



ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD INDUSTRIAL:

REFINERÍA “MIGUEL HIDALGO”

Adrián Barrera-Roldán*, **Américo Saldívar Valdés****
Ma. Magdalena Nava Nava***, **Silvia Margarita Ortiz Gallarza******
Salvador Aguilar Benitez*****, **Eduardo Villaseñor González*******

Fecha de recepción: 1 de marzo de 2004. Fecha de aceptación: 9 de junio de 2004.

Resumen

El Índice de Sustentabilidad Industrial (ISI) se presenta como un diseño metodológico cuya estructura general se construyó para valorar la sustentabilidad de las actividades y procesos asociados a la industria. En este trabajo se aplica para el caso de refinación de petróleo crudo. El citado diseño constituye una propuesta que incluye la selección de los compartimentos por evaluar y la metodología especial para obtener un índice numérico derivado de indicadores. El ISI permite determinar el estado del bienestar humano y del ecosistema en una entidad productiva particular —como lo es la industria de refinación y su entorno— en cuanto a sus relaciones e impactos, directos e indirectos. La estructura general del ISI es transdimensional pues vincula las dinámicas económicas, sociales y ecosistémicas y consta de tres grandes ramificaciones: la financiera, los aspectos intramuros y extramuros. A su vez, el sistema natural está dividido en los subsistemas agua, aire y suelo. La metodología se aplicó para el caso de la refinería “Miguel Hidalgo”.¹

Palabras clave: desarrollo sustentable, índices, refinación, ambiente, sustentabilidad industrial e indicadores.

* Investigador del Instituto Mexicano del Petróleo. Correo electrónico: abarrera@imp.mx

* Profesor-investigador del posgrado de Economía, UNAM. Correo electrónico: americo@servidor.unam.mx

*** Investigadora del Instituto Mexicano del Petróleo. Correo electrónico: manava@imp.mx

**** Investigadora del Instituto Mexicano del Petróleo. Correo electrónico: sortiz@imp.mx

***** Investigador del Instituto Mexicano del Petróleo. Correo electrónico: sbenitez@imp.mx

***** Investigador del Instituto Mexicano del Petróleo. Correo electrónico: evillase@imp.mx

¹ La información utilizada es del dominio público.

Abstract

The Index of Industrial Sustainability (IIS) is presented as a methodological design whose general structure is built up to evaluate the sustainability of activities and processes associated with industry. In this study it is applied for the case of oil-refining. This design constitutes a proposal that includes a selection of sections for evaluation and a specialized methodology to obtain a numerical index derived from the indicators. The IIS makes it possible to determine the state of human well-being and the eco-system in a particular productiv

e entity such as the oil-refining industry and its environment, regarding its relationships and impacts, direct and indirect. The IIS's general structure is trans-dimensional as it links economic, social and eco-systemic dynamics and involves three great ramifications: the financial, internal and external aspects. Meanwhile, the natural system is divided into water, air and soil sub-systems. The methodology is applied for the case of the "Miguel Hidalgo" refinery.

Key terms: sustainable development, indices, refining, environment, industrial sustainability, indicators.

Résumé

L'indice de durabilité industrielle (ISI) est présenté comme une conception méthodologique dont la structure générale a été construite pour évaluer la durabilité des activités et des processus associés à l'industrie. On l'applique ici dans le cas du raffinage du pétrole cru. Ce modèle constitue une proposition qui inclut la sélection des rubriques à évaluer ainsi que la méthodologie spéciale pour obtenir un indice numérique dérivé des indicateurs. L'ISI permet de déterminer l'état du bien-être humain et de l'écosystème dans une entité productive en particulier comme celle de l'industrie du raffinage et de son environnement, en ce qui concerne ses relations et ses impacts, aussi bien directs qu'indirects. La structure générale de l'ISI est transdimensionnelle puisqu'elle établit des liens entre les dynamiques économiques, sociales et écosystémiques; elle se compose de trois grandes ramifications: la financière, les aspects intra-muros et les aspects extra-muros. A son tour, le système naturel est divisé en trois sous systèmes: eau, air et sol. La méthodologie a été appliquée dans le cas de la raffinerie "Miguel Hidalgo".

Mots clés: développement durable, indices, raffinage, environnement, durabilité industrielle, indicateurs.

Resumo

O Índice de Sustentabilidade Industrial (ISI) se apresenta como um desenho metodológico cuja estrutura geral foi definida para avaliar a sustentabilidade das atividades e processos associados à indústria. Este trabalho estuda a aplicação deste índice na área de refinação do petróleo cru. O ISI constitui uma proposta que prevê a seleção dos compartimentos por avaliar, e uma metodologia especial para obter um índice numérico derivado de indicadores, permitindo determinar a situação do bem-estar humano e do ecossistema em uma entidade produtiva particular —como a indústria de refinação e seu entorno— e quanto às suas relações e impactos, diretos e indiretos. A estrutura geral do ISI é transdimensional, pois vincula as dinâmicas econômicas, sociais e ecossistêmicas e se divide em três grandes ramificações: a financeira, os aspectos internos e os aspectos externos. Por sua vez, o sistema natural inclui os subsistemas água, ar e solo. A metodologia foi aplicada para o caso da refinaria "Miguel Hidalgo".

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável, índices, refino, ambiente, sustentabilidade industrial, indicadores.

