de la expropiación; por lo tanto, si el espíritu de la ley fuera retribuir exactamente al propietario por el daño económico que se le ocasiona, el propietario tendría que percibir una indemnización igual al justiprecio e igual, en consecuencia, a la pérdida de valor subjetivo, entendiendo esta pérdida como la diferencia entre los valores subjetivos antes y después de la expropiación.

Es decir:

$$J = I = \Delta V_{si} = V_{si}^d - V_{si}^a \quad (1)$$

siendo:

$$\begin{aligned} J &= \text{justiprecio} \\ I &= \text{indemnización} \end{aligned}$$

V_{si}^d = valor subjetivo para el individuo i después de la expropiación.

V_{si}^d = valor subjetivo para el individuo i antes de la expropiación.

Sin embargo la declaración de utilidad pública crea una situación «sui generis», en la cual se subordinan ciertos intereses particulares en orden a la optimización de la utilidad pública; o por lo menos, es este objetivo el que prevalece frente a otros objetivos e intereses privados.⁸ El justiprecio puede diferir entonces de la indemnización, ya que si ésta fuera igual al justiprecio resultaría demasiado gravosa para la comunidad, entorpecería la ejecución del proyecto cuando hay una asignación presupuestaria cuyos límites no cabe rebasar y dará lugar, incluso, a situaciones de escándalo en el caso de valores subjetivos muy altos en relación con el valor objetivo o con los precios estadísticos de compraventa para bienes similares al expropiado.

Las consideraciones anteriores nos llevan a las siguientes definiciones:

Definición I. Se entiende por justiprecio de un bien expropiado, la disminución de valor subjetivo que el propietario de este bien sufre en su patrimonio a consecuencia de la expropiación:

Es decir:

$$J = V_s \quad (2)$$

Definición II. Se entiende por indemnización de un bien expropiado, el importe que debe pagar la entidad expropiante al propietario, teniendo en cuenta no sólo el justiprecio, sino también las circunstancias especiales que afectan al interés público.

3. Acotación de la indemnización

Es obvio que la indemnización nunca puede exceder al justiprecio, pues en tal caso la empresa expropiante pagaría al propietario una cantidad superior al valor subjetivo del bien expropiado para dicho propietario, lo cual supondría para él la percepción de un exceso a título totalmente injustificado. Así pues, la indemnización viene acotada superiormente por el valor subjetivo del propietario expropiado (justiprecio).

8. No obstante, creemos que la decisión de realizar una obra declarada de utilidad pública o de interés social debe ir precedida por un exhaustivo análisis coste-beneficio, que permita justificar la existencia de un beneficio social neto.

Es decir:

$$I \leq J \text{ o bien } I \leq V_s$$

Por otra parte, también es evidente que el interés de la comunidad (en obras declaradas de utilidad pública) ha de compatibilizarse en lo posible con los derechos individuales del propietario.

Según se desprende de las normas legales españolas el propósito del legislador ha sido asegurar una indemnización equivalente al valor objetivo, pero si la indemnización se limita al valor objetivo (en general, inferior al valor subjetivo para el propietario expropiado), este propietario se verá sin duda perjudicado en una cuantía igual a la diferencia entre ambos valores. En todo caso, parece inadmisibles fijar la indemnización por debajo del valor objetivo, pues se iría de este modo contra el espíritu de la legislación.

Por lo tanto, consideraremos como extremo inferior de la indemnización el valor objetivo, resultando así la doble acotación:

$$V_0 \leq I \leq V_s$$

3. LA INDEMNIZACION DE ACUERDO CON UN MODELO DE REPARTO DEL BENEFICIO SOCIAL

1. *Distribución del beneficio social neto*

Se trata de establecer un criterio para la distribución del beneficio social neto⁹ entre los propietarios expropiados (indemnización) y el resto de la comunidad. Llamando I a la indemnización y B_c a la parte del beneficio social neto que quedaría para la comunidad (cuota de la *comunidad*), se tiene la ecuación de balance:

$$B - C = I + B_c \quad (3)$$

Por otra parte, se puede pensar que un criterio de reparto sea hacer la cuota de la comunidad proporcional a los costes sociales. Este criterio se fundamenta en el hecho de que, representando la cuota de la

9. Cuyo valor es $(B-C)$ y viene medido por el VAN corregido, al no incluir el coste social que representa la ocupación de la tierra. Es evidente que, en el análisis coste-beneficio, se define el valor actual neto (VAN) de un proyecto como la diferencia entre los valores actualizados de beneficios y costes sociales; incluyendo dentro de los costes los de construcción, mantenimiento y valor de la tierra; pero es este último valor el que pretendemos obtener, debido a la inconsistencia del «valor de mercado» como estimador del coste social de la tierra. Por ello, en lo que sigue usaremos siempre el VAN corregido como medida del beneficio social neto.

comunidad una especie de compensación por su esfuerzo en acometer el proyecto, esa compensación sea proporcional a los costes sociales que ocasiona el mismo. Así pues:

$$B_c = \beta \cdot C \quad (4)$$

siendo β un coeficiente de proporcionalidad, al que llamaremos *porcentaje de la comunidad*.

Además, la indemnización ha de estar comprendida entre el valor subjetivo y el valor objetivo (véase capítulo 2, § 3), por lo que se tiene:

$$I = (1 + \alpha) V_0 \leq V_s \quad (5)$$

Llamaremos a α *porcentaje de indemnización* [$\alpha \geq 0$].

Para $\alpha = 0$ resulta $I = V_0$; y como $I \leq V_s$, se ha de verificar:

$$0 \leq \alpha \leq \frac{V_s}{V_0} - 1$$

expresión que acota el campo de variabilidad de α .

Para $\alpha = \frac{V_s}{V_0} - 1$ se tiene, naturalmente, $I = V_s$.

2. Ecuación de balance

La ecuación (3), teniendo en cuenta las expresiones (4) y (5) queda de la forma siguiente:

$$B - C = (1 + \alpha) V_0 + \beta \cdot C \quad (6)$$

La expresión (6) indica que el beneficio social neto (medido por el V.A.N. corregido) se reparte en dos sumandos, el primero que retribuye a los propietarios expropiados y es función del valor objetivo, y el segundo que es la cuota de la comunidad, o fracción del beneficio que la comunidad percibe por la realización del proyecto, y que es proporcional a los costes sociales.

Evidentemente, cualquier aumento en la indemnización llevará consigo una disminución de la cuota de la comunidad, y viceversa. La ecuación de balance (6) representa una recta de pendiente negativa. Se trata de una identidad contable entre las variables (α , β) que se representa en la figura 3.1.

Ordenando (6) se tiene:

$$B \cdot C + \alpha \cdot V_0 = (B - C) - V_0 \quad (7)$$

Puede comprobarse fácilmente que los valores extremos de α y β son:

$$\alpha_{\max} = \frac{B - C - V_0}{V_0}$$

$$\beta_{\max} = \frac{B - C - V_0}{C}$$

3. Función de indemnización

De manera general, establecemos la función:

$$\beta = \Psi(\alpha) \quad (8)$$

que relaciona los porcentajes de la comunidad y de indemnización.

Llamaremos *función de indemnización* a (8) e introduciremos aho-

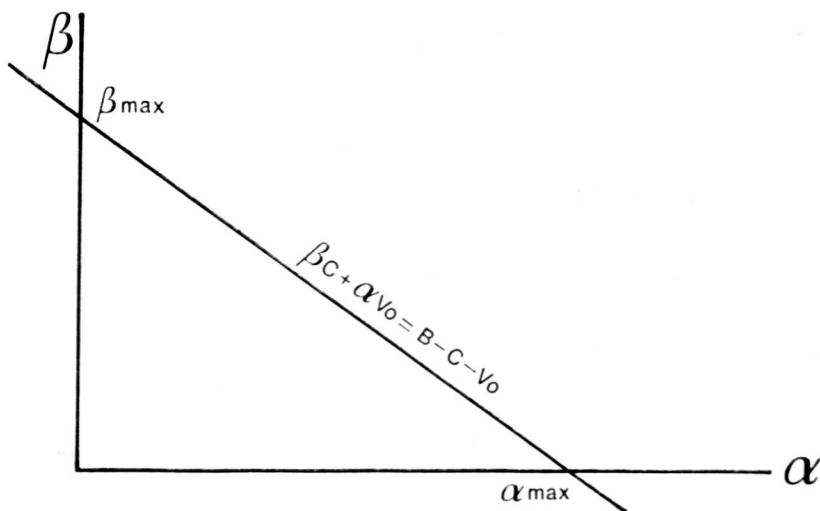


Fig. 3-1

ra dos condiciones para establecer su forma. Estas dos condiciones son las siguientes:

1.º) Si la cuota de la comunidad llegará a ser nula, es decir $\beta = 0$, es lógico admitir que la indemnización habría de reducirse al valor objetivo y viceversa; esto es:

$$\beta = 0 \leftrightarrow I = V_0$$

ya que V_0 es el valor mínimo que puede alcanzar la indemnización (véase capítulo 2, § 2). Por tanto, tenemos:

$$\beta = 0 \leftrightarrow \alpha = 0$$

2.º) Por otra parte, puede admitirse que si la cuota de la comunidad tendiera a infinito ($\beta \rightarrow \infty$) la indemnización habría de alcanzar un valor máximo (V_s) y viceversa; esto es:

$$\beta \rightarrow \infty \leftrightarrow I = V_s$$

Por consiguiente:

$$\beta \rightarrow \infty \leftrightarrow (1 + \alpha) V_0 = V_s$$

O sea:

$$\beta = \infty \leftrightarrow \alpha = \frac{V_s}{V_0} - 1$$

En adelante escribiremos:

$$h = \frac{V_s}{V_0} - 1$$

Siendo $h > 0$ en virtud de (5).

