



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de un Indicador
Integral de Sustentabilidad y
su Aplicación al Proyecto del
Parque Eólico La Venta III**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A

Fernando Marco Polo Marín Magallón

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Luis Fernández Zayas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., Marzo de 2017

CONTENIDO

CONTENIDO.....	Error! Bookmark not defined.
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	iii
PRESENTACIÓN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS Y ALCANCES	4
METODOLOGÍA	5
CAPÍTULO I	6
Desarrollo Sustentable	6
Indicadores Como Evaluadores de Sustentabilidad.....	13
<i>Clasificación de indicadores</i>	16
<i>Indicadores Nacionales</i>	17
El Diseño es una Herramienta Subjetiva.....	19
Interdisciplina.....	21
Energía Eólica En México y Su Explotación.....	22
CAPÍTULO II	24
Identificación del Cliente y sus Necesidades	24
Características a Medir.....	27
<i>La matriz de correlación</i>	27
<i>Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER)</i>	29
El Instrumento de Medición.....	30
CAPÍTULO III	36
Aplicación del Indicador al Proyecto Parque Eólico La Venta III	36
Especificaciones de Diseño del Perfil.....	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA Y CONSULTAS	44
Sitios Web	45

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ACAAN	Acuerdo de Cooperación Ambiental para América del Norte	COLMEX	Colegio de México
APEC	Cooperación Económica Asia Pacífico	CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
BANDAN	Banco de Desarrollo de América del Norte	CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CA	Comunidades Afectadas	CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental	CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CCDS	Consejo Consultivo Regional para el Desarrollo Sustentable	CONANP	Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CCNDS	Consejo Consultivo Nacional para el Desarrollo Sustentable	CONAPO	Consejo Nacional de la Población
CEI	Capacidad Efectiva Instalada	CONAVIS	Consejo Técnico Consultivo Nacional para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre
CEPAL	Comisión Económica Para América Latina	CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CFE	Comisión Federal de Electricidad	CP	Comunidades Participantes
CICOPLAFEST	Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas	DDS	Dimensiones del Desarrollo Sustentable
CM	Características Medibles	DIF	Sistema Nacional de Desarrollo Integral de la Familia
COCEF	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza	DS	Desarrollo Sustentable

ECOSUR	Colegio de la Frontera Sur	ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
EDP	Especificaciones de Diseño del Perfil	MIPS	Material Input Per Service
EO	Energía Eoloeléctrica	NC	Necesidades del Cliente
GEI	Gases de Efecto Invernadero	OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo
GWEC	Global Wind Energy Council	OMC	Organización Mundial de Comercio
IBES	Índice de Bienestar Económico Sostenible	ONG	Organizaciones No Gubernamentales
IC1	Índice Compuesto 1	ONU	Organización de las Naciones Unidas
ICNB	Índice de Cobertura de las Necesidades Básicas	PDP	Perfil de Diseño del Producto
ICRL	Índice de Cobertura de los Recursos Limitados	PECC	Programa de Especial de Cambio Climático
IER	Índice de Energías Renovables	PEE	Productor Externo de Energía
IMC	Índice de Masa Corporal	PEMEX	Petróleos Mexicanos
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social	PER	Método Presión Estado Respuesta
INE	Instituto Nacional de Ecología	PIB	Producto Interno Bruto
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática	PIE	Productores Independientes de Energía
INFOTEC	Fondo de Información y Documentación para la Industria	PJHSA	Programa de Jóvenes hacia la Sustentabilidad Ambiental
IPC	Índice de Procesos Certificados	PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
IPCI	Índice de Participación Ciudadana	POISE	Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico
IPSE	Índice de Proyección Socioeconómica	PPELV	Proyecto Parque Eólico La Venta III

PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	SEP	Secretaría de Educación Pública
PUMA	Programa Universitario del Medio Ambiente	SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
QFD	Quality Function Deployment	SIIS	Sistema de Índices e Indicadores en Seguridad Pública
RAE	Real Academia Española	SNIARN	Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales
REFIT	Renewable Energy Feed in Tariff	SRE	Secretaría de Relaciones Exteriores
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	SSE	Secretaría de Salud
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes	TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
SE	Secretaría de Economía	UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
SECTUR	Secretaría de Turismo		
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional		
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social		
SEGOB	Secretaría de Gobernación		
SEMAR	Secretaría de Marina		
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales		
SENER	Secretaría de Energía		

El ingeniero ideal es una combinación... No es un científico, no es un matemático, no es un sociólogo o un escritor, pero puede usar el conocimiento y las técnicas de cualquiera o de todas estas disciplinas para resolver problemas de ingeniería.

