

**ANÁLISIS COSTE BENEFICIO Y ESTUDIO DE  
IMPACTO ECONÓMICO DE UNA FUENTE DE LUZ DE  
SINCROTRÓN EN EL VALLÈS OCCIDENTAL**

**Equipo de investigación**

**Director:** José García Montalvo (Universitat Pompeu Fabra)  
**Colaboradores:** Josep Maria Raya (Universitat Pompeu Fabra)  
Ferran Sancho (Universitat Autònoma de Barcelona)  
Júlia Bosch (Institut d'Estudis Territorials)

**Barcelona, Enero 2004**

## SUMARIO

<i>Resumen ejecutivo</i> .....	4
<i>1. Análisis coste-beneficio del Sincrotrón del Vallès</i> .....	6
<i>1.1. Definición de objetivos</i> .....	6
<i>1.2. Identificación del proyecto</i> .....	10
<i>1.3. Factibilidad del proyecto y análisis de opciones</i> .....	11
<i>1.4. Análisis financiero</i> .....	16
<i>1.4.1. Metodología y supuestos básicos</i> .....	16
<i>1.4.2. Los ingresos</i> .....	20
<i>1.4.3. Valor residual</i> .....	24
<i>1.4.4. Ajuste por la inflación</i> .....	24
<i>1.4.5. Sostenibilidad financiera</i> .....	25
<i>1.4.6. Determinación del tipo de descuento</i> .....	25
<i>1.4.7. Resultados del análisis financiero</i> .....	25
<i>1.5. Análisis económico</i> .....	30
<i>1.5.1. Correcciones fiscales</i> .....	30
<i>1.5.2. Correcciones por externalidades</i> .....	31
<i>1.5.3. Factores de corrección de los precios de mercados</i> .....	40
<i>1.5.4. Efectos económicos de difícil medición</i> .....	41
<i>1.5.5. Resultados del análisis económico</i> .....	42
<i>2. El impacto económico del Sincrotrón del Vallès</i> .....	44

2.1. Hipótesis, metodología y principales resultados .....	44
2.2. Supuestos y datos básicos .....	48
2.2.1. Fase de construcción y equipamiento (2003-2008) .....	48
2.2.2. Fase de funcionamiento (2009-2033) .....	52
2.3. La metodología input-output .....	53
2.3.1. Un análisis formal de la metodología input-output .....	57
2.3.2. Datos utilizados.....	61
2.4. Resultados detallados .....	62
2.5. Resultados comparados con otras fuentes de luz sincrotrón .....	69
Bibliografía .....	72

## **Resumen ejecutivo**

### **Aspecto generales**

- Este documento presenta un análisis coste beneficio y de impacto económico de la construcción de una fuente de luz sincrotrón en el Vallès Occidental.
- El proyecto consiste en la construcción de una fuente de luz sincrotrón en Cerdanyola del Vallés (Sincrotrón del Vallés SdV) que conseguirá un haz de electrones con energías en el rango de al menos 2,5 GeV. El perímetro de su anillo será de 260 metros. Inicialmente se prevé la construcción de 5 líneas experimentales. La construcción se extenderá en el periodo 2003-2008 y el presupuesto total de la construcción y el equipamiento es de 164 millones de euros.

### **Objetivos**

- Reforzar la posición competitiva de España y la Unión Europea en materia de grandes instalaciones científicas.
- Facilitar el acceso de las empresas del sur de la Unión Europea a una fuente de luz sincrotrón.
- Aumentar la utilización del potencial científico y tecnológico de Barcelona y su área metropolitana.
- Mejorar la capacidad del sistema de ciencia y tecnología español para acceder a otras grandes instalaciones científicas europeas.
- Facilitar la mejora de la competitividad de las empresas españolas.
- Mejorar el bienestar de los ciudadanos a partir de las aplicaciones de la luz sincrotrón a la mejora de los procedimientos de diagnóstico sanitario, estudio medioambiental, etc.

### **Principales resultados del análisis coste-beneficio**

- El escenario básico considera una tasa de inflación del 2,5%, una tasa de descuento del 4%, 230 días de apertura anual de la instalación y 5 años hasta su saturación.
- El análisis financiero en el escenario básico resulta en un valor actualizado neto de 58,5 millones de euros y una tasa interna de rendimiento del 6,5%.
- El análisis de sensibilidad ante cambios de la tasa de inflación, los días anuales de apertura y los años hasta la saturación muestra una horquilla de variación de la tasa interna de rendimiento entre el 5,2% y el 7%.
- El análisis económico tiene en consideración correcciones de los resultados financieros para tener en cuenta la fiscalidad, las externalidades, el ahorro de tiempo y la conversión en precios de mercado de bienes y servicios adquiridos en condiciones no competitivas.
- El análisis económico en el escenario básico proporciona un valor actualizado neto de 140,9 millones de euros y una tasa interna de rentabilidad del 9,4%.

### ***Supuestos del análisis de impacto económico***

- La asignación geográfica de la inversión (Catalunya, España y total) se ha realizado siguiendo criterios conservadores: solo se ha considerado inversión local aquella que efectivamente podrá ser realizada por empresas locales.
- La metodología adoptada es el modelo input-output, usando una matriz de contabilidad social para calcular separadamente los impactos directos, indirectos e inducidos.
- Se considera el impacto económico sobre tres magnitudes: producción, valor añadido y empleo.
- Se distinguen dos fases: el periodo de construcción (2003-2008) y el periodo de funcionamiento (2009-2033).

### ***Principales resultados del análisis de impacto económico***

- El impacto de la fase de construcción sobre la producción española alcanzará los 266 millones de euros de 2003, el valor añadido aumentará en 140 millones de euros y se generarán una media anual de 463 empleos.
- Durante la fase de funcionamiento el impacto sobre la producción será de 735 millones de euros manteniéndose una media anual de 257 empleos. El valor añadido aumentará en 417 millones de euros por el efecto de los gastos de funcionamiento.
- En el conjunto del periodo (construcción y funcionamiento) el impacto sobre la producción será de 1.001 millones de euros mientras el impacto sobre el valor añadido será de 557 millones y el empleo medio anual ponderado alcanzará los 297 puestos de trabajo.

## **1. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DEL SINCROTRÓN DEL VALLÈS**

El objetivo de esta primera parte del informe es presentar los resultados del análisis coste-beneficio de la construcción y funcionamiento de la fuente de luz sincrotrón del Vallès (SdV). Esta información debe servir como complemento a la Solicitud de Confirmación de la Tasa de Participación Comunitaria de Ayudas para Inversión en Infraestructuras dentro del epígrafe de Grandes Proyectos de los Fondos Estructurales de la Unión Europea. En particular este estudio se refiere al contenido del apartado sobre Análisis Socioeconómico de dicha solicitud.

La metodología de este análisis coste-beneficio adopta los principios básicos expuestos en el documento “Guide to Cost benefit análisis of investment projects” preparado por la Unidad de Evaluación de la DG de Política Regional de la Comisión Europea.

### **1. 1. Definición de objetivos.**

Los objetivos fundamentales de la construcción de la fuente de luz sincrotrón en la comarca del Vallès son:

- a) Reforzar la posición competitiva de la Unión Europea en materia de grandes instalaciones tecnológicas. Con este objetivo es necesario no sólo desarrollar instalaciones basadas en nuevas técnicas (como el International Termonuclear Experimental Reactor o ITER) sino también extender y aumentar el número de instalaciones científicas que han proporcionado una elevada rentabilidad científica y empresarial y que tienen una demanda creciente como las fuentes de luz sincrotrón. Además la construcción de esta nueva instalación científica ayudaría a reducir la diferencia todavía existente entre la intensidad de gasto en

investigación en la Unión Europea (1,93% del PIB en 2001<sup>1</sup>, último datos disponible) y otras zonas económicas como Estados Unidos (2,82%) o Japón (3,09%).

- b) facilitar el acceso de las empresas del sur de la Unión Europea, y en particular de España, Portugal y el sur de Francia, a una fuente de luz sincrotrón. Los costes de desplazamiento, las dificultades de acceso (por saturación de las instalaciones en otros países o problemas para superar el “peer review”) y el desconocimiento de las capacidades de este tipo de instalaciones reducen su utilización por parte de las empresas que podrían ser potenciales usuarias. El cuadro 1.1 muestra la concentración de fuentes de luz sincrotrón en el norte de Europa. La tendencia reciente (marcada por las nuevas fuentes de luz sincrotrón en fase de construcción) es de desplazamiento del eje hacia el sur marcado por la necesidad de un mayor equilibrio.

Cuadro 1.1.  
Instalaciones de luz sincrotrón en la Unión Europea

Ciudad	Instalación	Energía GeV	Ciudad	Instalación	Energía GeV
Karlsruhe	ANKA	2,5	Grenoble	ESRF	6
Berlín	BESSY II	1,7	Orsay	LURE ACO	0,8
Dortmund	DELTA	1,5	Orsay	<b>SOLEIL</b>	<b>2,75</b>
Bonn	ELSA II	1,5-3,5	Frascati	DAFNE	0,51
Hamburgo	DESY	4,5	Trieste	ELETTRA	1,5-2
	HASYLAB	7-14	<i>Didcot</i>	<b>DIAMOND</b>	<b>3</b>
Aarus	ASTRID I	0,6	Amsterdam	AmPS	0,9
	<i>ASTRID II</i>	1,4	Eindhoven	EUTERPE	0,4
Lund	MAX I	0,55	Villigen	<b>SLS</b>	<b>2,4</b>
	MAX II	1,55	Barcelona	<b>SdV</b>	<b>2,5</b>

En cursiva aparecen las instalaciones en fase de diseño o construcción. En negrita instalaciones de tercera generación.

- c) Mejorar el potencial científico-técnico de la Unión Europea y, en particular, el de los países más cercanos a la nueva fuente de luz sincrotrón. El acceso a una gran instalación de estas características

<sup>1</sup> OECD (2003).

permite la familiarización de muchos científicos con estas nuevas tecnologías (luz sincrotrón de tercera generación) y genera economías de escala tanto en su utilización industrial como en su uso con fines de avanzar el conocimiento científico básico.

- d) Aumentar la intensidad en la utilización del potencial científico de Barcelona y su área metropolitana. Barcelona y su área metropolitana concentran un gran potencial de científicos surgidos de su excelente sistema universitario. Sin embargo es bien conocido que muchos de los titulados de las universidades españolas en la disciplinas científicas (alrededor del 20%) acaban accediendo al mercado laboral en puestos de trabajo que poco tienen que ver con su capacidad científico-técnica. La presencia de esta gran instalación permitiría la atracción y consolidación de este potencial científico en el ámbito que le es propio.
- e) Mejorar la capacidad del sistema de ciencia y tecnología español para acceder a otras grandes instalaciones científicas europeas. El sistema español produce muchas propuesta para la utilización de grandes instalaciones científicas europeas pero la falta de experiencia provoca que el porcentaje de propuestas que supera el “peer review” sea bajo<sup>2</sup>.
- f) La estructura del sector manufacturero catalán y español recomienda la utilización de líneas (beamlines) con una especialización concreta cuyo nivel de saturación a nivel de las otras fuentes de luz sincrotrón europeas es elevado<sup>3</sup>. La construcción de esta nueva fuente de luz sincrotrón facilitaría la realización de múltiples experimentos relacionados con las tecnologías más útiles para las empresas catalanas y españolas.

---

<sup>2</sup> En el caso de la fuente europea de luz sincrotrón (ESRF) dicha proporción es sólo del 39% (Abela et al. 2001). Obviamente en este porcentaje influye también un sistema de cuotas por países en función de su participación en la financiación del ESRF.

<sup>3</sup> Esta es otra de las razones del moderado porcentaje de éxito en “peer review” de las propuestas españolas pues la competencia para la utilización de algunas líneas es muy fuerte.

- g) Estos nuevos productos incidirían directamente en el bienestar de los ciudadanos dado que muchas de las aplicaciones de la luz sincrotrón están relacionadas, entre otras, con:
- a. La mejora de salud de los ciudadanos. El desarrollo de nuevas medicinas más potentes y cuyo objetivo es muy localizado, evitando los efectos secundarios de la utilización poco precisa de determinadas proteínas. Son los llamados fármacos de nueva generación. Estos estudios están basados en el análisis de las estructuras de las proteínas a partir de métodos de difracción rayos X. Además la luz sincrotrón permite nuevos desarrollos en la generación de imágenes de células y tejidos gruesos, de gran utilidad en el diagnóstico médico (por ejemplo mamografía y angiografía), técnicas terapéuticas (radioterapia) y diseño de materiales médicos (por ejemplo la tomografía tridimensional).
  - b. La mejora del medioambiente. La luz sincrotrón permite medir muy pequeñas concentraciones de materiales tóxicos en el suelo, el agua o la atmósfera. También se pueden estudiar materiales y energías para reducir las emisiones tóxicas de los medios de transporte.

En cuanto a las consecuencias cuantificables se podría señalar:

- a) Aumentar el nivel tecnológico y la calidad de los productos manufactureros catalanes y españoles favoreciendo la utilización de la nueva instalación por parte de las empresas españolas. La intensidad del gasto en I+D de las empresas españolas es muy débil. Mientras en los países de la OCDE el gasto en I+D de las empresas representa entre un 70% y un 80% del gasto total en I+D en España tan sólo alcanza el 52,4%. En Catalunya esta proporción es más cercana a la de otros países industrializados (66,8%). La fuente de luz sincrotrón, dadas las

enormes posibilidades de aplicación industrial, permitirá aumentar la intensidad de la investigación y el desarrollo en las empresas españolas, talón de Aquiles de la situación actual.

- b) Aumentar la utilización de grandes infraestructuras científicas por parte de los investigadores españoles. En estos momentos el número de usuarios españoles que realizan experimentos en fuentes de luz sincrotrón (incluyendo estudiantes de tesis y postdoctorales) se sitúa aproximadamente entre 12 y 15 por millón de habitantes mientras que en países que disponen de al menos un sincrotrón propio dicha proporción se eleva a un rango que puede alcanzar los 60 usuarios por millón de habitantes (Suecia, Estados Unidos o el Reino Unido).
  
- c) Aumentar el gasto en investigación y desarrollo en Cataluña y España que, en estos momentos, todavía están alejados de la media de la Unión Europea. El gastos en I+D español tan sólo alcanzaba el 1,03% del PIB en 2002<sup>4</sup> y el catalán se situaba en el 1,27% mientras en el conjunto de la Unión Europea se alcanzaba el 1,99%<sup>5</sup>. La nueva fuente de luz sincrotrón permitiría acelerar el proceso de convergencia a la media de la Unión Europea en términos del gasto en investigación y desarrollo. En el período 1995-2001 el gasto en I+D en España creció a un ritmo medio anual del 6,5% frente al 3,7% de la UE (ambos calculados en términos de dólares de 1995 corregidos por la paridad del poder de compra).

Estos objetivos aparecen recogidos de diferentes formas entre los objetivos fundamentales de los Fondos Estructurales de la Unión Europea.