Introducción

Los productos obtenidos de la refinación de petróleo fueron durante el siglo xx, y lo seguirán siendo en el futuro cercano, la fuente más importante de energía primaria (IMP, 2001). PEMEX extrae petróleo y gas, procesa y distribuye en el país productos refinados y petroquímicos, y mantiene firmes relaciones comerciales con el exterior mediante un ente corporativo que incorpora cuatro organismos subsidiarios y sus empresas filiales.

En México, la industria refinadora de crudo ha crecido aceleradamente para satisfacer un mercado en constante evolución, asociado estrechamente a la industria automotriz (IMP, 2001). Para PEMEX, las emisiones al ambiente por refinación constituyen 64.5% del total.² En emisiones de gases de efecto invernadero, en 2002 emitió 36.9 millones de toneladas de bióxido de carbono (CO₂),³ 10% del total nacional. En cuanto al uso de productos refinados, la demanda se estabiliza lentamente, así como sus emisiones contaminantes, especialmente las de bióxido de carbono. Los procesos de refinación contribuyen con una tercera parte del total de emisiones de CO₂, así como del consumo de energía de la empresa.⁴

La atención al aumento de la demanda de energéticos que, de acuerdo con el nivel actual de producción y exportaciones cubriría sólo las necesidades de una generación, requiere elevar el monto de inversiones, así como el ritmo de exploración y búsqueda de nuevos yacimientos. Ello habla de la importancia de aumentar la eficiencia energética y el nivel de recuperación de hidrocarburos, apenas 25% de lo que se extrae del subsuelo, contra 40% de otras compañías competidoras en otros países.

El dilema de lograr eficiencia en la producción y uso de energía, procurando al mismo tiempo mantener la equidad social intra e intergeneracional, resulta irresoluble si no se considera de manera simultánea la sustentabilidad ambiental y de ecosistemas. La medición de la sustentabilidad con la revisión de diferentes propuestas teórico-metodológicas que se emplean en el ámbito internacional fue analizada por Saldívar (2002). La mayoría de éstas surgieron a partir de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992 (Agenda 21),⁵ mismas que fueron reiteradas en la Cumbre de Johannesburgo en 2002.

² Informe 2002, PEMEX, Seguridad Salud y Medio Ambiente, Dirección Corporativa de Seguridad Industrial y Protección Ambiental, México, 2003, pp. 13-15, 23.

³ *Ibid*, p. 22.

⁴ *Ibid*, pp. 43-44.

⁵ Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, *Nuestro Futuro Común*, Alianza Editorial, 1989.



En el desarrollo del estudio se consideraron metodologías basadas tanto en la teoría de decisiones de atributos múltiples (Barrera *et al.*, 1998, 2002) como en el esquema-marco Presión-Estado-Respuesta (PER) (OCDE, 1999), con un enfoque multi e interdisciplinario, a efecto de obtener una visión de conjunto de la relación hombre-naturaleza, así como para entender mejor el paradigma de (inter) sustentabilidad en esa relación. Mediante el enfoque propuesto es posible aportar y analizar varias alternativas metodológicas que nos permitan tener una visión comprensiva del tipo y carácter de sustentabilidad deseable. Así, el eje central de la investigación giró en torno al diseño del índice de sustentabilidad industrial (ISI) específico para la industria de refinación de petróleo, pero que, en su estructura básica, podría utilizarse para cualquier otra industria.

La metodología se aplicó a la refinería “Miguel Hidalgo”, ubicada en el municipio de Tula, estado de Hidalgo, 82km al noroeste de la zona metropolitana de la ciudad de México. Sus instalaciones procesan actualmente hasta 320 mil barriles por día. De 1999 a 2003 le correspondió 19% del procesamiento de crudo total y líquidos que se refinaron en México, ocupando el segundo lugar en distribución porcentual del proceso, respecto al sistema total de refinación (PEMEX, Memoria de Labores, 2001, 2003).

Al interrelacionarse con el espacio que le rodea, la industria petrolera ocasiona una serie de impactos en la sociedad, la economía y la naturaleza, mismos que se consideraron en el diseño y selección de indicadores, tanto al interior de la misma como en su entorno inmediato. Así, el objetivo fue diseñar una metodología para obtener un índice agrupador de indicadores, capaz de evaluar si el desempeño de la industria es congruente con la filosofía del desarrollo sustentable y que, al mismo tiempo, permitiera identificar y jerarquizar los problemas que deben atenderse para alcanzar la sustentabilidad.

En suma, nuestro índice no pretende ser una medición absoluta de la sustentabilidad sino identificar acciones que la favorecieron.

Metodología

La sustentabilidad aplicada en el desarrollo económico y las actividades antropogénicas tiene como objetivo desarrollar una cultura armoniosa con el hábitat natural. Es también un instrumento para transitar de un planeta sobrecargado y saturado, a formas de vida con calidad, justicia y equidad dentro de los límites permitidos por la naturaleza (WCDE, 1987).

La selección de información y variables clave se hizo de acuerdo con las tres dimensiones o parámetros fundamentales que conforman el esquema modelo de presión-Estado-respuesta o marco PER (INEGI, 2000a) (OCDE, 1998).

La metodología considerada como estructura base para el diseño del ISI es la conocida como teoría de decisiones de atributos múltiples (ADELMAN, 1992), propuesta y descrita ampliamente para la elaboración de un índice de desarrollo sustentable para una región, por Barrera *et al.* (1998, 2002) y Saldívar, (2002). En ella, el problema se descompone en

un árbol de decisiones: el tronco se divide en criterios generales o ramas principales y éstas a su vez en criterios específicos o atributos (ramas secundarias) que también pueden subdividirse. La metodología tiene puntos en común tanto con la del *ESI* (*environmental sustainability index*) de Davos como con el barómetro de sustentabilidad empleado por el UCN, en el sentido que ambas integran indicadores que se agrupan para obtener un índice.