La función de indemnización que cumple las anteriores condiciones (véase figura 3.2) es una hipérbola que pasa por el origen y que es asintótica a la vertical trazada por el punto de abscisa $\alpha = h = \frac{V_s}{V_0} - 1$,

siendo su ecuación de la forma:

$$\beta = \frac{K \cdot \alpha}{h - \alpha} \quad (9)$$

donde K , es un parámetro positivo, ya que cuando α tiende a h por la izquierda el denominador de (9) es positivo, y como tanto α como β son positivos, necesariamente ha de ser $K > 0$.

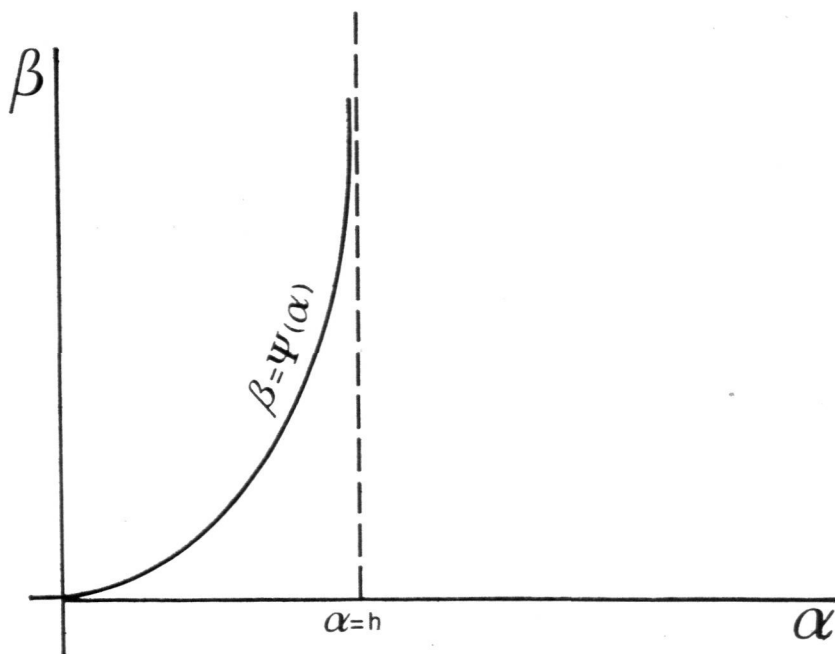


Fig. 3-2

4. Punto de indemnización

La ecuación de balance (6) y la función de indemnización (9) forman un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas (α , β).

Por sustitución, obtenemos la ecuación en α :

$$B - C = (1 + \alpha) V_0 + \frac{K \alpha C}{h - \alpha}$$

Quitando denominadores

$$(B - C)(h - \alpha) = V_0(1 + \alpha)(h - \alpha) + K\alpha C$$

Efectuando operaciones

$$V_0 h(1 + \alpha) - V_0 \alpha(1 + \alpha) + K\alpha C - h(B - C) + \alpha(B - C) = 0$$

Agrupando términos:

$$\alpha^2 V_0 + \alpha [V_0(1 - h) - (B - C) - K C] + h(B - C - V_0) = 0 \quad (10)$$

Resolviendo esta ecuación se obtiene un valor $\alpha = \alpha_0$, que sustituido en la función de indemnización (9) nos da el correspondiente valor de $\beta = \beta_0$; siendo (α_0, β_0) las coordenadas del punto P (véase figura 3.3.) al cual llamamos punto de *indemnización*.

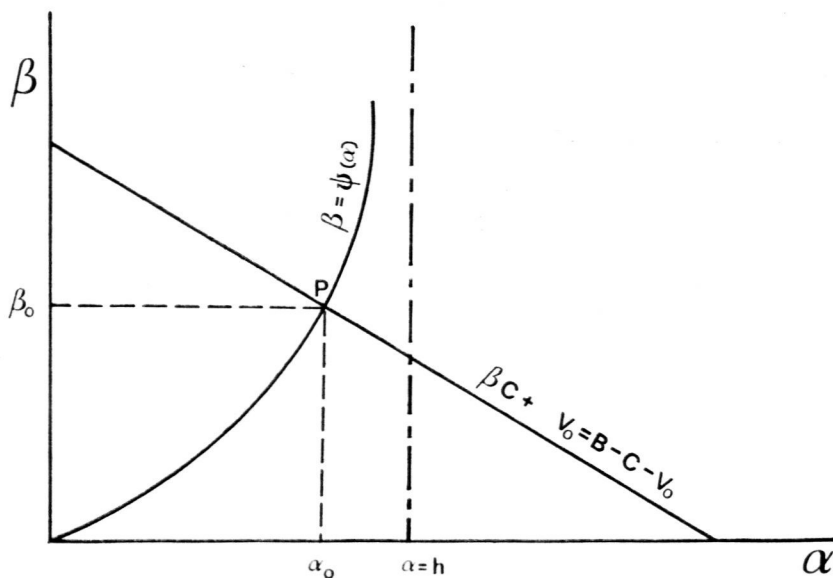


Fig. 3-3

Las coordenadas del punto de indemnización dependen evidentemente del parámetro K, el cual será determinado en el párrafo siguiente.

Discutamos ahora la ecuación (10). El producto de sus raíces es siempre positivo, ya que

$$\frac{h}{V_0} (B - C - V_0) > 0$$

En efecto, para que el proyecto sea económicamente viable no basta con la condición $B - C > 0$, ya que al definir el beneficio social neto ($B - C$) no se ha deducido el coste de oportunidad por utilización de los terrenos expropiados, coste que puede venir estimado por el valor objetivo V_0 de dichos terrenos. Por tanto la condición de viabilidad económica es $B - C - V_0 > 0$, y como además $h > 0$, se cumple la desigualdad anterior.

Por otra parte, la suma de las raíces también es positiva ya que:

$$\frac{1}{V_0} [(B - C) + V_0 h + K C - V_0] > 0$$

por ser $B - C > V_0$.

Por ello las dos raíces de (10) son ambas positivas y reales ya que el discriminante:

$$\Delta = [V_0 (1 - h) - (B - C) - K C]^2 - 4 V_0 h (B - C - V_0)$$

es positivo.¹⁰

Tenemos pues dos calores α_0 y α_1 positivos y reales como raíces de (10).

Ahora bien, una vez que se han sustituido estos valores en (9) resultan dos valores reales de β : (β_0 , β_1), uno positivo y otro negativo. Este último carece de interpretación económica, por lo que se obtiene como solución única del modelo el punto de indemnización (α_0 , β_0) en función de K .

Para demostrar que las dos raíces de β tiene signos opuestos, basta considerar su producto, deducido de la ecuación (10) expresada en función de β , que sería:

$$\beta^2 C + \beta [V_0 + h V_0 - (B - C) + K C] + K [V_0 - (B - C)] = 0 \quad (11)$$

10. Operando en el discriminante queda:

$$\Delta = [V_0 - (B - C) + V_0 h - K C]^2 + 4 V_0 h K C$$

Como el corchete es evidentemente positivo y el segundo miembro también, puesto que V_0 , h , K y C son positivos; se tiene que el discriminante es positivo.