## 1.2. Identificación del proyecto.

---

<sup>4</sup> Datos provisionales publicados por el INE el 15 de diciembre de 2003.

<sup>5</sup> Este dato de 2002 es todavía provisional y corresponde al EU-15.

El proyecto consiste en la construcción de una fuente de luz sincrotrón en Cerdanyola del Vallés (Sincrotrón del Vallés SdV) que conseguirá un haz de electrones con energías en el rango de al menos 2,5 GeV.

El perímetro de su anillo será de 260 metros. Inicialmente se prevé la construcción de 5 líneas experimentales. La construcción se extenderá en el periodo 2003-2008 y el presupuesto total en construcción y equipamiento ascenderá a 164 millones de euros. Para su funcionamiento está prevista la participación de 125 personas que darán soporte científico-técnico a dos centenares de grupos de investigación. El coste de funcionamiento será de aproximadamente 14 millones de euros anuales.

Por tanto la inversión total satisface los límites financieros mínimos (50 millones de euros) para grandes proyectos elegibles en el marco del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

### **1.3. Factibilidad del proyecto y análisis de opciones.**

En este apartado se analizan diferentes opciones alternativas al proyecto que se presenta. En el caso de estudio la opción “do nothing” no es significativa dado que en la actualidad ya se están desarrollando acciones que podrían considerarse como alternativas imperfectas a la construcción de la nueva fuente de luz Sincrotrón del Vallés. Las opciones “do minimum” y “do something” se han agrupado en un mismo bloque pues, en función del objeto de estudio se corresponden con bastante exactitud.

En la actualidad los investigadores españoles que desean utilizar una fuente de luz sincrotrón tienen diversas alternativas u opciones:

- a) Construir una fuente de luz sincrotrón propia. Las ventajas de esta opción son diversas:

- a. Entre los científicos españoles interesados en utilizar la luz sincrotrón un 90% están interesados en la banda de rayos X del espectro<sup>6</sup>. La mayoría precisa una luz intensa en la banda de energía comprendida entre los 4.000 y los 30.000 eV y una luz muy brillante en la banda de energías comprendidas entre los 100 y los 2.000 eV. Esto significa que la demanda de los investigadores españoles se orienta hacia las llamadas fuentes de luz sincrotrón de tercera generación en los que se puedan introducir dispositivos de inserción: onduladores que generen luz muy brillante en la región de los rayos X débiles y “wigglers” que generen luz intensa en la región de los rayos X duros.

Los resultados de una encuesta realizada con anterioridad (LSC 1995) mostraban un porcentaje también elevado de deseo de utilización de energías en la franja del espectro de los rayos X (72%). El aumento de la proporción en el año 2000 indica una creciente necesidad de esta franja del espectro.

**Cuadro 1.2. Solicitudes por rango de energía**

Rango de energías	Porcentaje
Infrarrojo ( $10^{-3}$ - $10^0$ eV)	4%
Visible (1-5 eV)	8%
Ultravioleta cercano (5-10 eV)	8%
Ultravioleta lejano ( $10$ - $10^2$ eV)	6%
Rayos-X débiles(0.1-2 keV)	12%
Rayos X (2-4 keV)	14%
Rayos X (4-10 keV)	21%
Rayos X (10-20 keV)	15%
Rayos X (20-30 keV)	8%
Rayos X duros	2%
Rayos gamma	2%

Fuente: LSC (1995).

Con anterioridad se ha comentado la escasez de instalaciones de tercera generación en la Unión Europea. La participación

<sup>6</sup> Abela (2001) a partir de la identificación de 159 grupos españoles que utilizaban la luz sincrotrón para su investigación en el año 2000.

española en el ESRF y el LURE no puede considerarse una alternativa real para cubrir muchas de estas necesidades. Por ejemplo, las características del ESRF (generación fundamentalmente de fotones en la región de los rayos X normales o duros y su elevada energía) no permiten la utilización de dispositivos de inserción eficientes para la banda de rayos X de baja energía. Por este motivo disponer de una fuente de luz propia, adecuada a las necesidades de la industria y los científicos catalanes y españoles es muy importante.

- b. Por otra parte la utilización de otras instalaciones internacionales tiene limitaciones técnicas importantes. Para satisfacer la creciente demanda de radiación optimizada es necesario incrementar el número de dispositivos de inserción. Pero para conseguir este objetivo de aumentar el número de dispositivos de inserción es necesario aumentar el perímetro del acelerador. Como los costes aumentan con el cuadrado del perímetro y no de forma lineal los costes de participar en otros sincrotrones pueden ser muy elevados si es necesario cubrir el coste del aumento de tamaño necesario para incrementar los dispositivos de inserción. Asimismo al aumentar el tamaño del anillo se reduce la curvatura lo que, si no se aumenta la energía, provoca una radiación menor reduciendo la capacidad de instalar muchas estaciones.
- c. La industria y el sistema de ciencia y tecnología catalán y español tienen unas características propias que requieren unas líneas dedicadas muy específicas. La construcción de una fuente de luz sincrotrón más pequeña y especializada permite optimizar los recursos frente a los costes de participación en la propiedad de líneas en otras fuentes de luz sincrotrón (opción b) y ofrecer servicios que otras instalaciones europeas no podrían ofrecer.

- d. Las líneas disponibles en la opción b) no permiten satisfacer toda la demanda de los científicos españoles. De los 460 “shifts”<sup>7</sup> solicitados por investigadores españoles en el ESRF en el periodo 1997-99 solo se consiguieron alrededor de 180<sup>8</sup>. Esta baja tasa de éxito está causada por la menor competitividad de las propuestas científicas españolas frente a las presentadas por investigadores de países que cuentan con una fuente de luz sincrotrón propia (por ejemplo Francia, Inglaterra o Suecia). Por este motivo los científicos españoles han obtenido en el ESRF el 3,38% del tiempo total distribuido en el periodo 1999-2001, lo que implica que el coeficiente de justo retorno es del 0,87 (frente al ideal del 1)<sup>9</sup>. Además el número de usuarios de la luz sincrotrón en España es el mayor de todos los países sin instalaciones propias.
- b) La segunda opción sería acceder a otras instalaciones propiedad de otros países de la Unión Europea, o de fuera de la Unión Europea. El cuadro 1.3 muestra el número de grupos españoles en este tipo de instalaciones (no se incluye el ESRF cuyo análisis más detallado aparece en el apartado del cálculo de los ingresos del análisis coste beneficio).

---

<sup>7</sup> Un “shift” es la unidad básica de medida del tiempo de utilización de la radiación sincrotrón y equivale a 8 horas.

<sup>8</sup> Abela (2001).

<sup>9</sup> Informe del Plan Nacional de I+D+I. El personal contratado español en el ESRF supone el 3,58% de la plantilla. Además el último informe del CDTI (2003) señala que el retornos industriales se sitúan en torno al 24% (0,61 millones de euros) cuando en 1999 eran del 41%.

**Cuadro 1.3. Número de grupos españoles que han utilizado una fuente de luz sincrotrón en el periodo 1995-2000<sup>10</sup>**

Instalación	Grupos
BESSY	11
HASYLAB	6
ELETTRA	4
LURE	17
SRS	15
MAX	2
ALS (EE.UU.)	2
SRC (EE.UU.)	2
NLS (EE.UU.)	2
Spring8 (Japón)	1
Photon Factory (Japón)	2
<b>Total</b>	<b>64</b>

- c) La tercera opción consistiría en utilizar las líneas propiedad (o copropiedad) del estado español en instalaciones propiedad de otros países.
- a. El estado español adquirió la línea BM25 (SpLine) en el ESRF y financió, junto con el DURSI (Departament d'Universitats, Recerca i Societat de l'Informació) la línea BM16 también en el ESRF (desde 2003 y por un periodo de 5 años). Con anterioridad, gracias a un acuerdo entre la CICYT y la CIRIT, los usuarios españoles pudieron utilizar (en 2001 y 2002) una línea propia, la BM14.
  - b. El CSIC dispone en la actualidad de una línea, en copropiedad con Francia, en el LURE.

El análisis coste-beneficio que aparece en las siguientes secciones muestra que la rentabilidad financiera y económica del Sincrotrón del Vallès justifica su construcción incluso teniendo en cuenta la alternativa de utilizar otras fuentes

<sup>10</sup> El SRS inglés será sustituido próximamente por el nuevo sincrotrón DIAMOND.

de luz ya construidas, pues se usa como coste de oportunidad precisamente el coste de utilización de una de dichas alternativas (en concreto el ESRF).

## **1.4. Análisis financiero.**

### **1.4.1. Metodología y supuestos básicos**

El análisis financiero tiene como objetivo utilizar las predicciones de los flujos de caja del proyecto para calcular la tasa de rentabilidad interna (TRI) y el correspondiente valor actualizado neto (VAN). Para realizar los cálculos es preciso definir los siguientes elementos:

#### *1.4.1.1. Horizonte temporal.*

Se entiende por horizonte temporal el número máximo de años para el cual se presentan las predicciones. En nuestro caso se considera un horizonte temporal de 31 años. Esta hipótesis está basada en que se trata de una inversión asimilable a las energéticas, que el periodo de construcción se extenderá durante 6 años (2003-2008) y que el periodo de funcionamiento medio de este tipo de instalaciones es de 25 años según los estándares internacionales (2009-2033)<sup>11</sup>.

#### *1.4.1.2. Determinación de los costes totales.*

La suma de los costes de inversión y los costes de funcionamiento se describirán mediante distintos escenarios en los siguientes apartados. En estos costes no se han incluido ni las amortizaciones ni las reservas ni la dotación para contingencias e imprevistos dado que estas partidas no generan flujos de caja reales.

---

<sup>11</sup> Esta misma cifra es la utilizada para los análisis coste-beneficio de los sincrotrones de Canadá y de Australia. También es similar al horizonte temporal recomendado por la UE para grandes instalaciones.

El coste de la inversión se financiará a partir del presupuesto público por lo que su viabilidad financiera está garantizada. Diferenciando por fases se pueden analizar los costes de construcción y los costes de funcionamiento del proyecto.

### **A) Construcción y equipamiento.**

En el primer periodo (2003-2008) la mayoría de los costes se generan por la construcción y montaje de la instalación, los costes de personal de construcción y los costes del terreno. El cuadro 1.4 desagrega los costes de construcción e instalación calculados en euros de 2003. Las mayores partidas son los aceleradores, las líneas experimentales, los servicios y la ingeniería civil. En el cuadro 1.5 aparece la distribución del coste de personal de construcción (instalación). El salario medio por trabajador es de 46.125 euros de 2003. El número de trabajadores en la construcción es creciente hasta 2006, momento en que se alcanzan los 80 trabajadores, para estabilizarse los dos años siguientes en 75. Por último el valor de los terrenos es de 13.209.340 millones de euros, resultado del producto de los 60.000 metros cuadrados necesarios para la construcción de la instalación por el precio del metro cuadrado (220,15 euros). El coste de los terrenos se reparte en cuatro ejercicios (2004-2007).

Cuadro 1.4. Descomposición anualizada del coste de inversión (euros de 2003)<sup>12</sup>.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
1.1 pre-inyector		4,784,147					4,784,147
1.2 pre-acelerador (2.5 gev)			2,255,143	2,722,482	467,339	467,339	5,912,302
Imanes			1,366,966	1,366,966			2,733,932
Potencia			467,572	467,572			935,145
radiofrecuencia			420,605	420,605			841,210
vacío				467,339	467,339	467,339	1,402,016
1.3 anillo almacenamiento (2.5 gev)				5,391,453	7,322,730	4,857,519	17,571,702
imanes				1,828,463	1,828,463	1,828,463	5,485,388
potencia				1,097,779	1,097,779	1,097,779	3,293,336
radiofrecuencia					1,931,277	1,931,277	3,862,555
vacío				2,465,212	2,465,212		4,930,424
1.4 líneas de transferencia					2,617,097	3,769,087	6,386,184
imanes					151,885	151,885	303,770
imanes pulsados						1,151,990	1,151,990
potencia							0
vacío					2,465,212	2,465,212	4,930,424
1.5 sistemas de diagnóstico					1,626,339	1,626,339	3,252,678
1.6 sistemas de control			2,310,990	2,310,990	2,310,990		6,932,970
hardware			1,931,277	1,931,277	1,931,277		5,793,832
software			379,713	379,713	379,713		1,139,138
1.7 puesta a punto					1,355,282	1,355,282	2,710,565
Subtotal 1. aceleradores	0	4,784,147	4,566,133	10,424,925	15,699,777	12,075,565	47,550,547
2.1. sistemas de inserción					1,931,277	1,931,277	3,862,555
2.2. líneas y estaciones exp.				3,117,149	3,117,149	3,117,149	9,351,448
2.3 salidas de luz				948,698	948,698	948,698	2,846,093
2.4 control hardware				135,528	135,528	135,528	406,585
2.5 control software				58,417	58,417	58,417	175,252
2.6 puesta a punto					914,816	914,816	1,829,631
Subtotal 2. líneas experimentales (5)	0	0	0	4,259,792	7,105,885	7,105,885	18,471,563
3.1. refrigeración de agua			2,920,867	2,920,867			5,841,734
3.2 distribución eléctrica		677,641					677,641
3.3 otros (gases, redes, etc.)			1,694,103				1,694,103
Subtotal 3. servicios	0	677,641	4,614,970	2,920,867	0	0	8,213,478
4.1 proyecto	2,920,867						2,920,867
4.2 preparación de terrenos	584,173						584,173
4.3 construcción		5,841,734	5,841,734	1,460,434			13,143,902
Subtotal 4. ingeniería civil	3,505,040	5,841,734	5,841,734	1,460,434	0	0	16,648,942
<b>A. COSTE OBRA Y EQUIPAMIENTO</b>	<b>3,505,040</b>	<b>11,303,522</b>	<b>15,022,837</b>	<b>19,066,018</b>	<b>22,805,662</b>	<b>19,181,451</b>	<b>90,884,530</b>
<b>B. TOTAL PERSONAL CONSTRUCCIÓN</b>	<b>1,014,750</b>	<b>1,983,375</b>	<b>2,767,500</b>	<b>3,690,000</b>	<b>3,459,375</b>	<b>3,459,375</b>	<b>16,374,375</b>
<b>C. TERRENOS (APORTACIÓN)</b>		<b>3,302,335</b>	<b>3,302,335</b>	<b>3,302,335</b>	<b>3,302,335</b>		<b>13,209,340</b>
<b>TOTAL GENERAL (A+B+C)</b>	<b>4,519,790</b>	<b>16,589,232</b>	<b>21,092,672</b>	<b>26,058,353</b>	<b>29,567,372</b>	<b>22,640,826</b>	<b>120,468,244</b>

Cuadro 1.5: Distribución del personal de construcción (montaje)

Hipótesis	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Nº de personas para la construcción	22	43	60	80	75	75

<sup>12</sup> Nótese que este cuadro no debe coincidir con los epígrafes considerados con el cuadro 2.4 que aparece en el segundo capítulo de este estudio. El cuadro 1.5 incluye el coste de los terrenos y no incluye los gastos de funcionamiento durante el periodo 2003-2008. Por su parte el cuadro 2.4 no incluye el terreno y si que incluye los gastos de funcionamiento durante la primera fase (2003-2008) para poder separar el impacto económico que se produce en cada fase.