El *ISI* no es una panacea para encontrar la sustentabilidad, sino una herramienta que puede ayudar a establecer deficiencias e identificar soluciones. Todo ello buscando una mayor sustentabilidad en las empresas.

En esta ocasión, se determinó el árbol, su estructura y peso a partir de consultas con expertos. Sin embargo, se sugiere realizar consultas con los actores implicados: tomadores de decisiones, autoridades, personal de la industria, así como con vecinos y organizaciones en la parte extramuros.

La cuantificación del índice de sustentabilidad industrial (*ISI*), se definió como el promedio ponderado de los tres indicadores generales (criterios generales), como se muestra a continuación:

- Financiero ----- FIG_1
- Intramuros ----- FIG_2
- Extramuros----- FIG_3

Se observó la siguiente regla: la suma de los factores de peso de los indicadores generales debe ser igual a 100, es decir:

$$FIG_1 + FIG_2 + FIG_3 = 100$$

Con esta consideración, el *ISI* se definió como:

$$ISI = \sum_{j=1}^3 FIG_j \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} VA_{ji}$$

donde:

FIG_j factor de peso del *j*-ésimo indicador general.

VA_{ji} valor del *i*-ésimo Indicador específico del *j*-ésimo indicador general.

n_j número de Indicadores específicos del *j*-ésimo indicador general.

Si un indicador específico está subdividido en sub-indicadores específicos, entonces:



$$VA_{ji} = \frac{1}{n_{ji}} \sum_{k=1}^{n_{ji}} VSI_{jik}$$

donde:

VSI_{jik} Valor del k-ésimo sub-indicador específico del i-ésimo indicador específico que está debajo del j-ésimo Indicador General.

n_{ji} Número de sub-indicadores específicos del i-ésimo indicador específico que está debajo del j-ésimo indicador general.

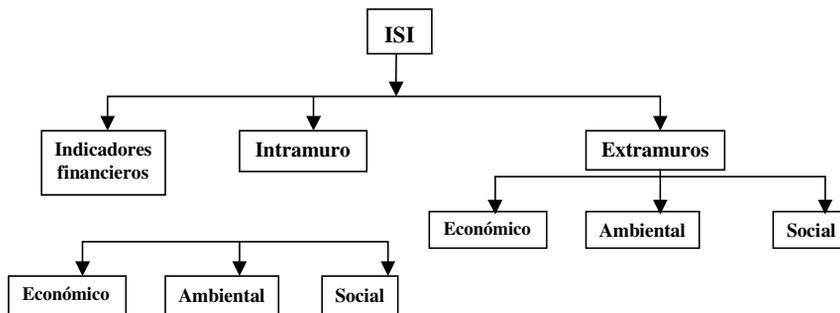


Figura 1. Estructura general del índice de sustentabilidad industrial
Fuente: elaboración propia

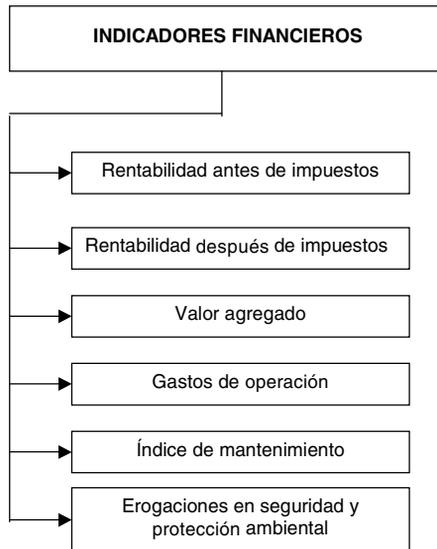


Figura 2. Parte del árbol correspondiente al sistema financiero.
Fuente: elaboración propia.

Resultados

Como punto de partida se elaboró un esquema ramificado o árbol con el ISI como el tronco y eje vector, donde se detalla cada sistema (ramas principales), los subsistemas (ramas secundarias). En la Figura 1 se muestra la estructura general del árbol, con tres sistemas propuestos y sus principales divisiones. En las figuras 2, 3 y 4 se muestra en detalle cada sistema y los respectivos atributos e indicadores seleccionados.