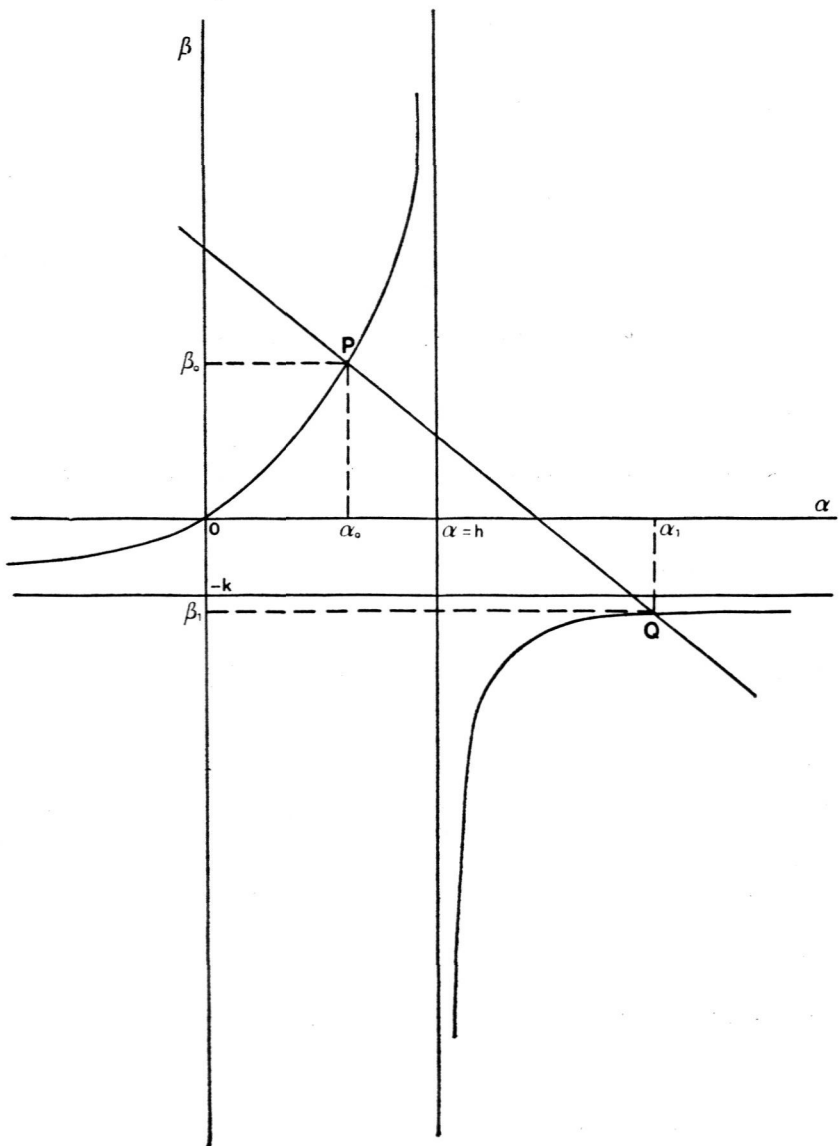


Fig. 3-4

este producto es:

$$\frac{K}{C} [V_0 - (B - C)] < 0$$

ya que

$$(B - C) > V_0$$

La representación gráfica lleva de un modo más sencillo a la misma conclusión.

En la figura 3.4 aparecen dibujadas las dos ramas de hipérbola cuya ecuación es (9).

La intersección de esta hipérbola con la recta de balance (7) está formada por los puntos (P, Q); sólo las coordenadas de P son válidas para nuestros propósitos ya que la ordenada de Q es negativa según se comprueba en la citada figura.

5. — *Determinación del parámetro K*

La estimación de la ecuación de balance (7) está sujeta a errores, debidos principalmente a la evaluación de los beneficios indirectos e intangibles.

En cambio, la estimación de valores subjetivos y objetivos, aunque pueda presentar complicaciones en la práctica y exigir una indudable atención por parte del evaluador, no ofrece las mismas dificultades, en cuanto existe una metodología suficientemente precisa para abordar el problema, si se manejan magnitudes todas ellas cuantificables.

Desde el punto de vista del modelo de valoración, el error en la ecuación de balance procede, pues, de los términos B y C, pero podemos englobarle dentro del término B, limitando los costes sociales a aquellas partidas perfectamente cuantificables, mientras aquellas otras que ofrecen inconvenientes a su cuantificación pueden incluirse como partidas del beneficio social B, con signo negativo.

De este modo, el error en la ecuación de balance afectará solamente al término B y por tanto al segundo miembro de la ecuación (7).

Si llamamos ΔB al error, tendríamos que considerar, junto a la recta de balance (7), que es una expresión aproximada, la ecuación exacta:

$$\beta C + \alpha V_0 = (B + \Delta B) - C - V_0 \quad (12)$$

Las rectas (7) y (12) son evidentemente paralelas, ya que tienen el mismo coeficiente angular, y aparecen representadas en la figura 3.5.

Determinemos ahora α y β , de modo que la suma de los cuadrados de sus errores. $\Delta\alpha$ e $\Delta\beta$ sea mínima. Esto es, minimicemos la expresión

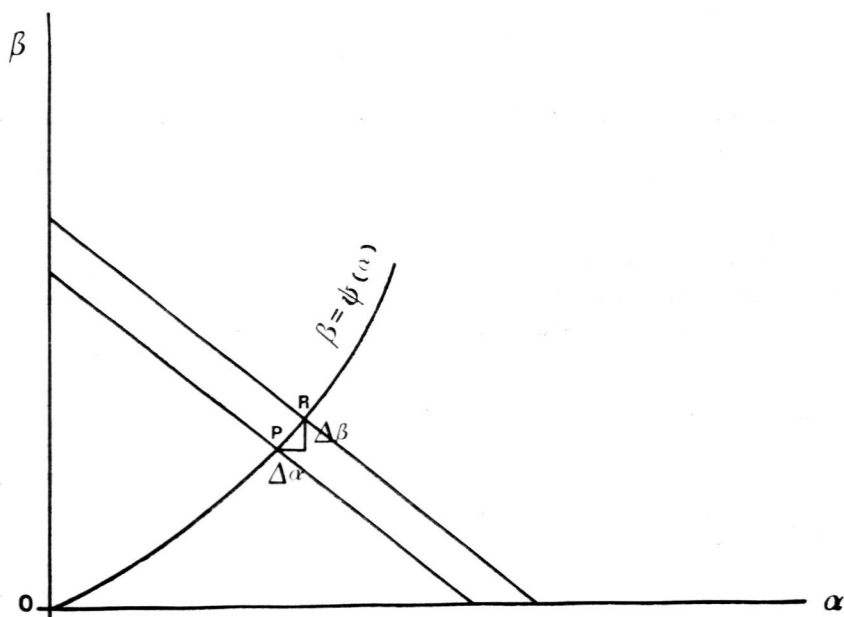


Fig. 3-5

$$\overline{PR}^2 = (\Delta\alpha)^2 + (\Delta\beta)^2$$

Ahora bien, el segmento \overline{PR} es mínimo cuando está situado en una perpendicular a las rectas de balance; en el límite, la cuerda \overline{PR} es la tangente en P a la curva de indemnización; luego esta tangente en P ha de ser perpendicular a las rectas de balance, obtenemos así una condición que permite determinar K, ya que podemos escribir:

$$\frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{K h}{(h - \beta)^2} = \frac{C}{V_0} \quad (13)$$

donde C/V_0 es el coeficiente angular de dicha perpendicular, como se comprueba inmediatamente.

Particularizando (29) para $\alpha = \alpha_0$ y despejando K tenemos:

$$K = \frac{C(h - \alpha_0)^2}{h \cdot V_0} \quad (14)$$

Sustituyendo este valor en (10), previamente particularizado para $\alpha = \alpha_0$ se llega a la ecuación de tercer grado:

$$\alpha_0^3 - \alpha_0^2 \frac{h}{C^2} (V_0^2 + 2C^2) - \alpha_0 \frac{h}{C^2} [V_0^2 (1 - h) - V_0(B - C) - C^2 h] - \frac{h}{C^2} \cdot V_0 h (B - C - V_0) = 0 \quad (15)$$

De donde se deduce α_0 . Valor que sustituido en (9) nos da β_0 , con lo cual queda calculada la función de indemnización; y las coordenadas del punto de indemnización.

Llevando estos valores a las expresiones (4) y (5) obtenemos la cuota de la comunidad y la indemnización.

6. — *Discusión del modelo*

Se puede comprobar fácilmente que una de las soluciones de la ecuación (15) es $\alpha = h$; esta solución es extraña, pues no corresponde a ninguna función de indemnización que cumpla las condiciones impuestas. Si la eliminamos resulta una ecuación de segundo grado cuyas soluciones discutiremos más adelante.