## B) Costes de funcionamiento de la instalación.

Para el funcionamiento de la instalación las principales partidas son los costes de personal y los costes de bienes y servicios. El cuadro 1.6 muestra la distribución del personal encargado del funcionamiento de la instalación en función de los años y las categorías funcionales. Se observa como el personal de funcionamiento durante la fase de construcción llega a su máximo una vez a finalizado la misma debido a la absorción de gran parte del personal que participa en el montaje de la instalación. Los 125 trabajadores se mantendrán hasta el final del periodo operativo. Por otra parte, si en un principio el personal está asociado a labores de gestión a medida que la construcción avanza su proporción se ve reducida por la incorporación de personal en los aceleradores, las líneas y el soporte técnico. Una vez finalizada la fase de construcción la mayor parte del personal se concentra en estas tres áreas, donde el soporte técnico absorbe más de la mitad de los trabajadores. El salario medio del personal es de 46.125€ de 2003.

**Cuadro 1.6: Distribución del personal anualmente y funcionalmente**

<b>Hipótesis utilizadas</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009 y siguientes</b>
Gestión	4	8	8	15	15	15	15
Aceleradores				15	15	15	30
Líneas					15	15	30
Soporte Técnico					10	10	50
<b>Total personas para funcionamiento</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>125</b>

**Nota: El crecimiento del personal de funcionamiento en 2009 es debido a la absorción en parte del personal que participa en la construcción e instalación.**

El cuadro 1.7 presenta la previsión de costes de funcionamiento<sup>13</sup>.

**Cuadro 1.7. Previsión de costes de funcionamiento.**

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2003-08	2009 y sig.
Personal de funcionamiento (pr. 2003)	184.500	369.000	369.000	1.383.750	2.536.875	2.536.875	7.380.000	5.765.625
Revisión salarial	0	9.225	18.681	34.594	184.500	333.366	659.226	920.732
<b>A. TOTAL PERSONAL FUNCIONAMIENTO (pr. corr.)</b>	<b>184.500</b>	<b>378.225</b>	<b>387.681</b>	<b>1.418.344</b>	<b>2.800.235</b>	<b>2.870.241</b>	<b>8.039.226</b>	<b>6.686.357</b>
Bienes y servicios (pr. 2003)	4.613	6.150	6.150	1.025.000	3.075.000	5.125.000	9.241.913	6.150.000
Actualización inflación	0	154	311	25.625	319.225	673.467	1.018.782	982.115
<b>A. TOTAL BIENES Y SERVICIOS (pr. corr.)</b>	<b>4.613</b>	<b>6.304</b>	<b>6.461</b>	<b>1.050.625</b>	<b>3.394.225</b>	<b>5.798.467</b>	<b>10.260.694</b>	<b>7.132.115</b>
Otros (pr. 2003)	1.538	5.125	9.225	107.625	307.500	410.000	841.013	205.000
Actualización inflación	0	128	467	2.691	31.922	53.877	89.086	32.737
<b>A. TOTAL OTROS (pr. corr.)</b>	<b>1.538</b>	<b>5.253</b>	<b>9.692</b>	<b>110.316</b>	<b>339.422</b>	<b>463.877</b>	<b>930.098</b>	<b>237.737</b>
<b>TOTAL FUNCIONAMIENTO (pr. 2003)</b>	<b>190.650</b>	<b>380.275</b>	<b>384.375</b>	<b>2.516.375</b>	<b>5.919.375</b>	<b>8.071.875</b>	<b>17.462.925</b>	<b>12.120.625</b>
<b>ACTUALIZACIÓN INFLACIÓN</b>	<b>0</b>	<b>9.507</b>	<b>19.459</b>	<b>62.909</b>	<b>614.507</b>	<b>1.060.711</b>	<b>1.767.093</b>	<b>1.935.584</b>
<b>TOTAL FUNCIONAMIENTO (pr. corr.)</b>	<b>190.650</b>	<b>389.782</b>	<b>403.834</b>	<b>2.579.284</b>	<b>6.533.882</b>	<b>9.132.586</b>	<b>19.230.018</b>	<b>14.056.209</b>

#### 1.4.2 Los ingresos.

La cuestión más difícil en el análisis financiero de grandes infraestructuras científicas es la evaluación de los ingresos pues, en su mayor parte, provienen

<sup>13</sup> Para un desglose más detallado de los gastos de funcionamiento se puede consultar el cuadro 2.5 que aparece en el segundo capítulo de este informe, relativo al impacto económico.

de subvenciones públicas destinadas a investigación y desarrollo. Se puede considerar que el coste de oportunidad de un “shift” de la nueva fuente de luz sincrotrón española sería el coste que el estado español paga por cada uno de los “shifts” utilizados en el ESRF. La contribución del estado español al ESRF es de 2,65 millones de euros en 2003<sup>14</sup>.

Datos para el cálculo de ingresos:

- a) En el ESRF se solicitan anualmente unos 24.585 shifts (196.680 horas) en sus 30 líneas públicas. De estas solicitudes superan la “peer review”<sup>15</sup> un 48%. Por tanto la cantidad total de “shifts” asignados es de 11.759 (94.072 horas).
  
- b) La cuota española en el ESRF supone un 4% del total. No obstante, debido a la enorme competitividad de las solicitudes de países que cuentan con una fuente de luz sincrotrón propia (como Francia, Gran Bretaña, Alemania o el Reino Unido) el retorno español se sitúa de media en torno al 3,4%. Por su parte la tasa de éxito de las solicitudes españolas es solo del 39%. Según esto de las 1.025 solicitudes españolas del último año solo 399 superarán el “peer review”. Esto no quiere decir que los experimentos que se realizarán en el nuevo Sincrotrón del Vallès sean de menor calidad. Como se ha señalado con anterioridad la nueva instalación estará mejor preparada para realizar experimentos más próximos a las necesidades científicas, tecnológicas e industriales españolas. Otros sincrotrones, por sus especiales características, pueden no ser los más apropiados para este tipo de experimentos. Asimismo se producirá también un efecto sustitución pues

---

<sup>14</sup> La participación en LURE supone un coste de 99.000 euros anuales. Su construcción supuso 2,4 millones de euros de 1999. Por su parte los costes de funcionamiento de la nueva BM16 se elevan a 320.000 euros en el año 2003 y su coste fue de 2,7 millones de euros.

<sup>15</sup> Por “peer review”, o revisión de los pares, se entiende el proceso de evaluación de experimentos propuestos para ser realizados en una instalación de luz de sincrotrón. Debido a la enorme demanda de tiempo de utilización de este tipo de instalaciones solamente las propuestas que son informadas positivamente por el consejo científico de la instalación reciben autorización para ser llevadas a cabo.

algunos de los experimentos que se llevan a cabo en estos momentos en otros sincrotrones, y por lo tanto superan el “peer review” se trasladarán al nuevo Sincrotrón del Vallès.

- c) Teniendo en cuenta la cuota anual española y el número efectivo de “shift” conseguidos se puede calcular un coste unitario de 6.628 euros por “shift”. El ingreso por cada “shift” se actualiza utilizando la misma tasa de inflación que en el caso de los costes.
  
- d) Un sincrotrón, por término medio, está operativo 230 días teniendo en cuenta que de los 365 días del año es necesario dedicar 52 días a conservación y 83 días a intervenciones sobre la máquina (reestablecer los haces de luz, puesta a punto, etc.). Suponemos que el Sincrotrón del Vallés estará operativo 230 días. Cada día tiene 3 “shifts” de 8 horas. Finalmente está prevista la construcción de cinco líneas. De esta forma el número de “shifts” potencialmente asignables es de 3.450.
  
- e) La demanda en 2003 se calcula como la demanda insatisfecha por el ESRF (“shifts” solicitados no concedidos). Dicha cantidad asciende a 626 shifts. A partir de ese año se considera que la demanda de solicitudes evolucionará a la misma tasa que en el periodo 1995-2002 (tasa de crecimiento media anual del 16,9%) hasta el año 2008. A partir de esta fecha se considera que la utilización se dobla en los primeros cuatros años (tasa media anual del 25,9%) y, a partir de entonces, se duplica cada 6 años<sup>16</sup>. Según estos cálculos el quinto año después de la finalización de la construcción la instalación estará al límite de su capacidad<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> Estos son parámetros aceptados para la evolución de la demanda basados en la experiencia internacional.

<sup>17</sup> Esta previsto que en el futuro se puedan construir nuevas líneas y estaciones. No obstante su coste no aparece reflejado en los cálculos de costes de este análisis coste-beneficio.

- f) Estas tasas de crecimiento son elevadas aunque no sorprendentes si se tiene en cuenta que la comunidad de usuarios de luz sincrotrón crece exponencialmente<sup>18</sup>. La experiencia internacional reciente valida el punto anterior. Por ejemplo el nuevo sincrotrón de Berlín alcanzó su objetivo de demanda para el quinto año en menos de tres años. En la actualidad tiene 40 líneas en funcionamiento pero se está planteando la construcción de muchas otras. Por su parte el Advance Light Source (ALS) de San Francisco experimenta una demanda creciente de líneas para hacer frente a las necesidades de la industria y el sector científico. En tan solo 5 años el ALS ha añadido 21 nuevas líneas<sup>19</sup>, cinco de ellas dedicadas a cristalografía de las proteínas. De hecho en Estados Unidos aunque la capacidad para experimentos sobre cristalografía con luz sincrotrón se dobló entre 1991 y 1997 la demanda continúa superando a la oferta por un factor de 2. El sincrotrón de Brasil en tan solo dos años era utilizado por 400 usuarios. El MAX I sueco estaba “overbooked” entre 3 y 4 veces su capacidad a mitad de los 90<sup>20</sup>. La experiencia internacional sugiere que el uso de las instalaciones de luz sincrotrón nacionales se duplica durante los primeros cuatro años y, después, cada seis años<sup>21</sup>.

En este punto es importante señalar que los “ingresos” que se consideran provendrán en su mayor parte de proyectos de investigación financiados con fondos públicos. La previsión es que la utilización industrial de la instalación sea del 5% (al menos durante los primeros años). El uso industrial de las fuentes de luz sincrotrón suele situarse entre el 5% y el 20% dependiendo de su localización y el tipo de estaciones con las que cuente. En la parte superior del ranking nos encontramos con el Advance Photon Source (Estados Unidos) (23%), el Advance Light Source (Estados Unidos) (25%) y el Stanford

---

<sup>18</sup> Informe Birgenau (director del Comité Consultivo de Ciencias Energéticas Básicas) (1997), Synchrotron radiation sources and science.

<sup>19</sup> El número de usuarios se acercará a los 1.700 a finales de 2003.

<sup>20</sup> DRI/McGraw Hill (1996).

<sup>21</sup> CFSES (1999).

Synchrotron Light Source (Estados Unidos) (30%). Con una proporción intermedia de utilización industrial se puede citar el National Synchrotron Light Source de Estados Unidos (15%), el MAX II sueco un 10% (planeado) y el Photon Factory de Japón un 17%.

Otras fuentes de luz sincrotrón tienen una menor proporción de uso industrial. Por ejemplo en el ESRF el tiempo comercial de las estaciones se aproxima al 1%<sup>22</sup>. En el HASYLAB el tiempo de uso industrial no supera el 1,5% mientras en el LURE el uso directo comercial supone un 5% del tiempo<sup>23</sup>. Por último en el SRS inglés el tiempo de uso comercial oscila entre el 2% y el 3%.

#### **1.4.3. Valor residual.**

Se considera el valor residual en el análisis coste-beneficio solo si proporciona un flujo real al inversor. Se puede calcular de dos maneras: considerando el valor de mercado residual como si la instalación tuviera que venderse al final del horizonte temporal considerado o suponiendo el valor de todos los activos y pasivos. En este informe se considera como valor residual el valor de los terrenos donde se ubica la instalación, calculados a precios corrientes<sup>24</sup>.

Utilizando los datos y supuestos anteriormente mencionados se obtienen los siguientes resultados para el análisis financiero (escenario básico).

#### **1.4.4. Ajuste por la inflación.**

---

<sup>22</sup> Si se cuenta como tiempo comercial la colaboración entre académicos e industrias este porcentaje sube al 5%.

<sup>23</sup> Un 15% se contabiliza la colaboración entre académicos e industrias.

<sup>24</sup> Para calcular el valor de los terrenos en 2033 se ha utilizado como tasa de revalorización la tasa de inflación considerada a lo largo de la realización del proyecto (2.5%).

El análisis de los flujos financieros se realiza a precios corrientes, como se recomienda en la metodología coste-beneficio. Para el periodo de construcción y funcionamiento de la instalación se supone una tasa de inflación del 2.5%. En el apartado siguiente se analiza la sensibilidad de los resultados al supuesto sobre la tasa de inflación.

#### **1.4.5. Sostenibilidad financiera.**

La financiación a partir del presupuesto público garantiza la sostenibilidad financiera del proyecto

#### **1.4.6. Determinación del tipo de descuento.**

En el análisis coste-beneficio los flujos financieros deben descontarse para calcular indicadores como el valor actualizado neto (VAN). El concepto fundamental para evaluar el tipo de descuento es el coste de oportunidad del capital. En España es bastante habitual utilizar un tipo de descuento del 4%. En el caso de la situación que se contempla en este informe la cifra del 4% se puede justificar como el coste de oportunidad de los fondos utilizados en el proyecto (a tipo de mercado), que refleja el tipo de rendimiento que se puede obtener en cualquier inversión alternativa (tipo nominal del 6.5%, lo que equivale a un rendimiento real del 4% más una inflación esperada del 2.5%).

#### **1.4.7. Resultado del análisis financiero.**

Los indicadores más utilizados para el análisis financiero son la tasa de rentabilidad interna (TIR), el valor financiero neto actualizado (VAN) y el ratio de beneficio sobre coste (B/C).

La TIR se define como la tasa de rentabilidad que iguala a cero el valor actualizado neto de la inversión. Por tanto:

$$VAN(S) = \sum_{t=0}^n S_t / (1 + TIR)^t = 0$$

donde  $S_n$  son los flujos netos en el momento  $n$ . El documento “Guide to Cost benefit análisis of investment projects” preparado por la Unidad de Evaluación de la DG de Política Regional de la Comisión Europea señala que un TIR reducido, o incluso negativo, no invalida el proyecto, condicionado a que pueda conseguir sus objetivos.

El VAN se define como valor presente descontado de los flujos netos generados por el proyecto.

$$VAN(S) = \sum_{t=0}^n a_t S_t = \frac{S_0}{(1+i)^0} + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n}$$

donde  $a_t$  es el factor de descuento e  $i$  el tipo de interés (o coste de oportunidad de los fondos).