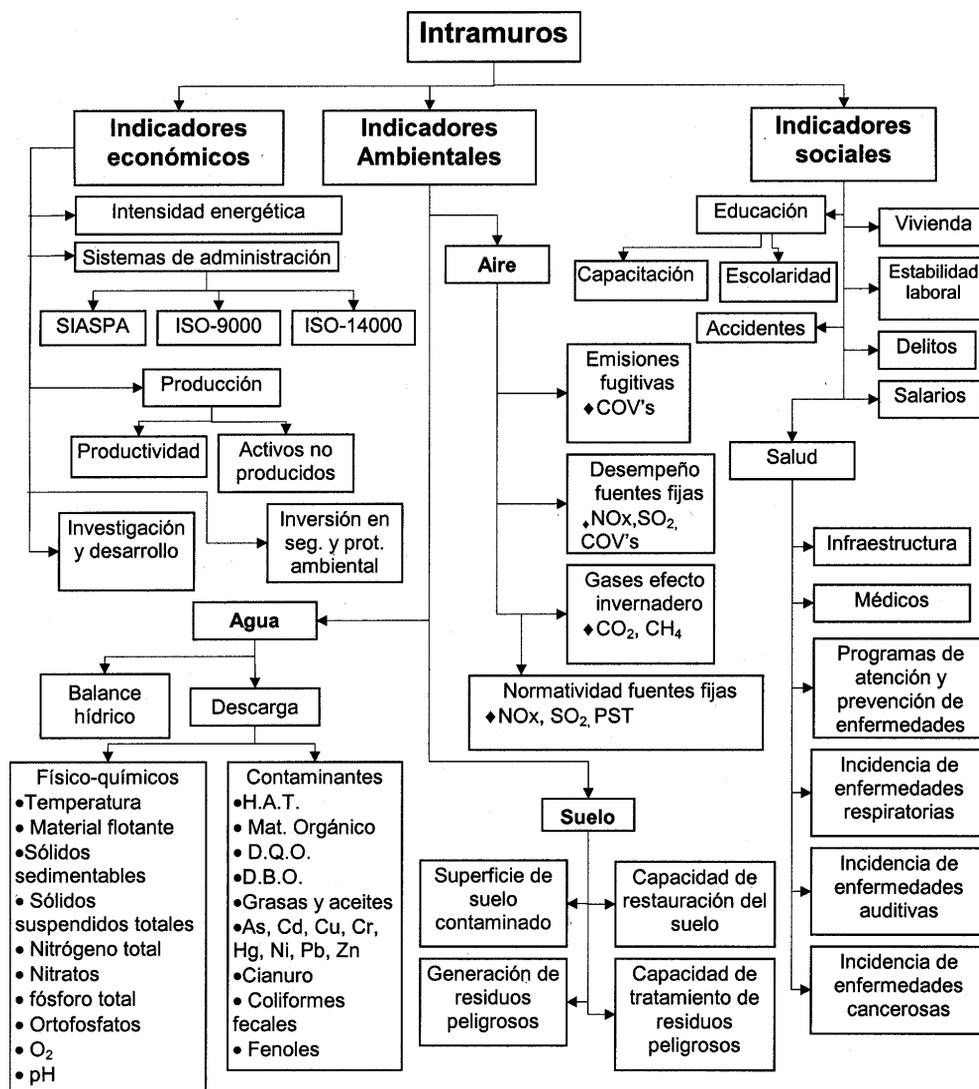


Figura 3. Parte del árbol correspondiente a los indicadores dentro de la refinería.
Fuente: elaboración propia

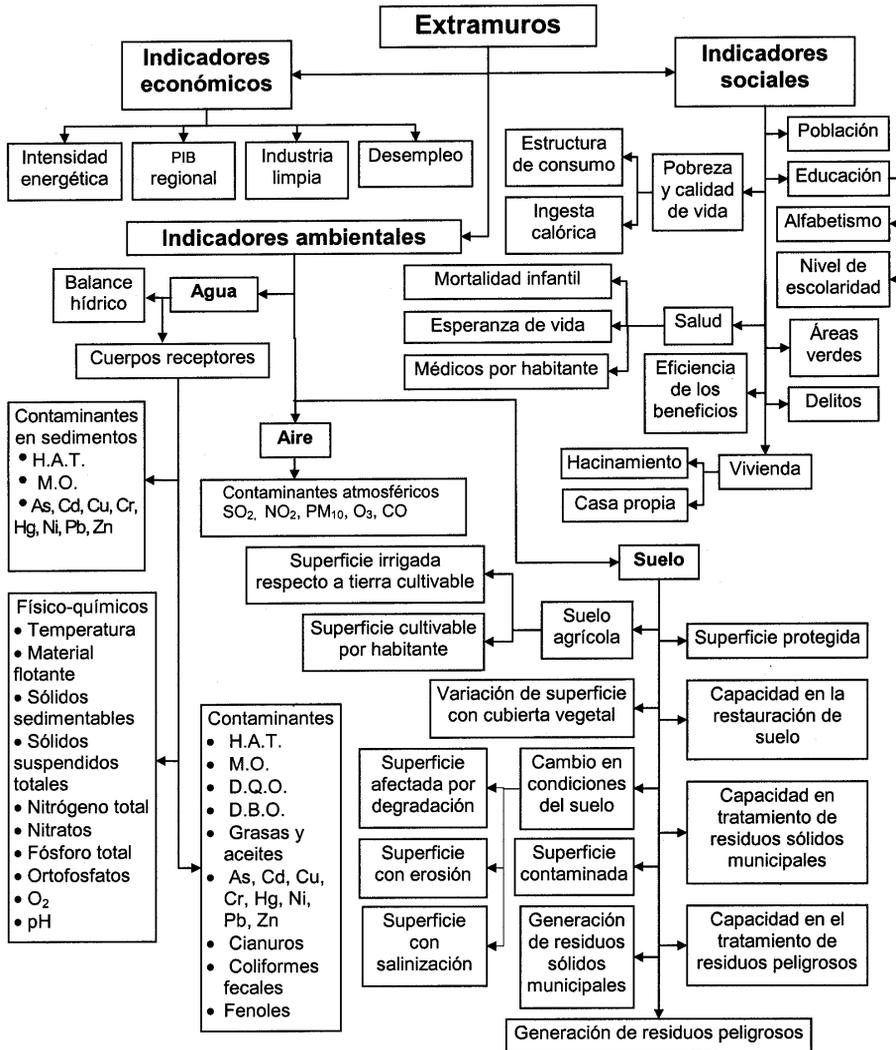


Figura 4. Parte del árbol con los indicadores del entorno de la refinería.