Consideremos de nuevo las tres ecuaciones que han dado origen a la ecuación (15):

$$\begin{aligned} B - C - V_0 &= \alpha V_0 + \beta \cdot C \\ \beta &= \frac{K \cdot \alpha}{h - \alpha} \\ K &= \frac{C \cdot (h - \alpha)^2}{h \cdot V_0} \end{aligned}$$

Sustituyendo el valor de K de la tercera ecuación en la segunda, simplificando para eliminar el factor $(\alpha - h)$, y llevando esta expresión a la primera ecuación, se tiene:

$$\alpha^2 - \frac{h}{C^2} (V^2 + C^2) \alpha + \frac{h}{C^2} V_0 (B - C - V_0) = 0 \quad (16)$$

Llamaremos $\phi(\alpha)$ al primer miembro de la parábola (16). La semisuma de las raíces de (32) es:

$$\alpha_m = \frac{h}{2} \left(\frac{V_0^2}{C^2} + 1 \right)$$

Pueden presentarse dos casos:

a) El valor objetivo es mayor que los costes sociales, entonces:

$$V_0 > C \longrightarrow \alpha_m > h$$

En este caso, como $\alpha_m > 0$, en el intervalo $(0, h)$ existirá una o ninguna solución para α .

b) El valor objetivo es menor que los costes sociales, entonces:

$$V_0 < C \longrightarrow \alpha_m < h$$

En este caso como $\alpha_m > 0$, en el intervalo $(0, h)$ existirán una o dos soluciones para α .

Por otro lado, puede comprobarse fácilmente que $\phi(\alpha)$ es positivo para los siguientes valores de α : $0, +\infty$ y $-\infty$. En el punto $\alpha = h$ toma el valor:

$$\phi(h) = \frac{h V_0}{C^2} (B - C - V_s)$$

Puede ocurrir que:

c) El beneficio social neto $(B - C)$ es mayor que el valor subjetivo. Entonces:

$$B - C > V_s \longrightarrow \phi(h) > 0$$

d) El beneficio social neto $(B - C)$ es menor que el valor subjetivo. Entonces:

$$B - C < V_s \longrightarrow \phi(h) < 0$$

La combinación de ambos supuestos da lugar a cuatro casos posibles:

Caso 1.º

El valor objetivo de los terrenos es superior a los costes sociales y

por otra parte, existe un beneficio social neto superior al valor subjetivo. Es decir:

$$V_0 > C \text{ y } B - C > V_s$$

— En este caso el modelo no es válido pues las raíces de α caen fuera del intervalo $(0, h)$ ya que se verifica:

$$\begin{aligned} \alpha_m &> h \\ \phi(0) &> 0 \\ \phi(h) &> 0 \end{aligned}$$

La representación gráfica aparece en la figura 3.6.

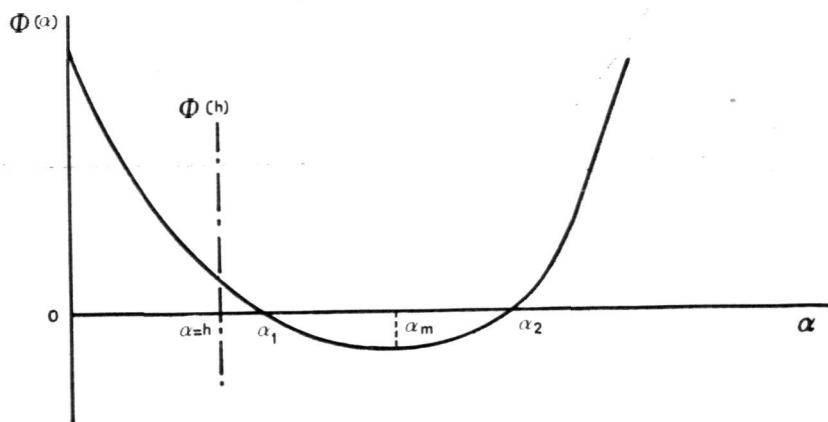


FIG. 3.6.

Caso 2.º

El valor objetivo de los terrenos es superior a los costes sociales y por otra parte, existe un beneficio social neto inferior al valor subjetivo. Es decir:

$$V_0 > C \text{ y } B - C < V_s$$

En este caso las raíces caen una fuera y otra dentro del intervalo $(0, h)$, como se desprende de las inequaciones:

$$\begin{aligned} \alpha_m &> h \\ \phi(0) &> 0 \\ \phi(h) &< 0 \end{aligned}$$

La representación gráfica aparece en la figura 3.7.

Son pocos los proyectos cuyo coste C es inferior al valor objetivo de los terrenos expropiados. Como ejemplo puede citarse las expropiaciones para construcción de caminos sin asfaltar y algún otro de menor relieve.

Por este motivo los casos 1.º y 2.º carecen de importancia.

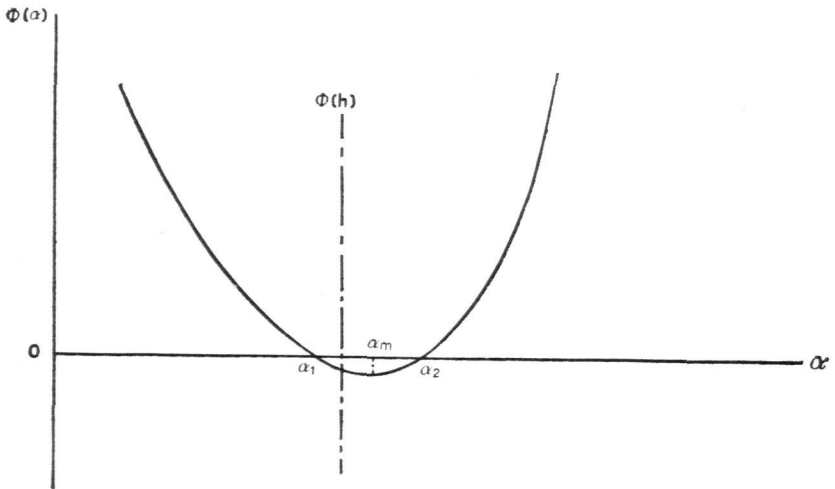


Fig. 3-7

Caso 3.º

El valor objetivo de los terrenos es inferior a los costes sociales y por otra parte, existe un beneficio social neto inferior al valor subjetivo. Es decir:

$$V_o < C \text{ y } B - C < V_s$$

Tanto este caso como el siguiente son los más frecuentes. Por lo general todos los proyectos que necesitan de una expropiación forzosa llevan consigo unos costes de ejecución muy superiores al valor objetivo de los terrenos.

Las raíces caen aquí, una fuera y otra dentro del intervalo $(0, h)$ como se desprende de las enecuaciones.

$$\begin{aligned}\alpha_m &< h \\ \phi(0) &> 0 \\ \phi(h) &< 0\end{aligned}$$

La representación gráfica aparece en la figura 3.8.

Caso 4.º

El valor objetivo de los terrenos es inferior a los costes sociales y por otra parte existe un beneficio social neto superior al valor subjetivo. Es decir:

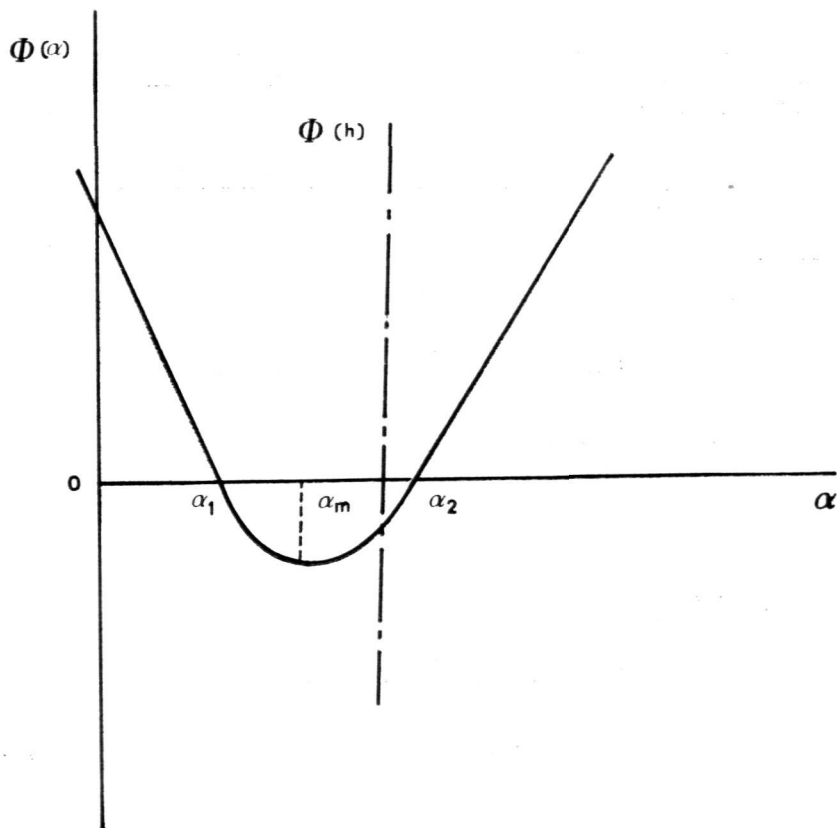


Fig. 3-8

$$V_0 < C \text{ y } B - C > V_s$$

Indudablemente es el supuesto más frecuente en la práctica y esta es la situación que se presenta en los dos casos reales que estudiamos en el capítulo siguiente.