Utilizando los datos y los supuestos expuestos en las anteriores secciones se obtiene el cuadro 1.8 que presenta los resultados de los indicadores para el escenario básico cuyas características son las siguientes:

- Tasa de inflación del 2.5%.
- Los días de apertura de la instalación son 230.
- La demanda satura la instalación después de 5 años.

El cuadro 1.8 muestra que en el escenario básico el VAN es 58,5 millones de euros de 2003. Alterando la tasa de descuento se obtiene una primera

aproximación a la sensibilidad de los supuestos. En el escenario básico si la tasa de descuento fuera del 5% el VAN sería de 30,7 millones mientras que si fuera del 2,5% el VAN ascendería a 114,8 millones de euros de 2003. Por su parte la TIR es del 6,5% mientras que la ratio beneficios sobre costes se sitúa en 1,14.

**Cuadro 1.8: Indicadores en el escenario básico.**

Indicadores	
VAN (5%)	30,7 Mill. €
VAN (4%)	58,5 Mill. €
VAN (2,5%)	114,8 Mill. €
B/C	1,14
TIR	6,5%

Un aspecto importante en el análisis coste beneficio es la sensibilidad de los resultados del escenario básico ante cambios en los parámetros fundamentales utilizados en el cálculo (tasa de inflación, días de apertura de la instalación y tiempo hasta la saturación de la instalación)<sup>25</sup>.

*a) Efecto de la inflación.*

El efecto de la inflación es potencialmente muy importante dado que los ingresos se percibirán en el futuro mientras la mayoría de los costes se producen en la actualidad. El cuadro 1.9 muestra los resultados de la sensibilidad de los diferentes indicadores a cambios en la inflación. En el mismo se puede observar como la TIR oscila entre el 6% (inflación del 2%) y el 7% (inflación del 3%). Por su parte el VAN con descuento al 4% se sitúa entre los 75,2 millones de euros y los 43,5 millones de euros.

<sup>25</sup> Los dos primeros supuestos del escenario básico se mantienen dado que el IVA no se debe incluir por motivos metodológicos.

**Cuadro 1.9. Sensibilidad de los indicadores a cambios en la inflación.**

Inflación →	2,5%	2%	3%
VAN (5%)	30,7 Mill. €	18,8 Mill. €	44,0 Mill. €
VAN (4%)	58,5 Mill. €	43,5 Mill. €	75,2 Mill. €
VAN (2,5%)	114,8 Mill. €	93,6 Mill. €	138,5 Mill. €
B/C	1,14	1,11	1,17
TIR	6,5%	6,0 %	7,0%

*b) Efecto de los días efectivos de apertura de la instalación.*

Otro parámetro muy importante en el cálculo de los costes y beneficios del proyecto es el número efectivo de días de apertura de la instalación. En la explicación de los ingresos ya se ha señalado la importancia de este valor para el cálculo. El cuadro 1.10 muestra la sensibilidad de los resultados a cambios en los días de apertura de la instalación.

**Cuadro 1.10. Sensibilidad de los indicadores ante cambios en los días de apertura**

Días →	230	210	240
VAN (5%)	30,7 Mill. €	4,6 Mill. €	43,7 Mill. €
VAN (4%)	58,5 Mill. €	27,1 Mill. €	74,1 Mill. €
VAN (2,5%)	114,8 Mill. €	73,1 Mill. €	135,7 Mill. €
B/C	1,14	1,05	1,17
TIR	6,5%	5,2%	7,0%

El cuadro 1.10 muestra que una disminución del 9,5% en el número de días de apertura provocaría una reducción del VAN de referencia (4%) de 21,4 millones de euros aunque la TIR seguiría superando el 5%. No es previsible que una disminución tan importante (cerca del 10%) en número de días de apertura se pueda producir aunque puntualmente problemas no previstos en el funcionamiento de la instalación pudieran suponer alguna reducción en el número medio de días, que siempre sería pequeña. Por el contrario, si el número medio de días pudiera llegar a los 240 entonces la TIR alcanzaría el 7%.

## c) Efecto de cambios en la demanda.

En este caso se consideran diversas opciones sobre el momento de saturación de la instalación. La base son cinco años después de la construcción teniendo en cuenta las dos hipótesis fundamentales con las que se trabaja en este tipo de instalaciones: la utilización inicialmente se dobla cada cuatro años y, a partir de esa fecha, cada seis. No obstante la experiencia de otras fuentes de luz sincrotrón aconseja considerar también los 4 años como periodo de saturación dado que en muchos casos la saturación se produjo con mucha rapidez. Como escenario pesimista se utiliza un periodo de 8 años hasta la saturación de la instalación. La probabilidad de este escenario es prácticamente nula pero puede servir como una referencia adicional.

**Cuadro 1.11. Sensibilidad de los indicadores a hipótesis sobre el periodo de saturación de la instalación.**

<b>Años hasta saturación →</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>4</b>
<b>VAN (5%)</b>	30,7 Mill. €	11,0 Mill. €	33,0 Mill. €
<b>VAN (4%)</b>	58,5 Mill. €	36,8 Mill. €	61,1 Mill. €
<b>VAN (2,5%)</b>	114,8 Mill. €	89,9 Mill. €	117,7 Mill. €
<b>B/C</b>	1,14	1,08	1,14
<b>TIR</b>	6,5%	5,5%	6,6%

El cuadro 1.11 muestra que los indicadores son poco sensibles a cambios en los años necesarios hasta la saturación de la instalación. El rango de variación de la TIR oscila entre el 6,6% (4 años) y el 5,5% (8 años) mientras el VAN de referencia (4%) se mueve entre los 36,8 millones y los 61,1 millones.

## **1.5. Análisis económico.**

El análisis económico tiene como objetivo determinar la contribución global del proyecto al bienestar de la región o el país. Por tanto el sujeto de interés en este caso es toda la sociedad y no solo el propietario de la infraestructura. Para realizar la transición entre el análisis financiero y el análisis económico deben tenerse en cuenta los siguientes componentes: las correcciones fiscales, las externalidades que pueda generar la instalación y los factores de corrección de los precios de mercado. Asimismo se debe realizar una valoración de aquellos aspectos que, por la dificultad intrínseca a su medición, no pueden analizarse de manera cuantitativa.

### **1.5.1. Correcciones fiscales.**

Para eliminar las distorsiones que los impuestos y los subsidios introducen en los precios de mercado se tienen que realizar las correcciones pertinentes. En general se trata de considerar los precios netos de IVA<sup>26</sup> y otros impuestos directos e indirectos. Se deben omitir las transferencias como los cargos por la Seguridad Social. En el caso que nos ocupa se trata de incluir el importe de los impuestos directos dado que los costes y los ingresos que se presentan en el análisis financiero están netos de cualquier tipo de impuesto o transferencia individual. En concreto hay cuatro tipos de impuestos relevantes en la construcción de esta infraestructura:

- a. El Impuesto de Bienes Inmuebles (IBI). Según la información obtenida de las ordenanzas fiscales del ayuntamiento de Cerdanyola del Vallès, el tipo correspondiente a una instalación como la fuente de luz sincrotrón será del 0,612%. Podemos considerar como la base imponible el valor

---

<sup>26</sup> El IVA ya no ha sido considerado en el análisis financiero.

de los terrenos actualizado anualmente. La cuota tributaria será de 80.841 euros mas la actualización correspondientes.

- b. El Impuesto de Actividades Económicas (IAE). Todavía no esta claro si el sincrotón del Vallès (SdV) deberá paga este impuesto. Todavía no hay resolución oficial sobre su posible exención.
- c. El impuesto de la construcción, instalación y obras. La base imponible de este impuesto es el coste real y efectivo de la construcción, instalación y obras. Se trata de un pago único. En el caso del sincrotrón dado el coste de la inversión a precios corrientes de 2003 el importe del impuesto (teniendo en cuenta un tipo del 3,4%) será de 4,925,941 euros.
- d. Tasa de licencia urbanística. En el caso de obras de nueva planta la base imponible es el coste real de la misma y el tipo a aplicar es el 1,5%. De esta forma la cuota tributaria sería de 2,173,165 euros.

No obstante, estas correcciones fiscales no se incluyen en el análisis dado que al mismo tiempo que generan flujos de costes procedentes del pago de cuotas también generan ingresos fiscales para la sociedad.

### **1.5.2. Correcciones por externalidades.**

Estas correcciones se pueden agrupar en cuatro apartados: los efectos negativos causados por la utilización de energía proveniente de un proveedor que utiliza centrales térmicas tradicionales, los efectos positivos sobre el capital humano, los efectos positivos sobre los productos y servicios que proporcionan las empresas y el ahorro de tiempo.

#### *1.5.2.1 La utilización de energía y sus efectos medioambientales.*

Entre los costes de funcionamiento de una instalación de producción de luz sincrotrón destaca el gasto en energía eléctrica. Una instalación de tamaño medio, como la propuesta, gasta aproximadamente el 15% de sus costes de funcionamiento en el pago por el suministro eléctrico.

En el caso del sincrotrón del Vallès (SdV) la energía eléctrica será proporcionada, en condiciones competitivas, por alguna empresa de la red eléctrica española. Diferentes tipos de instalaciones generan diferencias importantes en la emisión de CO<sub>2</sub>. En España las centrales de carbón emiten 1,04 kg por kWh; las de fuel y gas 0,802 kg; la de ciclo combinado 0,365 kg y, finalmente, las nucleares no emiten CO<sub>2</sub><sup>27</sup>. Las compañías eléctricas también generan diferentes niveles de emisión en función de la proporción de cada tipo de central en la generación eléctrica. En particular Hidrocarbónico emite 0.916 kg de CO<sub>2</sub> por kWh de producción mientras que Endesa emite 0.563 kg/kWh, Unión FENOSA 0.559 kg/kWh e Iberdrola 0.149 kg/kWh<sup>28</sup>.

El gasto anual de energía eléctrica del sincrotrón del Vallès será aproximadamente de 42.933 MWh<sup>29</sup>. Teniendo en cuenta la pérdida del 10% por el transporte y la media ponderada de las emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh de las empresas eléctricas españolas (0.535 kg/kWh) la generación de la energía necesaria para el funcionamiento del sincrotrón del Vallès supondrá la emisión de 22.969 toneladas de CO<sub>2</sub> por año.<sup>30</sup>

Para transformar la emisión anterior en un coste económico es necesario valorarla. El 12 de diciembre de 2002 tuvo lugar la primera subasta de

---

<sup>27</sup> Obviamente este factor de emisión depende más específicamente de la naturaleza exacta de la planta generadora pues dentro de cada una de las grandes tipologías que aparecen en el texto hay subclases. Ver Gambini y Vellini (2000) para los factores de diferentes tipos de plantas generadoras de energía eléctrica.

<sup>28</sup> La media de emisión en la Unión Europea es de 353 kg/kWh.

<sup>29</sup> La potencia instalada será probablemente de 7MW.

<sup>30</sup> Obviamente este factor de emisión depende de la naturaleza concreta de la planta generadora. El 0.987 es el escenario más pesimista de emisión. Ver Gambini y Vellini (2000) para los factores de diferentes tipos de plantas generadoras de energía eléctrica.

créditos de reducción de emisión de CO<sub>2</sub> en Alemania. Fue la llamada subasta “Hesse-Tender”. El precio por reducción de tonelada de CO<sub>2</sub> fue de 6,58 euros. Esta es la primera vez que un mercado ha valorado un crédito para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub><sup>31</sup>. Por tanto vamos a considerar un coste por tonelada emitida de CO<sub>2</sub> de 6,58 euros.

De esta manera el coste social (externalidad) de la emisión de CO<sub>2</sub> debido a la producción de la energía necesaria para el funcionamiento de la nueva instalación es de 151.138 euros.

#### 1.5.2.2 *Los efectos sobre el capital humano.*

Es bien conocido que los técnicos cualificados y los titulados universitarios tienen más problemas en el mercado laboral español que en el resto de la Unión Europea. No solo es que sus tasas de desempleo son superiores a las del resto de los países de la Unión. Además los conocimientos adquiridos son infrautilizados. Según los datos de la encuesta de la Unión Europea CHEERS un 17,9% de los titulados universitarios españoles señalan que para realizar las tareas de su puesto de trabajo no sería necesario haber realizado estudios universitarios. Otro 11,2% señala que con un título de grado inferior (por ejemplo ingeniero de grado medio en lugar de superior) tendrían suficientes conocimientos para el trabajo que desarrollan. En su conjunto la sobrecualificación ascendería al 30,1%. Por ramas de estudios los titulados de ciencias experimentales y de la salud (donde estarán localizados los mayores beneficiarios de la puesta en marcha de la instalación) la suma de estas dos proporciones se sitúa en el 20%.

---

<sup>31</sup> Los cálculos de Norhaus (9 dólares por tonelada) y el Ministerio de Fomento (1996)(984 pesetas por tonelada) se aproximan mucho a esta cifra.

La producción de titulados universitarios que no trabajan en labores apropiadas tiene varios costes: por una parte el coste social que supone formar con fondos públicos a un trabajador cuya productividad no se va a corresponder con los recursos dedicados en su formación; por otra parte el coste de oportunidad del tiempo que ha dedicado a estudiar en lugar de estar produciendo; finalmente el malestar psicológico de ver frustradas sus expectativas al realizar un trabajo que no se corresponde con su nivel de cualificación<sup>32</sup>.

En el cálculo de la reducción en el nivel de desajuste de debido a las posibilidades abiertas por la fuente de luz sincrotrón para la realización de trabajos especializados de I+D en las empresas que se verán beneficiadas por la instalación se utilizan los siguientes datos:

- a. El coste por año de formación de un universitario en ciencias experimentales es de 7.212 euros. La duración estimada es de cuatro años de estudios por lo que el coste de oportunidad de los fondos destinados a formar un joven universitario en ciencias experimentales que, con posterioridad, no utilizará sus conocimientos en su puesto de trabajo sería de 28.851 euros.
- b. El salario medio de un trabajador con estudios inferiores a estudios universitarios (coste de oportunidad del tiempo destinado al estudio) es de 24.500 euros por año.
- c. Considerando que 25 años suponen la mitad de la vida laboral de un trabajador y que la probabilidad de un trabajador cualificado de la rama experimental de estar sobrecualificado es del 20% (según los datos anteriormente expuestos) el beneficio adicional por evitar esta situación para los empleos totales (directos, indirectos e inducidos) creados por el

---

<sup>32</sup> El último punto (el malestar psicológico) es muy difícil de medir y no lo consideraremos.

proyecto (720<sup>33</sup>) es de cerca de 9,1 millones de euros en total. Esta cifra se corresponde con 365.332 euros por año.

- d. Estudios internacionales muestran que los trabajadores que tienen un puesto de trabajo apropiado a su nivel de cualificación obtienen una rentabilidad por año de estudios superior en un 2% a aquellos que indican que están sobrecualificados. Suponiendo que el salario es reflejo de la productividad y teniendo en cuenta un salario para los trabajadores cualificados de 45.000 euros y teniendo en cuenta los datos anteriores (720 empleos y un 20% de probabilidad de sobrecualificación) el resultado son 518.400 euros por año.
  