Fuente: elaboración propia

Atributos y funciones de utilidad

La función de utilidad de un atributo es la escala de valores con que se califican el o los aspectos considerados en el mismo. La función asocia al parámetro considerado, por ejemplo, producto interno bruto *per capita*, o nivel escolar, con una escala de valores adimensional de 0 a 1 (donde 0 expresa el grado más bajo de sustentabilidad y 1 el más alto). De esta forma se pueden comparar parámetros que pertenecen a diferentes sistemas y tienen distintas unidades (IMP, 2002).

A manera de ilustración sobre el método de medición y cálculo empleado, se describen algunos atributos seleccionados tanto del sistema financiero como del económico, social y natural (IMP, 2001). Se incluyen sus características y las funciones de utilidad específicas. Posteriormente se muestran los resultados de cada sistema, así como el índice integrado.

Ejemplo de evaluación financiera

Atributo: rentabilidad

Atributo general: financiero

Clasificación PER: Estado

Definición: Este atributo muestra la capacidad de la refinería para proporcionar un rendimiento económico antes de impuestos.

Variable definida: $R = 100 * UAI/AT$

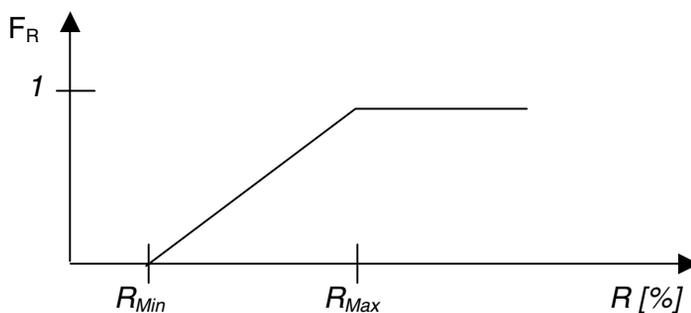
donde:

R Rentabilidad.

UAI Utilidad antes de impuestos.

AT Activos totales.

Unidad de medición: %.



Gráfica 1. Función de utilidad de rentabilidad antes de impuestos.

Fuente: elaboración propia.

$$F_R = \begin{cases} 0 & \text{si } R < R_{Min} \\ \frac{R - R_{Min}}{R_{Max} - R_{Min}} & \text{si } R_{Min} \leq R \leq R_{Max} \\ 1 & \text{si } R_{Max} < R \end{cases}$$



donde:

F_R Función de utilidad de rentabilidad antes de impuestos.

R_{Min} 15.29%. Tasa de rendimiento promedio de CETES a 28 días para el año 2000 (Bancomer, 2002).

R_{Max} 16.96 %. TIIE (2000), tasa de interés interbancaria de equilibrio para el año 2000 (Banxico, 2002).

Información necesaria para calcular la función de utilidad correspondiente a rentabilidad antes de impuestos:

Datos correspondientes a los años 1999 y 2000.

UA_{Tula} 14,544 millones de pesos. Utilidad antes de impuestos para la refinería de Tula.

AT_{Tula} 48,223 millones de pesos. Activos totales para Tula. Estimaciones propias con datos de PEMEX, (2000 y 2001).

Evaluación:

$R_{Tula} = 30.2\%$, por lo tanto:

$$F_R (R_{Tula}) = 1.$$

Ejemplo de evaluación ambiental: Agua.

Atributo: Concentración de plomo en descargas de agua.

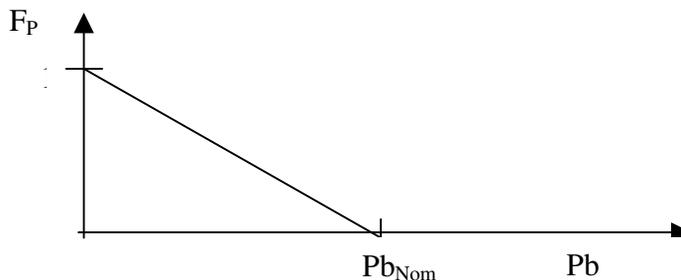
Atributo general: Intramuros.

Clasificación PER: Presión.

Definición: Este atributo evalúa las emisiones de plomo en las descargas de agua de la refinería a cuerpos receptores.

Variable definida: Pb = concentración de plomo en descargas de agua de la refinería.

Unidad de medición: ppm.



Gráfica 2. Función de utilidad de concentración de plomo en descargas de agua.

Fuente: elaboración propia.

donde:

- F_{Pb} Función de utilidad de concentración de plomo en descargas de agua.
 Pb_{Norm} 1 ppm. Es la concentración definida como valor máximo permisible de plomo en las descargas de agua a cuerpos receptores, en la norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996 (DOF, 1997).
 Pb Valor más grande de los dos promedios correspondientes a las estaciones de secas y de lluvias en las mediciones de concentración de plomo en descargas de agua.



Información necesaria para calcular la función de utilidad correspondiente a concentración de plomo en descargas de agua:

Datos correspondientes a los años 2000 y 2001.

$Pb_{lluvias} = 0.010$ ppm (julio 2000) (IMP, 2001b).

$Pb_{secas} = 0.125$ ppm (marzo 2001) (IMP, 2002a).