Sin embargo en este supuesto las dos raíces de α , cuando son reales, pertenecen al intervalo $(0, h)$ como se desprende de las inecuaciones:

$$\begin{aligned}\alpha_m &< h \\ \phi(0) &> 0 \\ \phi(h) &> 0\end{aligned}$$

Puede ocurrir que la parábola auxiliar sea secante, tangente o exterior al eje de abscisas y, que haya dos raíces, una o ninguna. A partir del discriminante de la ecuación (16):

$$\Delta = \left[\frac{h}{C^2} (V_0^2 + C^2) \right]^2 - \frac{4 h V_0 (B - C - V_0)}{C^2}$$

resulta:

— Existen dos soluciones si se cumple

$$B - C - V_0 < \frac{h V_0}{4} \left[\frac{V_0}{C} + \frac{C}{V_0} \right]^2$$

— Existe una solución si se cumple

$$B - C - V_0 = \frac{h V_0}{4} \left[\frac{V_0}{C} + \frac{C}{V_0} \right]^2$$

— No existe solución si se cumple

$$B - C - V_0 > \frac{h V_0}{4} \left[\frac{V_0}{C} + \frac{C}{V_0} \right]^2$$

La representación gráfica de estas posibles situaciones aparece en las figuras 3.9, 3.10 y 3.11.

La condición de existencia de soluciones es:

$$B - C - V_0 \leq \frac{h V_0}{4} \left[\frac{V_0}{C} + \frac{C}{V_0} \right]^2$$

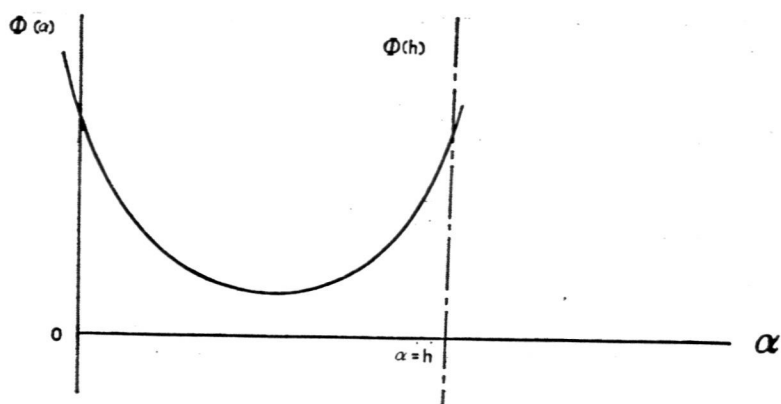


Fig. 3-9

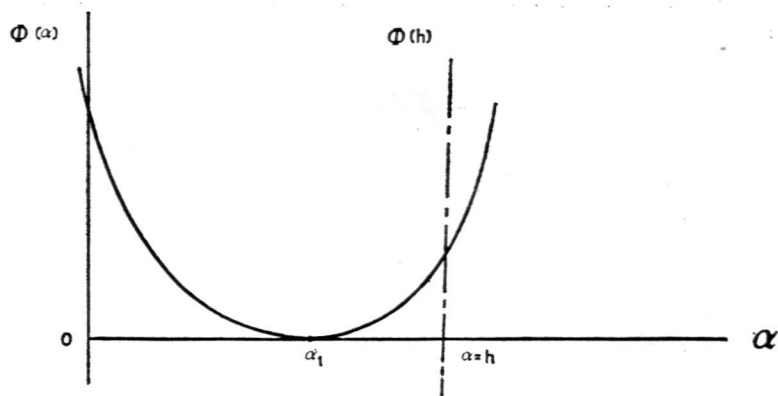


Fig. 3-10

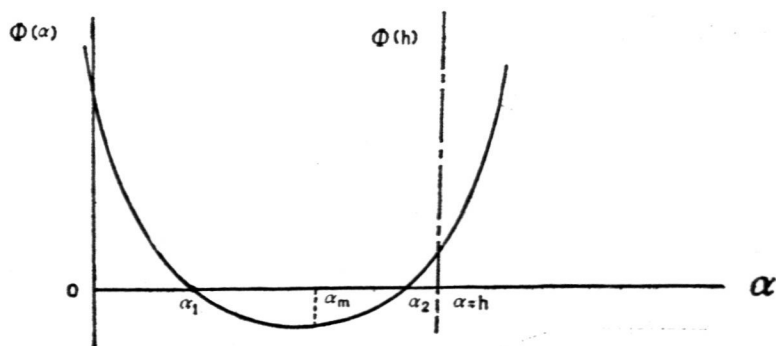


Fig. 3-11

Sustituyendo h por su valor y realizado el siguiente cambio de notación:

$$\frac{C}{V_o} = \lambda$$

$$\frac{V_s}{V_o} = \mu$$

tendremos:

$$\frac{B-C}{V_o} \leq 1 + \frac{1}{4} (\mu - 1) \left(\lambda + \frac{1}{\lambda} \right)^2$$

Cuando se cumpla que el beneficio social neto ($B-C$) sea menor o igual que los costes sociales C (supuesto frecuente en la realidad) se tiene:

$$\frac{B-C}{V_o} \leq \lambda$$

En el caso más desfavorable:

$$\frac{B-C}{V_s} = \lambda$$

Sustituyendo

$$\lambda \leq 1 + \frac{1}{4} (\mu - 1) \left(\lambda + \frac{1}{\lambda} \right)^2$$

Despejando μ , tendremos:

$$\mu \geq 1 + \frac{4(\lambda - 1)}{\left(\lambda + \frac{1}{\lambda} \right)^2}$$

Expresión que permite obtener el campo de validez del modelo. Para ello se calculan los distintos valores de μ , en función de λ , teniendo en cuenta que λ es siempre mayor que la unidad (por las hipótesis del caso 4.º) y que μ también es superior a la unidad (pues el valor subjetivo es superior al valor objetivo).

Del cuadro 3.0 y figura 3.12 se desprende que para una relación

V_s/V_o superior a 1,722 existen dos soluciones y el modelo es aplicable en todos los casos. Para valores de la relación V_s/V_o superiores a 1,1 (caso muy frecuente en la práctica) basta que la relación C/V_o sea superior a 39 (valores también frecuentes en la práctica) para que el modelo sea aplicable.

CUADRO 3.0

λ	μ
1	1
1,1	1,1
2	1,65
2,9	1,722
3	1,72
4	1,665
5	1,60
10	1,353
30	1,129
39	1,10
40	1,0974
100	1,04

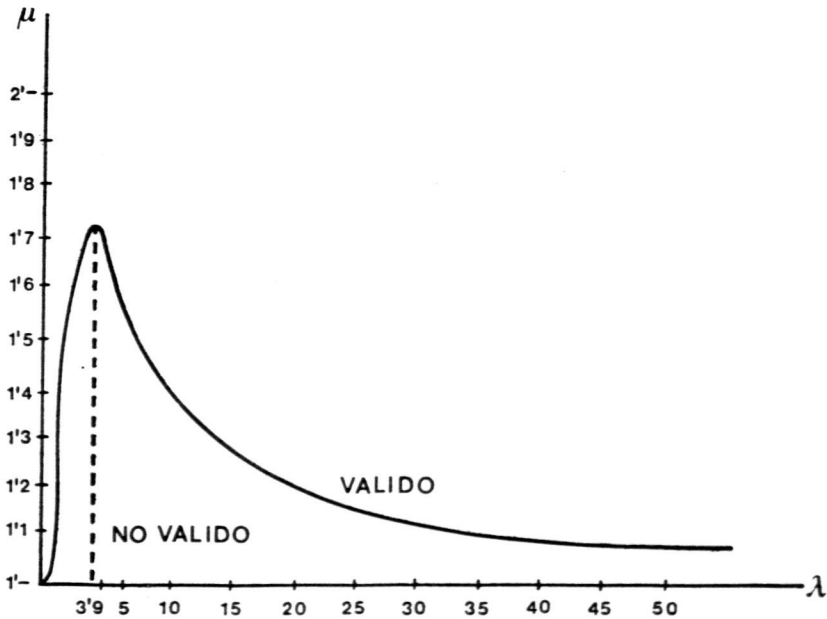


Fig. 3-12

En caso de existir dos soluciones, el valor de α puede elegirse entre ambas, atendiendo a un criterio complementario, tal como la maximización de la cuota de la comunidad ($\beta \cdot C$). Evidentemente se tomaría la raíz mínima de α , que corresponde a la mayor raíz de β y, por consiguiente al máximo de la cuota de la comunidad.