- e. Por tanto el beneficio económico sobre el capital humano podría valorarse en 883.733 euros.

#### *1.5.2.3 Los efectos del incremento en la inversión en innovación.*

Otro punto importante de los que se consideran en el análisis económico es el impacto de la fuente de luz sincrotrón sobre la innovación de las empresas. Es bien conocido que estas instalaciones científicas generan enormes sinergias con el sector industrial dada la enorme variedad de aplicaciones de la luz sincrotrón en las manufacturas (nuevas medicinas, aparatos de diagnóstico médico, nanotecnología, cosméticos, industria alimenticia, etc).

Aunque es difícil cuantificar el efecto sobre la innovación industrial (nuevos productos y nuevos procesos) de la construcción de una fuente de luz sincrotrón su evaluación resulta imprescindible. En algunas ocasiones la cuantificación se produce a partir de suponer una convergencia a los niveles de

---

<sup>33</sup> Incluye los puestos de trabajo creados en Catalunya y el resto de España

investigación y desarrollo de los países que disponen de una instalación de luz sincrotrón<sup>34</sup>.

**Cuadro 1.12. Gasto en I+D como porcentaje del PIB (2001)**

		2001
Canadá	x	1.94
Estados Unidos	x	2.82
Australia*		1.53
Japón	x	3.09
Corea	x	2.96
Austria		1.90
República checa		1.30
Dinamarca*	x	2.19
Finlandia		3.40
Francia	x	2.20
Alemania	x	2.49
Hungría		0.95
Islandia		3.06
Irlanda		1.17
Italia*	x	1.07
Países Bajos*	x	1.94
Noruega		1.62
Polonia		0.67
Portugal		0.83
República eslovaca		0.65
España		0.96
Suecia	x	4.27
Suiza*	x	2.63
Turquía*		0.64
Reino Unido	x	1.90
Unión Europea		1.93
<b>Total OCDE<sup>7</sup></b>		<b>2.33</b>

Fuente: OCDE Mayo 2003

En el cuadro 1.12 los países que cuentan con una fuente de luz sincrotrón propia aparecen marcado con una X. Los datos corresponden al año 2001,

<sup>34</sup> Este es el caso del análisis del impacto económico del sincrotrón de Australia.

último para el que existe información para todos los países que aparecen en el cuadro. La media de gasto en investigación y desarrollo de los países que cuentan con un sincrotrón era del 2,45% del PIB mientras la media de los que no disponían de este tipo de instalación es del 1,43%. En España la proporción era del 0,96%.

Algunos estudios han intentado aproximar los efectos sobre la producción de la disposición de una fuente de luz propia a partir de suponer que el país de instalación se aproximaría a la media de gasto en I+D de los países que disponían de sincrotrón propio. No obstante la causalidad reversa de esta relación impide una utilización razonable de esta hipótesis de convergencia tecnológica: es cierto que los países que cuentan con una fuente de luz sincrotrón propia pueden invertir más en I+D como consecuencia de la misma pero, a su vez, el tener una elevada proporción de I+D sobre el PIB hace que sea más fácil la construcción de la fuente de luz. No parece factible suponer que el gasto en I+D español pudiera alcanzar el 2,45% debido a la construcción del sincrotrón<sup>35</sup> y tampoco es fácil decidir que parte de esta convergencia se debería a dicha instalación.

Una aproximación más razonable se basa en la estructura sectorial de la economía española. Es bien conocido que no todos los sectores tienen la misma intensidad tecnológica ni todos se beneficiarán igualmente de las posibilidades que ofrecerá la disponibilidad de una fuente de luz sincrotrón. El estudio de impacto económico que aparece en la segunda parte de este informe señala que el impacto sobre el valor añadido una vez acabada la construcción de la fuente de luz sincrotrón será de aproximadamente 16,6 millones de euros anuales. Utilizando la estructura sectorial de la economía española se puede hacer una aproximación a los sectores que se verán más beneficiados por este incremento del valor añadido.

---

<sup>35</sup> El nuevo plan de I+D+I español (2004-2007) prevé alcanzar el 1,4% en 2007 con una aportación pública de 20.000 millones de euros.

El cuadro 1.13 utiliza los datos de la EITE (Encuesta sobre Innovación Tecnológica de las Empresas) del INE para calcular la intensidad innovadora de cada sector de la economía española. A partir de dicha intensidad y la proporción de valor añadido correspondiente se calcula el aumento de la inversión en innovación en cada sector. Sumando todas estas nuevas inversiones en innovación resulta un total de 351,888 euros anuales. Las tasas de rentabilidad de la inversión en innovación oscilan entre el 40% y el 60% según estudios internacionales. Por tanto utilizando la media el impacto sobre nuevos procesos y nuevos productos de las empresas será de 527,832 euros. Esta estimación es muy conservadora pues si, por ejemplo, la investigación con luz sincrotrón diera lugar a una nueva droga con grandes aplicaciones comerciales (antiretroviral, antimalaria, contra el cáncer, etc) el impacto de la inversión en innovación sería varios ordenes de magnitud superior.

|

<b>Cuadro 1.13. Innovación por Ramas de actividad (millones de euros, * miles, ** miles de millones )</b>	<b>Valor añadido 1999 (precios ctes)**</b>	<b>Proporciones sectoriales de VA</b>	<b>Incremento sectorial</b>	<b>Gasto en innovación (2000)</b>	<b>Coefficiente innovador</b>	<b>Incremento de gasto en innovación *</b>
<b>1. Agricultura, ganadería y pesca</b>	21,208	4.42%	0,73	0,02	0,0000	0,001
<b>2. Energía</b>						
Extracción de productos energéticos	1,205	0.25%	0,04	77,94	0,0647	2,695
Extracción otros minerales	1,011	0.21%	0,03			0,000
Coquerías, refino y combustibles nucleares	2,259	0.47%	0,08			0,000
Energía eléctrica, gas y agua	14,168	2.95%	0,49	82,10	0,0058	2,839
<b>3. Industria</b>						
Industria de la alimentación, bebidas y tabaco	13,681	2.85%	0,47	701,95	0,0513	24,278
Industria textil y de la confección, cuero y calzado	7,163	1.49%	0,25	290,96	0,0406	10,063
Industria de la madera y el corcho	2,445	0.51%	0,08	138,62	0,0567	4,794
Industria del papel; edición y artes gráficas	7,546	1.57%	0,26	544,02	0,0721	18,815
Industria química	8,284	1.73%	0,29	731,14	0,0883	25,287
Industria del caucho y materias plásticas	4,504	0.94%	0,16	238,48	0,0529	8,248
Otros productos minerales no metálicos	7,246	1.51%	0,25	417,05	0,0576	14,424
Metalurgia y productos metálicos	11,454	2.39%	0,40	703,22	0,0614	24,322
Maquinaria y equipo mecánico	6,039	1.26%	0,21	411,04	0,0681	14,216
Equipo eléctrico, electrónico y óptico	6,764	1.41%	0,23	767,46	0,1135	26,543
Fabricación de material de transporte	10,870	2.26%	0,38	1.615,59	0,1486	55,877
Industrias manufactureras diversas	4,037	0.84%	0,14	218,44	0,0541	7,555
<b>4. Construcción</b>						
Construcción	37,424	7.80%	1,29	292,53	0,0078	10,118
<b>5. Servicios de mercado</b>						
Comercio y reparación y hostelería	90,007	18.75%	3,11	353,90	0,0039	12,240
Transporte y comunicaciones	39,724	8.28%	1,37	631,91	0,0159	21,855
Intermediación financiera	22,941	4.78%	0,79	363,83	0,0159	12,583
Inmobiliarias y servicios empresariales (I+D)	63,419	13.21%	2,19	951,97	0,0150	32,925
Educación de mercado	6,418	1.34%	0,22		0,0000	0,000
Sanidad y servicios sociales de mercado	9,123	1.90%	0,32		0,0000	0,000
Otras actividades sociales y servicios	12,353	2.57%	0,43	426,89	0,0346	14,764
<b>6. Servicios de no mercado</b>	<b>68,669</b>	<b>14.31%</b>	<b>2,37</b>	<b>215,22</b>	<b>0,0031</b>	<b>7,444</b>
<b>Totales</b>	<b>479,962</b>	<b>100.00%</b>	<b>16,60</b>	<b>10.174,26</b>	<b>0,0212</b>	<b>351,888</b>

#### 1.5.2.4 Ahorro de tiempo.

En este punto se trata de evaluar el tiempo que los investigadores españoles que utilizaban otros sincrotrones ganan por la posibilidad de utilizar el nuevo sincrotrón del Vallès (SdV). Se prevé que se beneficiarán 1,000 investigadores al año y que, de estos, unos 400 serán catalanes. Estos investigadores se ahorran los costes de transporte en los que tendrían que incurrir si se desplazaran al ESRF. Si suponemos una media de días de visita para cada investigador igual a cinco días laborables y añadimos a los costes de transporte y alojamiento (1.000 euros semanales), el ahorro anual sería de unos 400.000 euros de 2003.

#### 1.5.3 Factores de corrección de los precios de mercado.

Esta parte del análisis pretende determinar los factores de corrección que eliminen las distorsiones que se producen en los precios de mercado. Se deben considerar los costes y los beneficios sociales así como los financieros. En este aspecto los precios corrientes que se fijan en mercados imperfectos o las políticas de regulación de sector público no reflejan el verdadero coste de oportunidad de los factores de producción y los productos. No obstante en la actualidad el sector eléctrico español está liberalizado, lo que ha permitido aumentar la competencia y aproximar los precios a los costes marginales. Por tanto no será necesario realizar ninguna corrección<sup>36</sup>.

Sin embargo el valor de los terrenos no representa el valor de mercado y debe corregirse. En este sentido se considera que el precio pagado por los terrenos es la mitad del precio de mercado (440 euros por metro cuadrado). Por tanto en el análisis económico se ha aumentado el coste de los terrenos para corregir por un precio de compra que no refleja el precio de mercado.

---

<sup>36</sup> Además los precios por kwh son muy similares a los existentes en otros países de nuestro entorno.

Un input fundamental en el proceso es el factor trabajo. Los salarios corrientes son un indicador social distorsionado del coste de oportunidad del trabajo, dado que los mercados de trabajo son imperfectos. Un efecto de esta imperfección es la existencia de desempleo superior a la tasa natural. Es razonable, por tanto, que los salarios sean corregidos por esta circunstancia. De esta forma el valor actualizado neto social sería superior al privado. Actualmente la tasa de desempleo de Catalunya es del 9,2%, que es superior a la tasa de desempleo natural que se encuentra entre el 5% y el 6%. Por este motivo está justificado aplicar un factor de corrección de 0,8<sup>37</sup>. Asimismo es preciso realizar una corrección fiscal por los costes asociados a la Seguridad Social. Finalmente se supone que los salarios crecen al mismo ritmo que la inflación. La moderación salarial observa durante los últimos 10 años, en los que los sindicatos han reivindicado aumentos salariales en línea con la inflación, es perfectamente compatible con este supuesto. Por tanto no es necesario hacer ninguna corrección por el crecimiento de los salarios reales.

#### **1.5.4 Efectos económicos de difícil medición.**

Además de los efectos externos comentados con anterioridad existen otra sería de beneficios y costes económicos que son muy difíciles de medir pero que, al menos, deberían ser citados. En primer lugar la posibilidad de realizar experimentos con una fuente de luz sincrotrón propia aumentará la tasa de éxito, actualmente muy baja, de los investigadores catalanes y españoles en sus solicitudes de “shifts” en el ESRF y otras instalaciones experimentales. Este hecho aumenta la probabilidad de que se realicen descubrimientos importantes o nuevas aplicaciones con impacto comercial. A su vez el funcionamiento de la instalación permitirá la formación de técnicos especializados en técnicas derivadas de la utilización de la luz sincrotrón.

---

<sup>37</sup> Es el factor recomendado en la Guía de la Unidad de Evaluación de la DG de Política Regional de la Comisión Europea.

Hasta el momento la falta de una instalación propia dificultaba la formación “sobre el terreno” de este tipo de técnicos.

En segundo lugar la mejora de los métodos de diagnóstico, una de las aplicaciones más importantes de la luz sincrotrón, permitirá aumentar la esperanza de vida. Existen medidas del impacto sobre la esperanza de vida de los nuevos procedimientos de diagnóstico que se podrían utilizar para realizar una evaluación cuantitativa. No obstante la elevada incertidumbre sobre el descubrimiento o mejora de los procedimientos de diagnóstico que se pueden producir recomienda ser prudentes en este punto y no intentar una evaluación de los beneficios económicos con un elevado grado de incertidumbre.

Finalmente, y como se ha señalado anteriormente, los procesos de investigación tienen un resultado incierto. No obstante, con una probabilidad positiva se pueden producir descubrimientos que generen el nacimiento de nuevos productos e, incluso, una nueva industria. Un ejemplo claro son los nuevos medicamentos desarrollados a partir de fuentes de luz sincrotrón como el Viracept o el Relenza, el impacto de los cuales en el sector farmacéutico ha sido muy importante. La evaluación de la probabilidad de un acontecimiento tan incierto como éste impide poder proceder a una evaluación cuantitativa con garantías.

#### **1.5.5 Resultados del análisis económico.**

Introduciendo las consideraciones anteriores (externalidades y correcciones para ajustar a los precios de mercado) en el análisis coste-beneficio se obtiene la versión económica en lugar de la estrictamente financiera. El cuadro 1.14 presenta los indicadores básicos del análisis coste beneficio. En primer lugar se puede comprobar que las TIR son bastante superiores que las obtenidas en el análisis financiero. En el escenario básico la TIR económica es del 9,4 % frente al 6,5% de la TIR estrictamente financiera. El aumento es debido a que las

externalidades negativas (contaminación causada por la generación de energía eléctrica para abastecer la instalación) y los ajustes por precios administrativos (precio de los terrenos) son menores que las externalidades positivas (ahorro de tiempo, efecto de la mejora del capital humano, aumento de la capacidad de innovación de la economía, etc.). El cuadro 1.14 también presenta la sensibilidad de los indicadores ante cambios en la tasa de inflación. La TIR oscila entre el 9,7 % (inflación del 3%) y el 9,0% (inflación del 2%).

**Cuadro 1.14. Indicadores del análisis económico.**

<b>Inflación →</b>	<b>2,5%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>
VPN (5%)	100,5 Mill. €	86,5 Mill. €	96,0 Mill. €
VPN (4%)	140,9 Mill. €	123,9 Mill. €	138,6 Mill. €
VPN (2,5%)	221,9 Mill. €	197,4 Mill. €	224,6 Mill. €
B/C	1,29	1,26	1,32
TIR	9,4 %	9,0 %	9,7 %

## **2. EL IMPACTO ECONÓMICO DEL SINCROTRÓN DEL VALLÈS**

En esta segunda parte del informe se analiza, utilizando la metodología “input-output”, el impacto económico de la inversión (2003-2008) y los gastos de funcionamiento (2009-2033) ocasionados por la instalación de la fuente de luz sincrotrón del Vallès (SdV). En la primera parte se presentan un resumen del proceso de cálculo y los principales resultados. Los siguientes apartados contienen los supuestos básicos del cálculo (sección 2), la metodología utilizada (sección 3), los resultados detallados (sección 4) y una comparación con los resultados de estudios de impacto económico de otras fuentes de luz sincrotrón construidas en otros países (sección 5).