Evaluación:

$F_{Pb} (Pb_M) = 0.88$.

Ejemplo de evaluación social.

Atributo: Población.

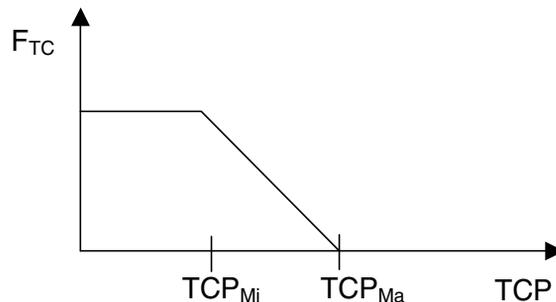
Atributo general: Extramuros.

Clasificación PER: Presión.

Definición: Función que evalúa el crecimiento poblacional en el área de influencia de la refinería.

Variable definida: TCP = Tasa de crecimiento poblacional.

Unidad de medición: %.



Gráfica 3. Función de utilidad de la tasa de crecimiento poblacional.

Fuente: elaboración propia.

$$F_P = \begin{cases} 1 & \text{si } TCP < TCP_{\text{Min}} \\ \frac{TCP_{\text{Max}} - TCP}{TCP_{\text{Max}} - TCP_{\text{Min}}} & \text{si } TCP_{\text{Min}} \leq TCP \leq TCP_{\text{Max}} \\ 0 & \text{si } TCP_{\text{Max}} < TCP \end{cases}$$

donde:

TCP_{Min} 1.9%. Promedio nacional (México) de la tasa de crecimiento poblacional (INEGI, 2000b).

TCP_{Max} 3.0%. Promedio estatal (Hidalgo) de la tasa de crecimiento poblacional (INEGI, 2000c).

Información necesaria para calcular la función de utilidad correspondiente a población: Datos correspondientes a cada municipio en el año 1999 (INEGI, 2000).

TCP_{Tula} = 1.7%. Promedio municipal.

$TCP_{\text{Atitalaquia}}$ = 2.1%. Promedio municipal.

TCP_{zona} = 1.78%.

Evaluación:

$FP(TCP_{\text{zona}}) = 1$.

Ejemplo de evaluación económica.

Atributo: Intensidad energética.

Atributo general: Extramuros.

Clasificación PER: Presión.

Definición: Este atributo evalúa el uso eficiente de la energía para generación de riqueza en el área de influencia de la refinería.

Variable definida: INE, que se define como:

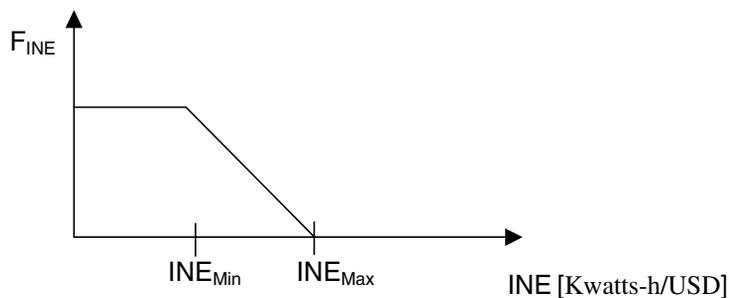
donde:

INE Intensidad energética.

EC Energía consumida en el área de influencia.

PIB Producto interno bruto del área de influencia.

Unidad de Medición: kwatts-h/USD.



Gráfica 4. Función de utilidad de la intensidad energética.

Fuente: elaboración propia.

$$F_{INE} = \begin{cases} 1 & \text{si } INE < INE_{Min} \\ \frac{INE_{Max} - INE}{INE_{Max} - INE_{Min}} & \text{si } INE_{Min} \leq INE \leq INE_{Max} \\ 0 & \text{si } INE_{Max} < INE \end{cases}$$

donde:

$INE_{Min} = 0.17$ [kwatts-h/USD].

$INE_{Max} = 1.19$ [kwatts-h/USD] (World Bank, 2001).

Información necesaria para calcular la función de utilidad correspondiente a población:
 Datos correspondientes al año 1998.

$PIB_{Zona} = 2\,320\,776$ [miles de pesos]. Se tomó como equivalente al PIB el valor agregado censal bruto del área de influencia (INEGI, 1998a).

$EC_{Zona} = 588\,903$ [mwatts-h]. Se tomó como la energía consumida en el área de influencia a la demanda (INEGI, 1998b).

$INE_{Zona} = 2.54$ [kwatts-h/USD].

Evaluación:

$FP (TCP_{zona}) = 0$.

Discusión de Resultados

Hemos mostrado de manera sintética cuatro ejemplos de cómo se evaluaron los atributos. Ello se debe a dos razones básicas: primero, el objetivo central es mostrar cómo funciona la metodología en sí, y segundo, a que el trabajo en detalle de esta investigación tiene una extensión mayor de 300 páginas (Barrera *et al.*, 2002b).

En términos generales, el sector financiero mostró el peor desempeño. Ello se debe a la elevada carga fiscal que debe soportar la empresa (PIJ, 1999).⁶ En la secuencia metodológica la calificación es bastante favorable hasta la evaluación antes de impuestos.

Para calcular las funciones de utilidad correspondientes al sistema social se seleccionaron y analizaron cuatro indicadores intramuros, mismos que se justificaron y mostraron en el árbol de atributos múltiples.