7. Aplicación numérica

Sea un proyecto con los siguientes parámetros.

$$\begin{array}{rcl} \mathbf{B} & = & 300 \text{ unidades monetarias} \\ \mathbf{C} & = & 100 \quad \text{»} \quad \text{»} \\ \mathbf{V}_0 & = & 3 \quad \text{»} \quad \text{»} \\ \mathbf{V}_s & = & 4 \quad \text{»} \quad \text{»} \end{array}$$

Sustituyendo estos valores en (15) se llega a la ecuación.

$$\alpha^3 - 0,6669666 \alpha^2 + 0,131311 \alpha - 0,00656666 = 0$$

eliminando la solución extraña $\alpha = h = 1/3$ resultan las soluciones:

$$\begin{array}{l} \alpha_1 = 0,0766623 \\ \alpha_2 = 0,2569709 \end{array}$$

que corresponde, según (14) a los valores de K :

$$\begin{array}{l} K_1 = 6,58806 \\ K_2 = 0,583074 \end{array}$$

El porcentaje de la comunidad (β) para cada una de las soluciones anteriores es:

$$\begin{array}{l} \beta_1 = 1,9676766 \\ \beta_2 = 1,9622338 \end{array}$$

La doble solución se debe a que la condición impuesta al parámetro K (véase § 5 de este capítulo) no es suficientemente restrictiva; hay dos funciones de indemnización que la cumplen ya que el coeficiente angular de la tangente en el punto P no varía monótonamente con el parámetro K .

Para comprobarlo, en la ecuación (10) extraemos la raíz α_0 , eliminando la segunda raíz que corresponde a un valor de $\alpha > h$ y a un valor β negativo. Se tiene:

$$\alpha = \frac{- [V_0(1-h) - (B-C) - KC] - \sqrt{[V_0(1-h) - (B-C) - KC]^2 - 4V_0h[(B-C) - V_0]}}{2V_0}$$

Dando valores a K desde 0 a ∞ se obtienen distintos valores para α_0 con estos pares de valores se calcula la tangente a la función de indemnización mediante la expresión (13) y se comprueba si varía o no monótonamente.

En el ejemplo numérico anterior, tendremos:

$$\alpha = \frac{100K + 198 - \sqrt{(100K + 198)^2 - 788}}{6}$$

y por otro lado

$$\frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{K \cdot 1/3}{(1/3 - \alpha)^2}$$

Dando valores a K (véase cuadro 3.1) se observa que la variación no es monótona; así pues las dos soluciones α_1 y α_2 son en principio aceptables.

CUADRO 3.1

K	α	$d\beta/d\alpha$
0	0,333333	Indet.
0,5	0,26564	36,371185
0,583074	0,2569709	33,333333
0,6	0,25528	32,828225
1	0,22085	26,345460
2	0,1651983	23,582708
2,5	0,146722	23,929921
2,6	0,1435133	24,052851
3	0,1319666	24,661824
6	0,082315	31,74094
6,5	0,0774583	33,093021
6,58806	0,0766623	33,333333
6,6	0,0765566	33,366592

CUADRO 3.2

El cuadro 3.2 nos da los distintos valores de α para posibles condiciones de los parámetros del modelo

	B	C	B-C	V ₀	V _s	h	α_1	α_2	α elegido	I
Caso 1	55	10	45	20	30	0,5	1	1,5	No vál.	No val.
Caso 2	35	10	25	20	30	0,5	0,2192236	2,2807764	0,2192236	24,384472
Caso 3	104	100	4	3	4,5	0,5	0,00029995	0,50015	0,00029995	3,0008999
Caso 4	300	100	200	3	4	1/3	0,0766623	0,2569701	0,0766623	3,2299869

Puede comprobarse que los resultados concuerdan con las conclusiones teóricas obtenidas.

Siguiendo el criterio del párrafo anterior elegimos el valor mínimo de α ; es decir:

$$\alpha_1 = 0,0766623$$

Por tanto, la indemnización será:

$$I = (1 + \alpha \text{ Vo} = 3 \times 1,0766623 = 3,229987 \text{ unidades monetarias.}$$

Y la cuota de la comunidad:

$$\beta \cdot C = 1,9676766 \times 100 = 196,76766 \text{ unidades monetarias}$$

4. APLICACION A CASOS REALES

1.— *Al Cálculo de indemnizaciones en el proyecto de Autopista del Mediterráneo*

1.1. *Introducción:*

Vamos a aplicar ahora el modelo expuesto en el capítulo anterior, a la valoración expropiatoria de dos tramos de la Autopista del Mediterráneo, concretamente los que unen Puzol a Castellón y Amposta a Salou.

Estos dos tramos de autopista ya han sido construidos y se han fijado las indemnizaciones, con arreglo a criterios convencionales, aunque todavía dichas indemnizaciones no son firmes, ya que pueden ser revistadas como consecuencia de recursos administrativos pendientes de resolución.

Pretendemos aquí comparar las indemnizaciones que se deducen del modelo con las que han resultado de los expedientes expropiatorios.

En cuanto a la valoración monetaria de costes y beneficios nos hemos visto obligados a introducir algunos supuestos simplificadores. Por otro lado, estos costes y beneficios se analizan para la autopista tal y como ha sido planeada y puesta en servicio, sin entrar en consideraciones sobre si el proyecto elegido respondía o no a un criterio de optimización.

El V.A.N. corregido viene dado por la diferencia entre el valor actualizado de los beneficios y el valor actualizado de los costes sin incluir entre estos últimos el coste de oportunidad por la asignación de la tierra expropiada a su nuevo destino.

1.2. Descripción somera del proyecto

Los dos tramos citados tienen las características técnicas que figuran en el cuadro 4.1.

CUADRO 4.1. (*)

Características	Tramo Puzol-Castellón	Tramo Amposta-Salou	Total y medias
Longitud (km)	57	65,4	122,4
Fecha de entrada en servicio	8-VI-1974	13-VIII-1974	10-VII-1974
Comienzo de las obras	1970	1970	1970
Años previstos de explotación	20	20	20
Tipo de capitalización	0,08	0,08	0,08
Superficie expropiada (Has)	398	450	848

1.3. Costes de ejecución del proyecto

Los costes de ejecución se pueden resumir en el cuadro 4.2., partiendo de datos procedentes de la misma fuente que el cuadro 4.1.

CUADRO 4.2.

Costes (en millones de pesetas)	Tramo Puzol-Castellón	Tramo Amposta-Salou	Total
Coste construcción	5.586	4.135	9.721
Coste proyecto	255	215	470
TOTALES	5.841	4.350	10.191

* Cuadro elaborado a partir de los datos que figuren en la Memoria de la Sociedad Concesionaria para el año 1974.

1.4. Costes de explotación y mantenimiento

Los costes de explotación y mantenimiento en ambos tramos, se pueden estimar según la fuente citada, para el año 1976, en 100.000.000 de ptas., desglosados de la siguiente manera:

— Costes generales de explotación	54 mill. ptas./año
— Gastos de mantenimiento	40 » »
— Amortización de instalaciones de explotación	6 » »

Se admite el supuesto de que, a lo largo de los 20 años de explotación estos costes evolucionarán de la misma forma que el flujo de tráfico.

1.5. *Cálculo de los valores subjetivos y objetivo de la tierra expropiada*

Un planteamiento riguroso del cálculo del valor objetivo exigiría la estimación previa del valor subjetivo que cada una de las parcelas tiene para los componentes de la población de interesados, y una vez conocida esta distribución de valores subjetivos, determinar el valor objetivo de la parcela como la media o la moda de dicha distribución.

Es obvio que el elevado número de parcelas (se puede estimar una media de 36 parcelas por Km. de autopista), así como las diferencias técnico-económicas entre las mismas y la complejidad de la población de interesados, además de la falta de datos fiables, no recomiendan en la práctica este procedimiento.

Así pues, estimaremos los valores subjetivo y objetivo por un procedimiento simplificado, que comporta los siguientes supuestos:

1.º Se consideran todas las parcelas afectadas por la expropiación como formando parte de un agregado homogéneo, de superficie igual a la suma de las superficies de todas ellas. Esta superficie total asciende a 848 Hectáreas.

2.º El valor objetivo del conjunto de dichas parcelas, para la población de interesados, coincide con la indemnización fijada por el expediente expropiatorio, ya que en este expediente se ha identificado implícitamente el valor objetivo con la indemnización.

Por tanto:

$$V_0 = 460.000.000 \text{ ptas.}$$

cifra que figura en la fuente citada.

3.º En cuanto al valor subjetivo, suponemos que la función de distribución de valores subjetivos se puede asimilar a una distribución normal de media (V_0) y semiintervalo ($V_0, \frac{4}{3}V_0$), acercándose el valor subjetivo del propietario al extremo superior, de acuerdo con los resultados obtenidos en un estudio reciente sobre el área de expropia-

ción, aunque estos resultados sólo son admisibles a título indicativo.¹¹

Por tanto:

$$V_s = 460 \times \frac{4}{3} = 613.333.333 \text{ ptas.}$$

1.6. *Cálculo de los beneficios sociales*

Existen dos clases de beneficiarios: a) los usuarios de la autopista; b) quienes circulan por carreteras ya existentes, los cuales se benefician de la descongestión de tráfico en ellas. La reducción de costes para estas dos clases de beneficiarios constituye la componente principal de los beneficios de la autopista.