### **2.1. Hipótesis, metodología y principales resultados.**

El primer paso para dicho cálculo consiste en desagregar las diferentes partidas de la inversión y los gastos de funcionamiento en función del origen geográfico donde se producirá el gasto y el sector de actividad económica al cual irá dirigido. La primera sección presenta los supuestos que justifican la asignación geográfica de la inversión y los gastos de funcionamiento. En dicha asignación se han utilizado criterios muy conservadores: se ha considerado como inversión local aquellos trabajos que realmente podrían ser realizados por empresa locales. El segundo principio en las hipótesis de asignación geográfica de la inversión y los gastos de funcionamiento es considerar como una inversión no local cualquier tipo de equipo que, por su nivel de estandarización, es más fácil comprar que montar localmente. La mayor parte de las veces, como por ejemplo en el caso del pre-inyector, la procedencia de la inversión será el resto de la Unión Europea. Finalmente se ha optado por separar tres áreas geográficas donde se producirá el impacto económico: Catalunya, España e impacto total.

En segundo lugar se debe optar por una metodología para realizar los cálculos. En este caso el procedimiento generalmente aceptado consiste en aplicar la metodología "input-output". Dentro de las alternativas de cálculo que se pueden adoptar utilizando esta metodología se ha optado por un desglose de impactos entre directos, indirectos e inducidos<sup>38</sup>. Esta decisión es la más habitual en estudios de impacto económico y es común a los estudios realizados en el contexto de instalaciones de luz de sincrotrón. La tercera sección explica con detalle el procedimiento.

Una vez seleccionada la metodología es preciso decidir sobre las magnitudes económicas en las que se va a medir el impacto. Lo más habitual, y la opción adoptada en este estudio, es incluir tres agregados: la producción, el valor añadido y el empleo. En caso del empleo es importante señalar la diferente duración de los puestos de trabajo generados durante las dos fases consideradas en el informe: fase de inversión y montaje (2003-2008) y fase de funcionamiento (2009-2033). El número de empleos generados debe interpretarse como la media anual de empleos y, por tanto, la duración de los empleos de la fase de inversión y montaje será de 6 años mientras que la duración de los empleos de la fase de funcionamiento será de 25 años.

Utilizando la metodología anterior los cuadros 2.1-2.3 presentan los principales resultados clasificados por el periodo en que se producen los impactos (fase de inversión o fase de funcionamiento), el tipo de impacto (sobre la producción, el valor añadido o el empleo) y el área de referencia (Cataluña o el conjunto del estado español). La separación geográfica del impacto se produce en función de que se considere que el vector de incremento de la demanda incluye solo los bienes y servicios que podrán producirse en Cataluña o considere los que se producirán en el conjunto del estado español.

---

<sup>38</sup> La alternativa es calcular solamente los efectos directos e indirectos.

En el primer caso el cuadro 2.1 muestra el impacto considerando solo los bienes y servicios que podrán ser provistos por empresas catalanas. El impacto de la inversión sobre la producción alcanza los 227 millones de euros de 2003 y generará una media anual de 406 empleos. Por su parte durante los 25 años de funcionamiento de la instalación se generará un volumen de producción bruta igual a 632 millones de euros de 2003 y 236 empleos en cada año de funcionamiento. En conjunto el sincrotrón del Vallès (SdV) generará localmente (en Catalunya) 859 millones de euros de producción bruta y un total de 642 empleos. En este punto hay que recordar que los empleos generados en la fase de inversión tienen una duración de 6 años mientras los empleos de la fase de funcionamiento tienen una duración de 25 años. Por tanto la suma de empleos totales, aunque indicativa, no refleja exactamente el número de empleos medios anuales durante la totalidad del periodo 2003-2033. Para obtener dicha cifra habría que calcular la media ponderada<sup>39</sup> del número de empleos medios anuales de cada uno de los dos periodos. En el caso del cuadro 2.1 el número medio anual de empleos generados considerando la totalidad del periodo 2003-2033 sería de 269<sup>40</sup>.

**Cuadro 2.1. El impacto económico del sincrotrón. Catalunya.  
Millones de euros de 2003.**

	<b>Inversión (2003-2008)</b>	<b>Funcionamiento (2009-2033)</b>	<b>Total (2003-2033)</b>
Producción bruta	227	632	859
Valor añadido	123	375	498
Empleo	406	236	642

El cuadro 2.2 contiene los resultados teniendo en cuenta el conjunto de los gastos que se realizarán en empresas del estado español. La fase de inversión generará una producción bruta de 266 millones de euros mientras que durante el funcionamiento de la instalación se generará un impacto sobre la producción bruta de 735 millones de euros. Con respecto al empleo durante la fase de inversión se generarán 463 puestos de trabajo mientras que durante cada año

<sup>39</sup> La fórmula utilizada aparece en una nota al final de esta sección.

<sup>40</sup> La duración media de los empleos sería de 13 años.

del funcionamiento se mantendrán 257 empleos. En su conjunto el impacto sobre la producción bruta superará los 1.000 millones de euros y se generarán 720 puestos de trabajo. Nuevamente, la suma de los empleos anuales medios generados en la fase de inversión y funcionamiento sirve solo como un indicador del empleo anual medio generado durante la totalidad del periodo. Teniendo en cuenta la diferente duración de las dos fases el empleo anual medio ponderado alcanzaría los 297 empleos.

**Cuadro 2.2. El impacto económico del sincrotrón. España.**  
Millones de euros de 2003.

	Inversión (2003-2008)	Funcionamiento (2009-2033)	Total (2003-2033)
Producción bruta	266	735	1.001
Valor añadido	140	417	557
Empleo	463	257	720

Otro aspecto importante es el desglose de los empleos en función de que su generación se produzca de forma directa o indirecta. El cuadro 2.3 contiene el desglose entre empleos directos e indirectos del impacto sobre el conjunto de España.

**Cuadro 2.3. El impacto sobre el empleo del sincrotrón. España.**

	Inversión (2003-2008)	Funcionamiento (2009-2033)	Total (2003-2033)
Empleos directos	166	152	318
Empleos indirectos (indirectos+inducidos)	297	105	402

Al igual que en los cuadros anteriores la columna de totales presenta la media simple de los empleos directos e indirectos. La media anual ponderada por la diferente duración de los dos periodos es de 155 empleos directos y de 142 empleos indirectos. La duración media de los empleos directos es de 15 años.

Nota:

El cálculo de los empleos anuales medios ponderados se realiza según la siguiente fórmula

$$EMP = \frac{(6 * N_{2003-2008} + 25 * N_{2009-2033})}{33}$$

El cálculo de la duración media de los empleos se realiza según la siguiente fórmula

$$DUR = \frac{(6 * N_{2003-2008} + 25 * N_{2009-2033})}{N_{2003-2008} + N_{2009-2003}}$$

## 2.2. Supuestos y datos básicos.

En este apartado se realiza una explicación de los datos básicos utilizados para el cálculo del impacto económico del sincrotrón del Vallès (SdV) así como de los supuestos necesarios para realizar dichos cálculos.

### 2.2.1 Fase de construcción y equipamiento (2003-2008).

El primer elemento a considerar son los gastos originados en el periodo de construcción y el equipamiento del sincrotrón. El cuadro 2.4. presenta dichos costes para el periodo de construcción de la infraestructura (2003-2008). La distribución geográfica de la inversión (de donde provendrá cada uno de los componentes de la instalación) es bastante difícil dado que la mayoría de las adjudicaciones se realizarán mediante concursos públicos donde se podrán presentar empresas de diverso origen geográfico. No obstante utilizando el conocimiento de los principales abastecedores de cada componente y el origen de los componentes en otros sincrotrones construidos con anterioridad se

pueden formular los siguientes principios, utilizando criterios que en todos los casos son los más conservadores:

- El pre-inyector es un componente estándar que es más barato comprar montado que hacerlo localmente. Se supone que el conjunto del Estado español no superará el 10% en la aportación a este componente.
- Los componentes del pre-acelerador, el anillo de almacenamiento y las líneas de transferencia son menos estándar. No obstante se considera que los sistemas de radiofrecuencia y vacío serán construidos por empresas localizadas en otros países de la Unión Europea. Por su parte los imanes y la potencia podrían ser construidos por empresas españolas en su totalidad aunque se supone que solo el 10% provendrá de empresas locales.
- Se supone que solo el 10% del sistema de diagnóstico podrá ser realizado por empresas locales.
- Se supone que los sistemas de control (tanto software como hardware) serán desarrollados por empresas locales en su totalidad.
- La puesta a punto también puede realizarse localmente.
- En cuanto a las cinco líneas experimentales se supone que un 60% de la mayoría de los componentes podrán obtenerse a partir de empresas locales<sup>41</sup>. Sin embargo se supone que los sistemas de inserción y las salidas de luz serán construidos por empresas españolas no locales.
- Los sistemas más homogéneos como la refrigeración de agua, la distribución eléctrica, de gas, etc. pueden ser construidas en su totalidad

---

<sup>41</sup> Las proporciones dependen del tipo de líneas experimental del que se trate.

por empresas locales. Lo mismo sucede con todos los aspectos relativos al proyecto, la preparación de los terrenos y la construcción propiamente dicha.

- Se supone que el personal encargado del montaje de la instalación (ingenieros) y el personal de necesario para su funcionamiento durante la fase inicial será contratado localmente. Asimismo los otros bienes y servicios también tendrán un origen local.
  
- Durante la fase de inversión se producirán gastos de personal para el funcionamiento y bienes y servicios que han sido, lógicamente, incluidos también entre los costes del periodo 2003-2008.

Cuadro 2.4. Costes del periodo 2003-2008 y distribución por áreas geográficas.

	2003-2008	% local	% España	Inv. Local	Inv. España	Total
1.1 pre-inyector	4.784.147	0	10	0	478.415	4.784.147
1.2 pre-acelerador (2.5 gev)	5.912.302					
imanes	2.733.932	10	100	273.393	2.733.932	2.733.932
potencia	935.145	10	100	93.514	935.145	935.145
radiofrecuencia	841.210	0	0	0	0	841.210
vacío	1.402.016	0	0	0	0	1.402.016
1.3 anillo almacenamiento (2.5 gev)	17.571.702					
imanes	5.485.388	10	100	548.539	5.485.388	5.485.388
potencia	3.293.336	10	100	329.334	3.293.336	3.293.336
radiofrecuencia	3.862.555	0	0	0	0	3.862.555
vacío	4.930.424	0	0	0	0	4.930.424
1.4 líneas de transferencia	6.386.184					
imanes	303.770	10	100	30.377	303.770	303.770
imanes pulsados	1.151.990	10	100	115.199	1.151.990	1.151.990
potencia	0	0	0	0	0	0
vacío	4.930.424	0	0	0	0	4.930.424
1.5 sistemas de diagnóstico	3.252.678	10	10	325.268	325.268	3.252.678
1.6 sistemas de control	6.932.970					
hardware	5.793.832	100	100	5.793.832	5.793.832	5.793.832
software	1.139.138	100	100	1.139.138	1.139.138	1.139.138
1.7 puesta a punto	2.710.565	100	100	2.710.565	2.710.565	2.710.565
Subtotal 1. aceleradores	47.550.547					
2.1. sistemas de inserción	3.862.555	0	60	0	2.317.533	3.862.555
2.2. líneas y estaciones exp.	9.351.448	60	60	5.610.869	5.610.869	9.351.448
2.3 salidas de luz	2.846.093	0	60	0	1.707.656	2.846.093
2.4 control hardware	406.585	60	60	243.951	243.951	406.585
2.5 control software	175.252	60	60	105.151	105.151	175.252
2.6 puesta a punto	1.829.631	60	60	1.097.779	1.097.779	1.829.631
Subtotal 2. líneas experimentales (5)	18.471.563					
3.1. refrigeración de agua	5.841.734	100	100	5.841.734	5.841.734	5.841.734
3.2 distribución eléctrica	677.641	100	100	677.641	677.641	677.641
3.3 otros (gases, redes, etc.)	1.694.103	100	100	1.694.103	1.694.103	1.694.103
Subtotal 3. servicios	8.213.478					
4.1 proyecto	2.920.867	100	100	2.920.867	2.920.867	2.920.867
4.2 preparación de terrenos	584.173	100	100	584.173	584.173	584.173
4.3 construcción	13.143.902	100	100	13.143.902	13.143.902	13.143.902
Subtotal 4. ingeniería civil	16.648.942					
5. Subtotal obra y equipamiento (1+2+3+4)	90.884.530					
6. Personal de construcción (pr. 2003)	16.374.375	100	100	16.374.375	16.374.375	16.374.375
7. Personal de funcionamiento (pr. 2003)	7.380.000	100	100	7.380.000	7.380.000	7.380.000
8. Bienes y servicios y otros	9.765.175	100	100	9.765.175	9.765.175	9.765.175
<b>TOTAL</b>	<b>124.404.080</b>			<b>76.798.878</b>	<b>93.815.685</b>	<b>124.404.080</b>

Unidades: euros de 2003

### 2.2.2. Fase de funcionamiento (2009-2033).

El cuadro 2.5. presenta una previsión de los costes de funcionamiento de la instalación. La segunda columna presenta los costes en euros de 2003 para utilizar este año como referencia de precios constantes. La columna 2009-2033 calcula los costes acumulados durante el periodo de funcionamiento del sincrotrón del Vallès (SdV).

Estos costes acumulados de funcionamiento se han distribuido geográficamente siguiendo unos criterios similares a los utilizados con la inversión. Los trabajadores, los servicios y los otros se han asignado como provisión local. En cuanto a la sustitución y actualización de componentes se ha adoptado una hipótesis bastante conservadora: localmente será posible proveer el 10% de los otros componentes. Se supone además que un 70% de los componentes principales y un 75% de la aplicación de normas sobre seguridad y otros componentes podrán ser adquiridos en empresas españolas no locales.