Cuatro son los indicadores sociales analizados para la ramificación intramuros de la refinería; todos muestran buen desempeño, con excepción del referido a frecuencia de accidentes. Como es sabido, esta industria no es poco riesgosa; el indicador obtuvo baja calificación porque durante el periodo analizado ocurrió un siniestro importante con saldo de varias víctimas. No obstante, cabe mencionar que el *índice de accidentes* tiende a disminuir en frecuencia y gravedad para el total de la industria de refinación, al pasar de 2.70 a 1.10 (frecuencia) y de 302 a 138 (gravedad) entre 1996 y 2002, respectivamente.⁷

El resultado de la evaluación para la parte social intramuros ($ISI_{\text{Social,Intramuros}}$) fue de 0.67.

Por su parte, el resultado final de la evaluación para la parte social extramuros ($ISI_{\text{Social,Extramuros}}$) fue de 0.36.

Para medir lo social se contó con una batería de 15 indicadores que expresan y miden la situación de la población vecina a la refinería y que habita en los municipios de Tula y Atitalaquia. Los que mostraron calificaciones más bajas fueron los relacionados con pobreza y calidad de vida, medidos por estructura de consumo e ingesta calórica; ambos obtuvieron una calificación de cero. También obtuvieron malos resultados los referidos a nivel de escolaridad y áreas verdes.

De acuerdo con los resultados socio-económicos, se encontró que la empresa funciona más como un enclave económico que como un generador de cadenas productivas y de empleo para la región.

En términos generales, esta baja calificación en el ISI para los municipios del entorno de la refinería "Miguel Hidalgo", habla de un área de influencia bastante rezagada y deprimida en los aspectos económico y social. De ahí se infiere un bajo nivel de vida y bienestar social de sus habitantes, así como de la prosperidad del sistema natural. Los índices de pobreza y de mortalidad infantil exceden también los parámetros medios nacionales.

Si bien ambos municipios muestran en el indicador de vivienda una posición relativamente buena, al compararlo con las medias estatal y nacional obtienen baja calificación.

⁶ Sólo a guisa de ejemplo, en 2001 la empresa pagó por impuestos y derechos 263 mil millones de pesos, contra 242 mil millones por concepto de rendimiento de operación, 2001. *Informe de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, 2002*, Dirección Corporativa de Seguridad Industrial y Protección Ambiental, México, D.F., http://www.pemex.com.mx/p_seguridad.html. p. 1

⁷ *Ibid.*, p. 10.

Una explicación de este fenómeno podría ser que ambos municipios se encuentran en un proceso de transición acelerada de lo rural a lo urbano, cuentan con una población inmigrante y de residencia más recientes (durante el último cuarto de siglo), así como de una movilidad ocupacional, relativamente altas.

Por otra parte, el mal desempeño en términos de áreas verdes indica un problema ambiental y de salud para la población de estos municipios, debido a la fuerte presión por el cambio de uso de suelo para actividades industriales y comerciales y por el crecimiento de la mancha urbana. Se requiere medidas prontas e inteligentes por parte de las autoridades municipales con la participación de sus habitantes, orientadas a la reforestación de los perímetros del casco urbano, la construcción de jardines y parques para el recreo de la población, y el cumplimiento con la propuesta de destinar al menos 10% para áreas verdes por cada nuevo metro cuadrado de construcción.

El nivel de educación y escolaridad es un buen indicador de estado para medir las oportunidades que tiene la población en edad escolar para adquirir conocimientos y, con ellos, acceder a mejores empleos y nivel de ingresos. Los resultados encontrados en Atitalaquia y Tula señalan un bajo desempeño económico y educativo a nivel municipal, muy por debajo de la media estatal. De lo anterior se infiere la importancia de dedicar mayores recursos para impulsar la infraestructura educativa y apoyar mediante sistemas de becas-crédito a estudiantes que quieran cursar niveles de estudios medios y superiores (universidad, normales, institutos técnicos).

Conclusiones

La aplicación del ISI tiene como objetivo central identificar los rubros que deben atenderse de manera prioritaria para lograr la sustentabilidad. En ambos casos se muestran responsabilidades directas, indirectas o ninguna, atribuidas a la propia industria o a las autoridades. Pero independientemente de ello, éstos son fenómenos que requieren atención ineludible de unos y otros.

De un total de 136 indicadores analizados, se obtuvo un modelo dinámico que permite, en un proceso de toma de decisiones, definir los criterios y prioridades de ordenamiento y sustentabilidad, destacando tanto los componentes ambientales como los económico-productivos y sociales, tanto al interior como en el entorno inmediato de la empresa. Dentro de estos últimos se ve la conveniencia de incorporar indicadores *de respuesta* relacionados con gastos gubernamentales en protección ambiental, la participación de las organizaciones no gubernamentales (ONG) y todo lo referido a la organización social y su preocupación por el medio ambiente.

La sustentabilidad requiere un equilibrio dinámico entre todas las formas de capital (financiero, social, humano y natural) en el que se genere un crecimiento económico, como medio para alcanzar un nivel de bienestar *adecuado* con el mínimo impacto en el



medio ambiente y los recursos naturales. Por tanto, en este trabajo se incluyeron indicadores que permitieron identificar los niveles de sustentabilidad, pero también las relaciones entre desempeño y eficiencia productivas de la industria a nivel interno o microeconómico, con el sistema económico, social y natural de carácter macro-regional que aquí se define como *extramuros* o exógeno.