Otros beneficios sociales se derivan de disminuciones en la tensión y fatiga que sufren los usuarios al conducir sus vehículos; del menor riesgo de accidentes; de la disminución de ruidos y molestias para los habitantes de núcleos urbanos vecinos a las actuales carreteras.

En cuanto, a la reducción de costes, el análisis se asienta en estimaciones de ahorro de tiempo por los vehículos a causa de la ramificación del tráfico que se distribuye entre autopistas y carreteras colaterales; estos ahorros producen una economía de costes, expresada en horas-vehículo (al decrecer los costes de funcionamiento, así como la composición de las flotillas de camiones, autobuses y otros vehículos) y una economía de tiempo expresada en horas-hombre (pueden dedicarse más horas a otro tipo de trabajo y al ocio).

Para asignar flujos de tráfico, tanto a la autopista como a las carreteras colaterales, se parte del supuesto de que el tráfico puede clasificarse en dos grupos: el de larga distancia, que tiende a utilizar la autopista, y el de cortos recorridos, que probablemente seguirá circulando por las carreteras colaterales.

Dado que la autopista es de peaje, vamos a utilizar los supuestos anteriores y también el supuesto simplificador de considerar los beneficios por economías de costes en horas-vehículo como compensados exactamente por las tarifas de peaje (no se incluye, pues, aquí el ahorro de horas-hombre en los desplazamientos).

En este sentido, para el año 1976 se estima un tráfico de 4.200.000 vehículos por la autopista, que se desglosan en 3.380.000 vehículos rápidos y 820.000 vehículos lentos.¹²

11. Véase V. Caballer; en (15). El estudio se refiere al término municipal de Villa de Villaveja (Castellón), que cae cerca del área expropiada por el proyecto que consideramos.

12. Cifras calculadas a partir de datos que figuran en la Memoria de la Empresa Concesionaria.

Los beneficios sociales, estimados para el año 1976, figuran en el cuadro 4.3.; este cuadro ha sido elaborado bajo varios supuestos simplificadores (dado su interés eminentemente práctico), en cuanto a velocidades medias, ingresos medios horarios en ocupaciones alternativas, etcétera.

En efecto, se parte de los supuestos siguientes:

a) Las velocidades medias en autopista son de 80 y 60 Km./hora para vehículos rápidos y vehículos lentos, respectivamente, mientras que en carretera son de 70 y 50 Km./hora.

b) La longitud de la autopista es 122,8 Km.; el recorrido por carreteras colaterales entre los puntos inicial y final de la autopista es algo mayor y se eleva a 135 Km.

c) El promedio de personas que ocupan los vehículos es de 2,5 y de 1,2 para vehículos rápidos y lentos, respectivamente.

d) Los ingresos medios horarios en ocupaciones alternativas se estiman en 80 ptas./hora para vehículos rápidos (teniendo en cuenta que no todos los ocupantes pertenecen a la población activa ni todo el tiempo de viaje podría dedicarse alternativamente a una ocupación laboral) y 100 ptas./hora para los vehículos lentos, donde no concurren las circunstancias anteriores.

e) Se suponen recorridos del 85 por 100 y tarifas de peaje de 1.30 ptas./Km.

CUADRO 4.3.

Concepto	Vehículos rápidos	Vehículos lentos	TOTALES
Ahorro tiempo (horas-viaje)	0,393	0,654	—
Horas-hombre ahorradas (por viaje)	0,9825	0,7848	—
Ahorro anual (miles de horas)	3.320,85	643,54	3.964,39
Ahorro anual (miles de ptas./año)	265.688	64.354	330.042
Ingresos por tarifa (miles ptas./año)	458.666	111.274	569.940
Beneficio Social (miles ptas./año)	724.354	175.628	899.982

1.7. Evolución de los costes y beneficios sociales

Tomando como referencia los estudios realizados por Beesley y Reynolds para la Autopista M-1 (Londres-Birmingham),¹³ se considera que

13. Véase págs. 45-90 de (16).

el flujo esperado de tráfico experimentará un incremento anual del 8 por 100, que es el porcentaje considerado por los autores ingleses.

Partimos también del supuesto que este porcentaje de incremento es el que experimentarán asimismo los beneficios y costes de explotación y mantenimiento, dada la correlación entre éstos con el flujo de tráfico.

En cuanto a los costes de ejecución del proyecto, se suponen realizados en el año cero. También supondremos que el horizonte temporal es de 20 años.

En los cuadros 4.4 y 4.5 figuran la evolución de beneficios y costes sociales.

CUADRO 4.4

Evolución de los beneficios sociales (en millones de pesetas)

AÑO	Evolución	Beneficios
1	—	900,00 *
2	900 × 1,08	972,00
3	972 × 1,08	1.049,76
4	1.049,76 × 1,08	1.133,74
5	1.133,74 × 1,08	1.224,44
6	1.244,44 × 1,08	1.322,39
7	1.322,39 × 1,08	1.428,18
8	1.428,18 × 1,08	1.542,44
9	1.542,44 × 1,08	1.665,83
10	1.665,44 × 1,08	1.799,10
11	1.799,10 × 1,08	1.943,03
12	1.943,03 × 1,08	2.098,47
13	2.098,47 × 1,08	2.266,35
14	2.266,35 × 1,08	2.447,66
15	2.447,66 × 1,08	2.643,47
16	2.643,47 × 1,08	2.854,95
17	2.854,95 × 1,08	3.083,34
18	3.083,34 × 1,08	3.330,01
19	3.330,01 × 1,08	3.596,41
20	3.596,41 × 1,08	3.884,12

(*) Cifra tomada del cuadro 4.3. y redondeada.

CUADRO 4-5

Evolución de los costes sociales (en millones de pesetas)

AÑO	Evolución	Costes
0	—	10.291,00 *
1	—	100,00 **
2	100 × 1,08	108,00
3	108 × 1,08	116,64
4	116,64 × 1,08	125,97
5	125,97 × 1,08	136,04
6	136,04 × 1,08	146,93
7	146,92 × 1,08	158,68
8	158,67 × 1,08	171,38
9	171,36 × 1,08	185,09
10	185,05 × 1,08	199,90
11	199,86 × 1,08	215,89
12	215,84 × 1,08	233,16
13	233,10 × 1,08	251,81
14	251,74 × 1,08	271,97
15	271,87 × 1,08	293,71
16	293,61 × 1,08	317,21
17	317,09 × 1,08	342,59
18	342,45 × 1,08	370,00
19	369,84 × 1,08	399,60
20	399,42 × 1,08	431,57

(*) Cifra tomada del cuadro 4.2.

(**) Cifra tomada del párrafo 4 de este capítulo.

Hemos de actualizar las anteriores magnitudes mediante una tasa de descuento, que estimamos del 10 por 100. (Véanse los cuadros 4-6 y 4-7.)

CUADRO 4-6

Beneficios sociales actualizados (en millones de pesetas)

Año	Beneficios (1)	Factor de actualización (2)	Beneficios actualizados (3) = (1) × (2)
1	900,00	0,909	818,100
2	972,00	0,826	802,872
3	1.049,76	0,751	788,370
4	1.133,74	0,683	774,344
5	1.224,44	0,621	760,378
6	1.322,39	0,564	745,828
7	1.428,18	0,513	732,656
8	1.542,44	0,467	720,319
9	1.665,83	0,424	706,312

10	1.799,10	0,386	694,453
11	1.943,03	0,350	680,060
12	2.098,47	0,319	669,412
13	2.266,35	0,290	657,241
14	2.447,66	0,263	643,734
15	2.643,47	0,239	631,790
16	2.854,95	0,218	622,380
17	3.083,34	0,198	610,501
18	3.330,01	0,180	599,402
19	3.596,41	0,164	589,811
20	3.884,12	0,149	578,734

TOTAL 13.826.693

(1) Datos del cuadro 4.4.

(2) Factor de actualización $\left(\frac{1}{(1+r)^t}\right)$ para $r = 0,10$ y $t \in (1,20)$.