**Cuadro 2.5. Costes de funcionamiento y su desagregación geográfica.**

	Anual	2009-2033	% local	% España	Local	España
<b>Salarios</b>						
1.1. Profesionales	2.767.500	69.187.500	100	100	69.187.500	69.187.500
1.2. Personal de apoyo (soporte técnico)	2.306.250	57.656.250	100	100	57.656.250	57.656.250
1.3. Personal de gestión	691.875	17.296.875	100	100	17.296.875	17.296.875
		0				
<b>Servicios</b>		0				
2.1. Electricidad	2.152.500	53.812.500	100	100	53.812.500	53.812.500
2.2. Agua	512.500	12.812.500	100	100	12.812.500	12.812.500
2.3. Calefacción	61.500	1.537.500	100	100	1.537.500	1.537.500
2.4. Seguridad y otros	61.500	1.537.500	100	100	1.537.500	1.537.500
		0				
<b>Funcionamiento operativo</b>		0				
3.1. Componentes principales (upgrading y sustitución)	1.640.000	41.000.000	0	70	0	28.700.000
3.2. Aplicación normativa sobre seguridad	307.500	7.687.500	0	75	0	5.765.625
3.3. Otros componentes	1.025.000	25.625.000	10	75	2.562.500	19.218.750
		0				
<b>Otros</b>		0				
4.1. Viajes	256.250	6.406.250	100	100	6.406.250	6.406.250
4.2. Teléfono y comunicaciones	184.500	4.612.500	100	100	4.612.500	4.612.500
4.3. Servicios informáticos exteriores	153.750	3.843.750	100	100	3.843.750	3.843.750
		0				
<b>TOTAL</b>	<b>12.120.625</b>	<b>303.015.625</b>			<b>231.265.625</b>	<b>282.387.500</b>

### 2.3. La metodología input-output.

La decisión de promover un proyecto de inversión de gran alcance puede tener efectos trascendentales en la generación de actividad económica y en la creación de empleo. La nueva inversión, que inicialmente adopta una expresión monetaria, se traduce en nueva demanda de bienes finales que, en el proceso de ser producidos, genera actividad económica que beneficia al conjunto de todos los participantes en la economía:

- beneficia a las empresas o sectores productivos, que ven su cartera de pedidos ampliada y su horizonte productivo garantizado, beneficia a los factores de producción, y por extensión las familias, que ven sus rentas aumentadas bien sea como consecuencia de la creación de nuevos empleos o por la obtención de nuevas rentas no salariales (rentas del capital).
- beneficia a las administraciones públicas, que con el aumento de la actividad económica verán su ingreso fiscal aumentado tanto por el incremento de la imposición indirecta (IVA y cuotas a la seguridad social) como la directa (renta personal y renta de las sociedades) pero también por el aumento de tributos ligados a la posible nueva creación de empresas (IAE).

Centrándonos exclusivamente en aquellos aspectos económicos que afectan a la esfera privada de la sociedad, la evaluación del impacto económico de un nuevo proyecto de inversión exige evaluar y cuantificar los efectos que se producirán sobre:

- los niveles de actividad (output) total y final de los sectores productivos
- las rentas de los factores o valor añadido,
- el empleo.

La evaluación cuantitativa de estos efectos económicos debe ser clasificada en función de criterios de desagregación sectorial y geográfica.

El tratamiento clásico en la evaluación del impacto económico de un proyecto de inversión se basa en el uso de las tablas input-output. Las tablas recogen de manera desagregada información sobre:

- las transacciones intermedias de bienes y servicios entre los sectores productivos de una economía,
- las compras finales de bienes y servicios por parte de los consumidores, las empresas, el sector público y el sector exterior -- en forma de exportaciones.
- los pagos de las empresas a los factores primarios, al sector público (en forma de imposición) y al sector exterior.

Con esta información estadística es posible desarrollar un modelo microeconómico input-output de la economía en el que las variaciones en el nivel global de actividad económica de los sectores productivos están explicadas por las variaciones que se producen en las demandas finales, con una particularidad destacable, las interdependencias sectoriales permiten computar el efecto cruzado de un cambio en la demanda final del bien o servicio ofrecido por un sector sobre el índice de actividad global del resto de sectores. El efecto concreto sobre un sector dependerá naturalmente de la estructura que adopte su tecnología de producción en relación a los bienes y servicios necesarios en su actividad productiva pero que son producidos y provienen del resto de sectores.

Esta relación entre output global y demanda final se puede representar por:

VARIACIÓN EN LA DEMANDA FINAL DIRIGIDA AL SECTOR M  
{tecnología de transformación de inputs en outputs}



### VARIACIÓN EN EL OUTPUT GLOBAL DEL SECTOR N

Por otra parte, la producción requiere además el uso de factores primarios, en particular trabajo. Al existir una relación entre las necesidades de empleo de un sector y su output es asimismo posible determinar el impacto sobre el empleo de un cambio en la demanda final de bienes y servicios:

### VARIACIÓN EN EL OUTPUT GLOBAL DEL SECTOR N

{tecnología de uso de empleo}



### VARIACIÓN EN LAS NECESIDADES DE EMPLEO EN EL SECTOR N

La ventaja fundamental del análisis input-output es su capacidad para:

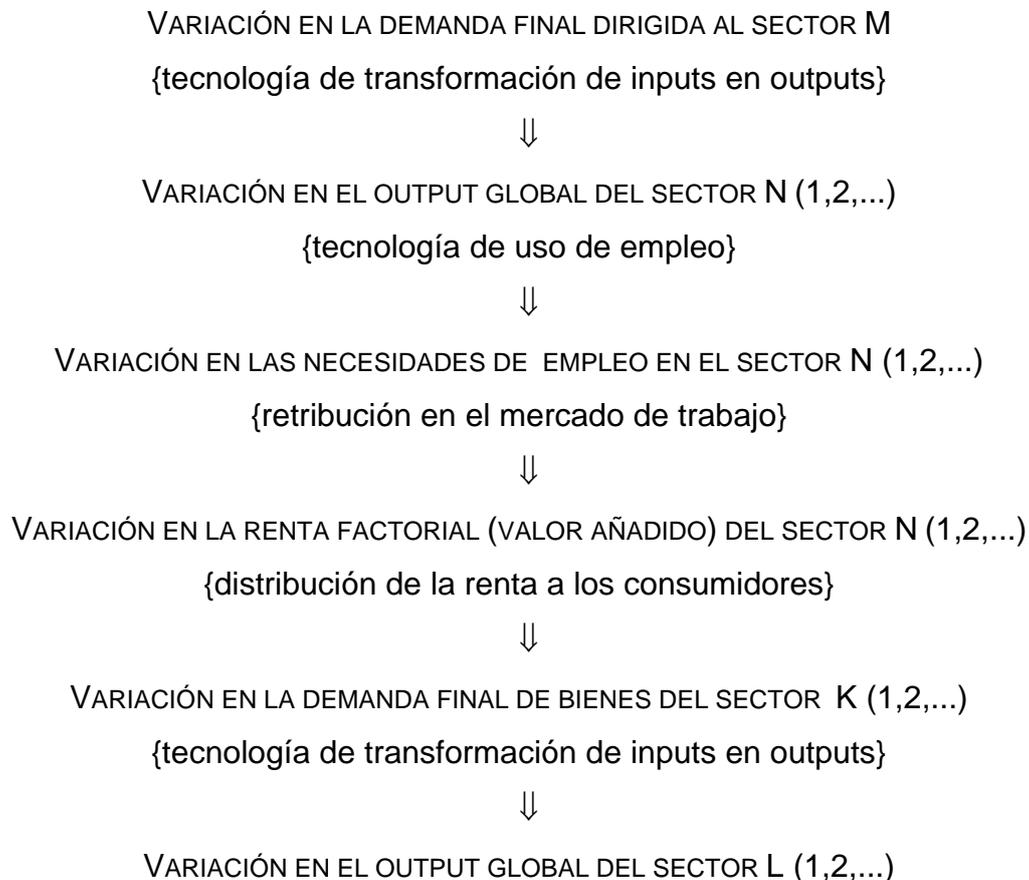
- medir el efecto de la interdependencia productiva entre sectores,
- distinguir el impacto *directo* del impacto *indirecto*.

El impacto *directo* mide el efecto sobre la actividad de un sector de tener que ajustar su producción para satisfacer los nuevos niveles de demanda final. El impacto *indirecto* mide, en contraste, los ajustes en los niveles de producción de los sectores en respuesta a las nuevas demandas de inputs que son necesarias para poder acomodar el nivel de producción del sector en el que originalmente recae la nueva demanda final. Puesto que cada sector proveedor de inputs requiere asimismo inputs del resto de sectores, el impacto *indirecto* capta el ajuste secuencial de todos los sectores para satisfacer mutuamente sus necesidades de inputs en respuesta a los cambios promovidos en la demanda final.

Una limitación del análisis input-output clásico es que corta la secuencia de influencias en la generación de rentas factoriales. Sin embargo, el flujo circular

de la renta en el mundo real no se detiene en esta etapa. Antes al contrario, la generación de nuevas rentas contribuye a una ampliación de la capacidad adquisitiva de los consumidores receptores de las nuevas rentas y por consiguiente en un efecto adicional sobre la demanda final. Para superar esta limitación hemos expandido el modelo microeconómico para incluir el efecto retroactivo de la generación de rentas sobre la financiación de nuevas compras y de éstas sobre el nivel de actividad de los sectores productivos. Esta ampliación del modelo de base, a fin y efecto de introducir de forma más completa el flujo circular de la renta, se materializa en el denominado modelo SAM de la economía (SAM: *Social Accounting Matrix*) y genera los llamados multiplicadores tipo II.

El nuevo esquema completo adopta el siguiente formato:



Obsérvese que la última fase del proceso anterior reconduce a la economía a reproducir el esquema inicial que conduce desde la demanda final hasta la renta factorial. Este efecto retroactivo actuará hasta que la economía ajuste sus niveles globales de output para poder satisfacer las demandas inducidas por la generación de rentas. Por este motivo, el efecto adicional se denomina efecto *inducido* y mide el impacto que el crecimiento de las rentas ejerce, vía demanda, sobre los niveles de actividad.

La distinción del impacto global producido por el proyecto, en términos de impacto, *directo*, *indirecto* e *inducido*, ofrece una visión detallada del mecanismo económico de transmisión de influencias y las esferas en que éstas se materializan.

### **2.3.1. Un análisis formal de la metodología input-output.**

Las bondades, dificultades y aplicaciones de las tablas input-output son de sobra conocidas entre la mayor parte de los economistas. No obstante, los desarrollos y extensiones de la teoría a fin de incorporar relaciones de interdependencia más complejas son menos conocidos y por ello parece recomendable, aunque sea con brevedad, ofrecer un repaso de los aspectos más analíticos de las metodologías de cálculo empleadas.

Las tablas input-output recogen los flujos de transacciones intersectoriales o intermedias en una determinada región o país para un año concreto, así como los distintos vectores de la demanda final y los inputs primarios. A partir de la información contenida en la tabla se determinan los valores de los coeficientes técnicos que describen la tecnología, es decir, las posibilidades de producción de la economía.

La tecnología está descrita por una matriz cuadrada  $A$  de coeficientes técnicos y un par de vectores de coeficientes de uso de trabajo y de capital,  $(l, k)$ . La

dimensión de  $A$  y de los vectores  $I$  y  $k$  se corresponde con el número de sectores productivos en la economía.

Partiendo de la identidad contable:

$$\text{PRODUCCIÓN TOTAL} = \text{PRODUCCIÓN INTERMEDIA} + \text{PRODUCCIÓN FINAL}$$

se demuestra que esta relación puede escribirse como:

$$X = A X + D$$

de donde se obtiene:

$$X = (I - A)^{-1} D$$

donde  $X$  es el vector de la producción total y  $D$  es el vector de la demanda o producción final. En consecuencia, el ajuste de los niveles totales de output según los cambios en la demanda final está gobernado por la expresión:

$$\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta D$$

La matriz  $M_s = (I - A)^{-1}$  se denomina matriz de multiplicadores y mide el impacto de interdependencia, *directo e indirecto*, ejercido sobre todos los sectores en respuesta a un cambio en la demanda final de un sector concreto.

En contraste con la metodología input-output, que omite las interdependencias que se manifiestan en el flujo circular de la renta desde los sectores productivos hacia las rentas de los factores y de éstas hacia el gasto de los agentes, la metodología SAM (*Social Accounting Matrix*) incorpora todos los flujos y capta los efectos de retroalimentación que nuevamente se producen desde los agentes receptores de rentas hacia los sectores productivos. Una SAM es una tabla de doble entrada en la que aparecen reflejados todos los

ingresos y gastos de todos los agentes e instituciones de la economía y, por consiguiente, incluye a la tabla input-output como una de sus piezas informacionales. Las cuentas de una SAM se clasifican en endógenas y exógenas. Supongamos que el total de cuentas  $N$  se particiona en  $m$  cuentas endógenas y  $k$  exógenas y que denotamos por  $X_m$  y  $X_k$  los niveles de output, renta o gasto (según el tipo de sector o agente que se considere) de las cuentas endógenas y exógenas.

Si normalizamos por columnas todos los flujos que aparecen en una SAM se demuestra que se satisface la relación

$$\begin{bmatrix} X_m \\ X_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{mm} & A_{mk} \\ A_{km} & A_{kk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ X_k \end{bmatrix}$$

expresión en la que las submatrices  $A$  representan los coeficientes normalizados de la SAM. Resolviendo para los niveles de las cuentas endógenas se obtiene:

$$\begin{aligned} X_m &= A_{mm} X_m + A_{mk} X_k \\ X_m &= (I - A_{mm})^{-1} A_{mk} X_k = M_a Z \end{aligned}$$

donde  $M_a = (I - A_{mm})^{-1}$  es la matriz de multiplicadores SAM. Si el índice  $m$  se corresponde con el número de sectores productivos de la tabla input-output, la matriz  $M_a$  coincide con la matriz clásica  $M_s$  de multiplicadores simples del modelo input-output. Si escogemos  $m$  de tal manera que las actividades de consumo se consideran endógenas la matriz  $M_a$  será de dimensión mayor que la matriz  $M_s$  y, por tanto, no serán directamente comparables. No obstante, podemos truncar la matriz  $M_a$  sobre su diagonal principal para que coincida en dimensión con  $M_s$  y sean comparables. Abusaremos del lenguaje y seguiremos

llamando por el mismo nombre a la matriz truncada. Puesto que  $M_s$  capta también el efecto de retroalimentación del consumo sobre la producción, es decir, el impacto total sobre los niveles de actividad, podemos proceder a su descomposición según deseemos explicar el impacto directo, el indirecto o el inducido.

La diferencia entre las matrices de multiplicadores ( $M_a - M_s$ ) mide el impacto inducido, mientras que el impacto directo e indirecto está medido por  $M_s$ . Este, a su vez, puede descomponerse en impacto directo, medido por  $I+A$ , y en impacto indirecto medido por la diferencia  $M_s-I-A$ , donde  $I$  es una matriz identidad.

Cada elemento genérico  $(i,j)$  de la matrices  $M_s$  y  $M_a$  indica el incremento en la producción total del sector  $i$  necesario para satisfacer un incremento de una unidad en la demanda final del sector  $j$ , en el primer caso sin contemplar los efectos de retroalimentación del consumo, en el segundo caso contemplándolos.