Este indicador no pretende establecer una medida absoluta de la sustentabilidad de una industria, si bien su aplicación permite establecer una línea base con la cual, en posteriores usos del ISI, mostrará la tendencia hacia un desempeño sustentable o no de la industria. Su aplicación posibilita identificar los compartimentos que deben atenderse para que su actividad se ajuste cada vez más a la filosofía del desarrollo sustentable.

Es importante reconocer que la utilización de un solo número para mostrar y demostrar la situación de una industria —referida a su desempeño desde la óptica de la filosofía de la sustentabilidad— podría considerarse pretencioso. No obstante, en esta metodología lo más relevante es la selección de los indicadores, su combinación y las *funciones de utilidad* mediante las cuales, se obtiene el valor final del ISI. Ello permite identificar las unidades de análisis que requieren mayor atención para lograr un desempeño adecuado e integral en términos de la sustentabilidad deseada.

En otras palabras, nos referimos a la relevancia de los elementos que constituyen el todo en un enfoque intra y multidisciplinario, los cuales desembocan en ese *número* como resultado final del índice, que en este trabajo fue de 0.53.

Por otra parte, el diagnóstico y resultados obtenidos tienen valor en sí mismos, ya que constituyen la materia prima que procesa el actor y analista social para formular sus apreciaciones sobre la situación presente. Creemos que es a partir del estudio de las situaciones y realidades que afectan tanto a la industria y su entorno socioeconómico, que es posible elaborar programas y respuestas concretas. 

Bibliografía

- Adelman, L., *Evaluating Decision Support and Expert Systems*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1992.
- Bancomer, <http://www.bancomer.com.mx>, 2002.
- Banxico, <http://banxico.org.mx>, 2002.
- Barrera R.A. et al., “Propuesta Metodológica para la elaboración de un índice de desarrollo sustentable”, en Saldívar V.A. (coordinador), *De la economía ambiental al desarrollo sustentable*. Programa Universitario de Medio Ambiente-Facultad de Economía, UNAM. México, 1998
- y A. Saldívar Valdés, *Proposal and Application of a Sustainable Development Index*, Ecological Indicators, 2, diciembre, 2002, pp. 251-256.
- , A. Saldívar, P. Rosales-Calzada, Ortiz S., Nava M., Aguilar S., Rodríguez L., Villaseñor E. y Ángeles A., Índice de Sustentabilidad Industrial Estudio de Caso, Refinería “Miguel Hidalgo”, Informe Interno, Instituto Mexicano del Petróleo, México, DF, mayo, 2002.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, *Nuestro Futuro Común*, Alianza Editorial, 1989.

- Diario Oficial de la Federación (DOF), Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Aguas, SEMARNAP, México, D.F., 6 de enero de 1997
- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), *Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025*, IMP, México, 2001.
- , *Estudio de la contaminación ambiental generada por los procesos de refinación del petróleo en México*, Informe Técnico Parcial. IMP/PIMAS/D.017. enero, 2001. México D.F., 2001a.
- , *Informe de la Primera Campaña de Mediciones del proyecto Estudio de la Contaminación Ambiental Generada por los Procesos de Refinación del Petróleo en México*, informe técnico parcial, IMP/PIMAS/D.017, 2001, México, D.F., febrero, 2001b.
- , *Estudio de la Contaminación Ambiental Generada por los Procesos de Refinación del Petróleo en México*, informe técnico final. IMP/PIMAS/D.017, 2002, México D.F., abril, 2002a.
- , *III Medio Ambiente: Indicadores para evaluación del Aire*, informe técnico parcial, IMP/PIMAS/D.017, 2002, México, D.F., mayo, 2002b.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Censos Económicos del Estado de Hidalgo, INEGI, Ags., México, 1998a.
- , *Sistemas de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 1993-1999*, INEGI, Ags. México, 1999.
- , *Cuadernos de información estadística municipal, Tula de Allende y Atitalaquia*, INEGI, Ags., México, 2000.
- , *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México*, INEGI-INE-SEMARNAP, 2000a.
- , *Estadísticas del Medio Ambiente, México, 1999*, tomos I y II. INEGI-SEMARNAP, 2000b.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), *Towards Sustainable Development: Environmental Indicators*, OECD, París, 1998.
- , *Indicators for the integration of environmental concerns into transport policies*. Working Group on the State of the Environment. NV/EPOC/SE(98)1/ Final. 82546, <http://www.oecd.org/env/docs/epocse981.pdf>(27.07.2001), 1999.
- Petróleos Mexicanos (PEMEX), Refinería Miguel Hidalgo, Tula, Hgo. México, Subd. Gral. de Cap. y Desarrollo Profesional, Div. Ed., 1999
- , Informe de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, 2000. Dir. Corporativa de Seg. Ind. y Prot. Amb. México, D.F., http://www.pemex.com.mx/p_seguridad.html, 2000.
- , Informe de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, 2001. Dir. Corporativa de Seg. Ind. y Prot. Amb. México, D.F. http://www.pemex.com.mx/p_seguridad.html, 2001.
- Saldívar, V.A. et al., "Tres Metodologías para evaluar la sustentabilidad: 10 años después de Río", en *Revista Investigación Económica*, Fac. de Economía, UNAM, vol. 1, LXII:242, México, oct-dic 2002, pp.159-185.
- World Commission on Environment and Development (WCED), *Our Common Future*, WCED. Oxford. Londres, 1987.
- World Bank (WB), 2001 World Development Indicators. WB., Washington D.C., 2001.