CUADRO 4-7

Costes sociales actualizados (en millones de pesetas)

Año	Coste (1)	Factor de actualización (2)	Costes actualizados (3) = (1) × (2)
0	10.291,00	1,000	10.291,000
1	100,00	0,909	90,900
2	108,00	0,826	89,208
3	116,64	0,751	87,596
4	125,97	0,683	86,038
5	136,04	0,621	84,480
6	146,92	0,564	82,863
7	158,67	0,513	81,398
8	171,36	0,467	80,025
9	185,06	0,424	78,466
10	199,86	0,386	77,146
11	215,84	0,350	75,544
12	233,10	0,319	74,359
13	251,74	0,290	73,004
14	271,87	0,263	71,502
15	293,61	0,239	70,172
16	317,09	0,218	69,125
17	342,45	0,198	67,805
18	369,84	0,180	66,571
19	399,42	0,164	65,505
20	431,37	0,149	64,274
TOTAL			11.826,951

(1) Datos del cuadro 4.5.

(2) Factor de actualización $\left(\frac{1}{(1+r)^t}\right)$ para $r = 0,10$ y $t \in (0,20)$.

1.8. Cálculo de la indemnización

Apliquemos ahora el modelo al cálculo de la indemnización. En párrafos anteriores hemos obtenido los siguientes datos:

$$\begin{aligned} B &= 13.827 \text{ mill. ptas.} \\ C &= 11.827 \text{ » } \text{ »} \\ B - C &= 2.000 \text{ » } \text{ »} \\ V_o &= 460 \text{ » } \text{ »} \\ h &= 1/3 \end{aligned}$$

Resolviendo la ecuación (16), particularizada para estos valores, se tiene:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0,00555 \\ \alpha_2 &= 0,32833 \end{aligned}$$

Como puede comprobarse, en este proyecto se cumple que:

$$\begin{aligned} V_o &< C \\ B - C &> V_s \\ B - C - V_o &< \frac{h V_o}{4} \left(\frac{V_o}{C} + \frac{C}{V_o} \right)^2 \end{aligned}$$

Luego existen dos soluciones válidas. Se elige el α mínimo (véase capítulo 3, §6):

$$\alpha = 0,00555$$

y la indemnización será:

$$I = 462,553 \text{ mill. ptas.}$$

2. AL CALCULO DE INDEMNIZACIONES EN EL PROYECTO DE PRESA DEL ULLUM (ARGENTINA)

2.1. Introducción

Se pretende aplicar los criterios de valoración expuestos en el capítulo anterior a las tierras sujetas a expropiación por la construcción

de la presa sobre el río San Juan en el Cañón del Ullum (Argentina), proyectada para implantación y ampliación de regadíos.¹⁴

El análisis económico del proyecto, está basado en la utilización de diferentes tasas de descuento.¹⁵

2.2. Descripción

Las características técnicas del proyecto figuran en el cuadro 4.8.

CUADRO 4-8

Características	Cantidad
Altura de la presa (m)	65
Capacidad del embalse (Hm ³)	440
Superficie inundada (Ha):	
— tierra improductiva	3.000
— tierra cultivada	1.000
Superficie nuevo regadío (Ha)	68.000
Superficie regable (Ha)	128.000

2.3. Costes de construcción

La construcción del embalse se proyectó para realizarla en 3,5 años, distribuyéndose los costes según el cuadro 4.9.

CUADRO 4-9

Distribución temporal de los costes de construcción

Años	Porcentaje costes totales	Cantidad (miles de dólares)
1 (última mitad)	7	1.680
2	49	11.760
3	27	6.480
4	17	4.080
TOTAL		24.000

Para nuestro análisis consideraremos como punto de partida el año de terminación de las obras, que corresponderá al año 4, pues éstas dan comienzo a mediados del primer año. La capitalización de los costes de construcción sigue en el cuadro 4.10.

14. Véase págs. 313-444 de (17).

15. El análisis de sensibilidad de resultados puede verse en (17), págs. 335-339.

CUADRO 4-10

Capitalización de los costes de construcción (1)

Año	Costes acumulados (en miles de dólares)
1	2.134,4
2	14.229,6
3	7.128,0
4	4.080,0
TOTAL	27.572,0

2.4. *Costes de funcionamiento*

Los costes de funcionamiento, previamente actualizados, ascienden a 400.000 dólares. El autor considera unos costes de 30.000 dólares anuales con un incremento esperado del 2,5 por 100 anual.¹⁷

2.5. *Valor subjetivo y valor objetivo*

No poseemos ninguna información respecto a estos valores en la zona, ni de la lectura de la obra citada se deduce ninguna conclusión en lo referente al tipo de mercado de la tierra. Sin embargo, desde el punto de vista conceptual, el cálculo de dichos valores no ofrece ninguna dificultad. El conocimiento de los empresarios agrícolas y de sus explotaciones nos conduciría rápidamente al cálculo de los valores subjetivos y objetivo de las tierras expropiadas.

Considerando las columnas 1 y 2 de la tabla 11.3 de la citada obra, pág. 331, como estimadores de los valores objetivo y subjetivo, respectivamente, tendremos:

$$V_s = 5,5 \text{ mill. dólares}$$

$$V_o = 3,6 \text{ mill. dólares}$$

2.6. *Beneficios sociales*

Según la consideración de diversas tasas de descuento, el autor llega a unos beneficios sociales actualizados que oscilan entre 68,8 y 29 mi-

16. Véase obra citada, pág. 239.

17. Véase obra citada, pág. 331.

llones. Para nuestro cálculo consideraremos un beneficio de 50 millones de dólares.

2.7. Cálculo de la indemnización

En párrafos anteriores hemos obtenido los siguientes datos:

$$\begin{aligned} B &= 50 \text{ mill. dólares} \\ C &= 28 \text{ mill. dólares} \\ B - C &= 22 \text{ mill. dólares} \\ V_o &= 3,6 \text{ mill. dólares} \\ V_s &= 5,5 \text{ mill. dólares} \\ h &= 0,5277778 \end{aligned}$$

que llevamos a la ecuación (16), y resolviendo se tiene

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0,1028218 \\ \alpha_2 &= 0,4336803 \end{aligned}$$

Como puede comprobarse, en este proyecto se cumple que:

$$\begin{aligned} V_o &< C \\ B - C &> V_s \\ B - C - V_o &< \frac{h V_o}{4} \left(\frac{V_o}{C} + \frac{C}{V_o} \right)^2 \end{aligned}$$

luego existen dos soluciones válidas. Se elige el α mínimo (véase capítulo 3, § 6):

$$\alpha = 0,1028218$$

y la indemnización será:

$$I = 3.9701584 \text{ mill. dólares}$$

*Escuela Ingenieros Agrónomos.
Universidad Politécnica de Valencia.*

BIBLIOGRAFIA

1. PERA VERDAGUER, F.: *Expropiación forzosa*. Ed. Bosch, Barcelona, 1970.
2. ARRAGO, R. y ROUVEROUX, P.: «L'estimation des biens ruraux, périurbains, agricoles et forestiers. Les problèmes de l'expropriation en milieu rural.» *Librairies Techniques*. Paris, 1973.
3. FORTE, C.: *L'indennità di espropriazione a la legge per la casa*. Ed. Calderini. Bologna, 1974.
4. FAMULARO, N.: «L'indennità di espropriazione secondo la legge 25-6-1954.» *Rivista del Catastro*. Roma, 1969.
5. LANDI, G.: *Rassegna di Giurisprudenza sulla espropriazione per pubblica utilità*. Ed. Giuffré. Milán, 1955.
6. BALLESTERO, E.: «Valoración de fincas.» *Rev. Aspa*, n.º 89 y 90. Madrid, 1971.
7. CABALLER, V.: *Concepto y métodos de valoración agraria*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 1973.
8. BETIVEGNA, V.: «L'Analisi costi-benefici quale parte della scienza stimativa.» *Rev. Genio Rurale*. Junio 1973.
9. SABATINI, G.: *Espropriazione per pubblica utilità*. Ed. Utet. Turín, 1890.
10. MEDICI, G.: *Estimo rurale*. Ed. Agricole. Bologna, 1965.
11. PORCIANI, G.: *Pratica estimativa*. Ed. Agricole, Bologna, 1973.
12. GRILLENZONI, M.: «Il valore complementare nella problemática espropiativa.» *Rev. Genio Rurale*. Octubre, 1974.
13. ARROYOS, C.: «Análisis y desarrollo del método básico de concentración parcelaria.» *Tesis doctoral*. Madrid, 1972.
14. CABALLER, V.: «El valor objetivo en los métodos estadísticos de valoración de inmovilizados.» *Rev. Economía Política*. Diciembre, 1976.
15. CABALLER, V.: «Una contribución a los métodos estadísticos de valoración y su aplicación en el Levante español.» *Rev. Estudios Agrosociales*. Octubre, 1973.
16. CONFEDERACION CAJAS DE AHORRO: *Estudios sobre aplicaciones del análisis coste-beneficio*. Madrid, 1973.
17. HARBERGER, A.: *Evaluación de proyectos*. Instituto de Estudios Fiscales. Madrid, 1973.
18. MICHIELI, I.: *Estimo rurale, civile e catastrale*. Ed. Agricole. Bologna, 1970.