Una vez determinados los multiplicadores se utiliza la información sobre los coeficientes técnicos de trabajo, que miden los requerimientos de empleo por unidad de producción, para calcular el efecto sobre el empleo de un cambio en la demanda final. De forma similar, se usa la información sobre el valor añadido unitario (salarios y otras rentas, principalmente rentas del capital) para calcular el efecto sobre el valor añadido. Como antes, es posible desglosar el impacto total en impacto directo, indirecto e inducido según tengamos en cuenta los efectos directos e indirectos de incrementos en la demanda final y los efectos adicionales inducidos por el aumento de las rentas. A título de ejemplo, la variación en el empleo  $\Delta E$  necesaria para acomodar un incremento de la demanda final se expresa por:

$$\Delta E = I\Delta D + I(M_s I)\Delta D + I(M_a M_s)\Delta D$$

### 2.3.2. Datos utilizados.

Los datos utilizados se han extraído de la *Tabla Input-Output de la economía catalana (TIOC) 1987* y de la *Contabilidad Regional*. La primera ofrece el detalle desagregado de las cuentas de producción, renta y gasto. La segunda permite cerrar el flujo circular de la renta gracias a sus datos sobre ingresos y gastos del sector privado, el sector exterior y el sector público así como de sus respectivos déficits o superávits (contribución al ahorro agregado de la comunidad).

Aunque dicha tabla ya tiene bastantes años se utiliza por los siguientes motivos:

- a) Es la última tabla input-output referida a la economía catalana. Como la mayor parte del impacto se produce sobre la economía catalana parece razonable utilizar un instrumento referido a la misma.
- b) Existen tablas input-output para la economía española más recientes. No obstante la última disponible (1998) no es simétrica y, por tanto, no puede utilizarse en el análisis. La última tabla simétrica disponible a nivel del conjunto del estado español es la de 1995. Esta tabla presenta dos dificultades si se desea utilizar:
  - En primer lugar no se trata de una matriz de contabilidad social. Esto significa que con la misma se podrían calcular impactos directos e indirecto pero no inducidos.
  - En segundo lugar el INE ha cambiado la metodología de cálculo y realiza las estimaciones en precios básicos (sin impuesto indirectos pero con subvenciones) en lugar de los supuestos habituales (precios de mercado o de factores).

Aunque los cambios tecnológicos, que sin duda han ocurrido desde que se publicó la TIOC, habrán modificado los coeficientes técnicos, también es cierto que dichos cambios se expresan en menor magnitud cuando se consideran sectores agregados que cuando se contemplan a nivel de empresa. El impacto final estimado no se vería modificado sustancialmente, y en cualquier caso, siempre ocurrirá a la baja, aunque la distribución sectorial desagregada puede estar parcialmente sesgada en contra de aquellos sectores para los que la velocidad de adopción de nuevas técnicas es más rápida. A título de ejemplo comparativo, el coeficiente técnico agregado del sector de Correos y Telecomunicaciones en la TIOC es de 0,113 mientras que en la Tabla Input-Output de España de 1990 (última comprable) es de 0,107, una diferencia que no es significativa en términos económicos. Lo mismo ocurre con los coeficientes de requerimientos de empleo (0,256 para Cataluña y 0,255 para España).

#### **2.4 Resultados detallados.**

En esta sección aparecen los resultados detallados del impacto económico sobre la producción, el valor añadido y el empleo en la fase de inversión y funcionamiento.

**Cuadro 2.6. Impacto sobre la producción total (miles de euros 2003)  
Inversión (2003-2008). Catalunya.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
<b>Agricultura</b>	3	240	4.239	4.482
<b>Energía</b>	16.968	3.306	4.713	24.987
<b>Industria</b>	27.821	7.816	26.579	62.216
<b>Prod. metálicos</b>	1.850	534	1.080	3.464
<b>Mat. Eléctrico</b>	7.894	223	764	8.881
<b>Mat. Electrónico</b>	9.580	296	808	10.684
<b>Construcción</b>	16.822	766	1.466	19.054
<b>Servicios</b>	73.167	14.273	29.724	117.164
<b>Comercio</b>	2.453	1.904	14.160	18.517
<b>Servicios empresas</b>	34.845	3.022	1.454	39.321
<b>Total</b>	134.781	26.401	66.721	227.907

**Cuadro 2.7. Impacto sobre la producción total (miles de euros 2003)  
Inversión (2003-2008). España.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
<b>Agricultura</b>	3	292	5.030	5.325
<b>Energía</b>	17.218	3.714	5.593	26.525
<b>Industria</b>	49.139	9.453	31.540	90.132
<b>Prod. metálicos</b>	2.480	662	1.282	4.424
<b>Mat. Eléctrico</b>	25.476	276	906	26.658
<b>Mat. Electrónico</b>	9.646	317	958	10.921
<b>Construcción</b>	16.826	803	1.740	19.369
<b>Servicios</b>	74.360	15.250	35.272	124.882
<b>Comercio</b>	3.207	2.234	16.803	22.244
<b>Servicios empresas</b>	34.998	3.153	1.725	39.876
<b>Total</b>	157.546	29.512	79.175	266.233

**Cuadro 2.8. Impacto sobre el valor añadido (miles de euros 2003)  
Inversión (2003-2008). Catalunya.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	1	134	2.359	2.494
Energía	10.248	1.996	2.847	15.091
Industria	9.739	2.516	7.584	19.839
Prod. metálicos	601	173	351	1.125
Mat. Eléctrico	2.861	81	276	3.218
Mat. Electrónico	3.276	101	276	3.653
Construcción	6.740	307	587	7.634
Servicios	48.398	9.801	20.608	78.807
Comercio	1.676	1.301	9.675	12.652
Servicios empresas	22.017	1.909	918	24.844
<b>Total</b>	<b>75.126</b>	<b>14.754</b>	<b>33.985</b>	<b>123.865</b>

**Cuadro 2.9. Impacto sobre el valor añadido (miles de euros 2003)  
Inversión (2003-2008). España.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	2	162	2.800	2.964
Energía	10.399	2.243	3.378	16.020
Industria	17.343	3.034	9.000	29.377
Prod. metálicos	806	215	416	1.437
Mat. Eléctrico	9.235	101	328	9.664
Mat. Electrónico	3.298	108	327	3.733
Construcción	6.742	322	697	7.761
Servicios	49.200	10.466	24.454	84.120
Comercio	2.191	1.526	11.481	15.198
Servicios empresas	22.114	1.992	1.090	25.196
<b>Total</b>	<b>83.686</b>	<b>16.227</b>	<b>40.329</b>	<b>140.242</b>

**Cuadro 2.10. Impacto sobre el empleo.  
Inversión (2003-2008). Catalunya.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	0	0	2	2
Industria y energía	43	44	36	123
Construcción	50	2	4	56
Servicios	53	104	69	225
<b>Total</b>	<b>145</b>	<b>150</b>	<b>111</b>	<b>406</b>

**Cuadro 2.11. Impacto sobre el empleo.  
Inversión (2003-2008). España.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	0	0	2	2
Industria y energía	63	52	43	158
Construcción	50	2	5	57
Servicios	54	111	82	246
<b>Total</b>	<b>166</b>	<b>165</b>	<b>132</b>	<b>463</b>

**Cuadro 2.12. Impacto sobre la producción total (miles de euros 2003)  
Gastos de funcionamiento (2009-2033). Catalunya.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	142	925	14.151	15.218
Energía	82.964	9.893	15.735	108.592
Industria	14.445	14.250	88.725	117.420
Prod. metálicos	382	962	3.608	4.952
Mat. Eléctrico	2.392	448	2.550	5.390
Mat. Electrónico	777	241	2.697	3.715
Construcción	1.576	1.753	4.895	8.224
Servicios	250.152	33.941	99.223	383.316
Comercio	5.757	3.793	47.268	56.818
Servicios empresas	72.703	6.632	4.854	84.189
<b>Total</b>	<b>349.279</b>	<b>60.762</b>	<b>222.729</b>	<b>632.770</b>

**Cuadro 2.13. Impacto sobre la producción total (miles de euros 2003)  
Gastos de funcionamiento (2009-2033). España.**

	<b>Directo</b>	<b>Indirecto</b>	<b>Inducido</b>	<b>Total</b>
Agricultura	143	1.058	16.082	17.283
Energía	83.524	10.938	17.882	112.344
Industria	74.963	18.926	100.833	194.722
Prod. metálicos	1.804	1.301	4.101	7.206
Mat. Eléctrico	37.862	605	2.898	41.365
Mat. Electrónico	14.080	614	3.064	17.758
Construcción	1.586	1.845	5.564	8.995
Servicios	253.144	36.561	112.763	402.468
Comercio	7.622	4.662	53.718	66.002
Servicios empresas	73.110	6.987	5.516	85.613
<b>Total</b>	<b>413.360</b>	<b>69.328</b>	<b>253.124</b>	<b>735.812</b>

**Cuadro 2.14. Impacto sobre el valor añadido (miles de euros 2003)  
Gastos de funcionamiento (2009-2033). Catalunya.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	79	515	7.876	8.470
Energía	50.107	5.975	9.503	65.585
Industria	5.539	4.496	25.319	35.354
Prod. metálicos	124	312	1.172	1.608
Mat. Eléctrico	867	162	924	1.953
Mat. Electrónico	265	82	922	1.269
Construcción	631	702	1.961	3.294
Servicios	170.645	23.314	68.792	262.751
Comercio	3.934	2.592	32.298	38.824
Servicios empresas	45.938	4.191	3.067	53.196
<b>Total</b>	<b>227.001</b>	<b>35.002</b>	<b>113.451</b>	<b>375.454</b>

**Cuadro 2.15. Impacto sobre el valor añadido (miles de euros 2003)  
Gastos de funcionamiento (2009-2033). España.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	80	589	8.951	9.620
Energía	50.445	6.606	10.800	67.851
Industria	25.873	5.999	28.775	60.647
Prod. metálicos	586	422	1.332	2.340
Mat. Eléctrico	13.726	219	1.050	14.995
Mat. Electrónico	4.814	209	1.048	6.071
Construcción	635	741	2.229	3.605
Servicios	172.653	25.095	78.180	275.928
Comercio	5.208	3.185	36.706	45.099
Servicios empresas	46.195	4.415	3.485	54.095
<b>Total</b>	<b>249.686</b>	<b>39.030</b>	<b>128.935</b>	<b>417.651</b>

**Cuadro 2.16. Impacto sobre el empleo.  
Gastos de funcionamiento (2009-2033). Catalunya.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
<b>Agricultura</b>	0	0	1	1
<b>Industria y energía</b>	12	11	17	40
<b>Construcción</b>	0	2	2	4
<b>Servicios</b>	130	29	32	192
<b>Total</b>	143	41	52	236

**Cuadro 2.17. Impacto sobre el empleo.  
Gastos de funcionamiento (2009-2033). España.**

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
Agricultura	0	0	1	1
Industria y energía	20	13	19	52
Construcción	0	2	3	5
Servicios	132	31	36	200
<b>Total</b>	152	46	59	257

## 2.5. Resultados comparados con el impacto económico de la construcción y funcionamiento de otras fuentes de luz sincrotrón.

En este apartado se realiza un análisis comparativo del impacto económico de la construcción y mantenimiento de la fuente de luz sincrotrón del Vallès (SdV) frente a otras fuentes de luz sincrotrón. El cuadro 2.18 presenta de forma muy resumida las principales características de los costes de inversión y funcionamiento de tres fuentes de luz sincrotrón en proceso de construcción.

**Cuadro 2.18. Principales características económicas de diversos sincrotrones.**

	Inversión	Coste fun.	Estaciones	Personal	Coste pers.
CLS	178	13,8	26	-	2,1
Australia*	102	9	9	49	-
SdV**	164	14	5	125	5,6

CLS: Canadian Light Source

\* millones de dólares de 1999.

\*\* millones de euros de 2002.

Los cálculos sobre el impacto económico dependen fundamentalmente del área sobre la cual se calculen los impactos (todo el país, una región o una localidad) y de la capacidad de la economía local de producir los componentes necesarios para la construcción del sincrotrón y los recursos para su funcionamiento. En los siguientes cuadros se presenta una visión sintética del impacto económico de los tres sincrotrones. En todos los casos la construcción supone un periodo de entre 4 y 6 años mientras el funcionamiento es de 25 años. En el CLS (Canadian Light Source) se considera el impacto sobre el conjunto de Canadá (CAN) y la región de Saskatchewan (SAS). En el caso del sincrotrón australiano (NSLS) se considera el impacto local (conjunto de Australia). En el caso australiano es importante notar que la asignación geográfica excluye que se puedan producir en Australia gran parte de los materiales e instalaciones necesarias para la construcción de la instalación.

Como se puede comprobar en los cuadros 2.19-2.21 el impacto económico de la construcción y montaje de la instalación del Vallès es similar al calculado para las otras instalaciones (especialmente el sincrotrón canadiense). El impacto sobre la producción, el valor añadido y el empleo de los gastos operativos del sincrotrón del Vallès es algo superior por dos motivos: en primer lugar el número previsto de trabajadores en la instalación es superior y, en segundo lugar, se supone que la economía española será capaz de producir gran parte de los bienes y servicios necesarios para el funcionamiento de la instalación mientras que en los otros dos ejemplos las proporciones de bienes y servicios que podían ser provistos localmente (o por el conjunto del país donde se realizaba la construcción) era menor.

**Cuadro 2.19. Impacto económico sobre la producción bruta.**

	Construcción	Operación	Total
CLS (CAN)	269	527	796
CLS (SAS)	128	402	530
Australia*	116	570	686
SdV**	266	735	1.001

\* millones de dólares de 1999.

\*\* euros de 2003. Impacto España.

**Cuadro 2.20. Impacto económico sobre el valor añadido.**

	Construcción	Operación	Total
CLS (CAN)**	122	300	422
CLS (SAS)**	66	203	269
Australia*	59	308	367
SdV ***	140	417	557

\* millones de dólares de 1999.

\*\* PIB nominal

\*\*\* euros de 2003. Impacto España

**Cuadro 2.21. Impacto económico sobre el empleo.**

	Construcción	Operación	Total
CLS (CAN)	394	190	584
CLS (SAS)	196	154	350
Australia	254	187	441
SdV*	463	257	710

\* Impacto en España

En el último cuadro debe notarse, como se señala en sección 2.1, que los empleos medios anuales de la fase de construcción y operación no tienen la misma duración y, por tanto, las sumas de totales son meramente indicativas pues las unidades de medida no son totalmente compatibles en el tiempo. No obstante los cálculos para todas las instalaciones se han realizado utilizando el mismo criterio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Abela (director) (2001), Una fuente de luz sincrotrón en España: evaluación de las necesidades y de las oportunidades científicas y del impacto socio-económico.
- Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) (2003), Informe anual 2002.
- Center for Strategic Economic Studies (1999), National Synchrotron Light Source: an economic impact study.
- Clarkson, R. y K. Deyes (2002), "Estimating the social cost of carbon emissions," Government Economic Series working paper 410, HM Treasury, England.
- DRI/McGraw Hill (1996), The economic impact of the proposed Canadian light source.
- European Synchrotron Radiation Facility (2002), Facts and Figures.
- LSC (1995), Users requirements for a synchrotron facility in Spain.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología (varios años), Memoria anual.
- OECD (2003), Science and Technology Indicators.
- Plan Nacional de I+D+I (varios años).