- N. W. Dougherty

PRESENTACIÓN

Este texto resulta de un experimento que busca impregnar al lector de la importancia y extensión de una sustentabilidad con grandes objetivos e igual de considerables problemas. Adquirida esta visión, se propone a la ingeniería como una herramienta útil para los fines de la sustentabilidad, y se le conceptúa de manera humana, incluso artesanal, contrastando con la imagen técnico científica que suele tener.

Parte de la forma de entender esta disciplina se toma de las escuelas de diseño de autores como Morris Asimow y Nigel Cross que, aunque sus bibliografías ejemplifican con productos, no niegan la factibilidad de resultados diferentes para cualquier necesidad humana. Es así que el documento sugiere una metodología de manera guiada, buscando de esta manera que el leyente no sea necesariamente un disciplinado de las ingenierías.

INTRODUCCIÓN

Todo progreso llama a un orden y éste a una secuencia que, dentro del marco de un razonamiento, explica qué ataduras unen aristas de ciencias rectas con las suaves superficies de ciencias que siguen creciendo y madurando.

Con el propósito de lograr *el bien común* o una *mejor calidad de vida* seguimos lo planteado por un llamado desarrollo sustentable (DS). Partiendo de ahí, consideramos que el crecimiento de nuestra sociedad es dependiente de la generación de energía y para esto se consumen grandes cantidades de recursos, afectando al medio en que vivimos y deteniendo así también nuestro crecimiento. De aquí que consideramos romper el ciclo, buscando no alterar el ambiente y siguiendo con nuestras actividades. Ya no crecemos, nos desarrollamos.

La generación de energía sigue siendo esencial por lo que buscamos recursos renovables o potenciales en los considerados desechos. Nuevas tecnologías nacen y otras ya conocidas son mejoradas en pro de este trabajo, sin embargo cada paso que dé la tecnología tiene que ser estudiado y exhaustivamente analizado: no nos es posible dejar más huellas en este nuevo desarrollo humano donde somos responsables por lo que resulte de nuestros actos.

Sin apreciarse de manera directa, los humanos en sociedad, la política y la economía como subsistemas principales, y el ambiente, sostienen una relación muy estrecha y compleja. Para fines prácticos, cada dimensión de este universo es entendido parcialmente por nosotros mediante números, una versión resumida de los cambios que cada una presenta: indicadores.

Si nuestro desarrollo habrá de ver todas estas dimensiones en equilibrio, será conveniente que nuestra percepción directa actual también lo haga así, de tal forma que los indicadores nos hablen sobre nuestros actos de una manera más general y más real.

El capítulo primero define al DS como una estrategia integral, expone argumentos específicos para cada dimensión y precisa la problemática surgida desde los modelos actuales.

Por otra parte, hace referencia ortodoxa al diseño como una herramienta humana sin exclusividad disciplinaria, es decir, que puede satisfacer necesidades de cualquier ciencia. Es así que se refiere a los conceptos de la inter e intradisciplina para formular el concepto de diseño y su implemento en el objetivo de este documento.

El capítulo concluye con la exposición general de la explotación de la energía eólica en México, afirmando a la vez las premisas expuestas anteriormente en esa sección.

El capítulo segundo plantea la metodología a seguir, sintetiza lineamientos y los transforma en requerimientos de diseño. Los medios para lo anterior son herramientas estrechamente ligadas a la ingeniería del diseño de productos: el *Diagrama de Afinidad* y la *Casa de la Calidad*, instrumentos propios de la metodología *Quality Function Deployment (QFD)*.

Los números obtenidos son mediados con indicadores y se genera un sistema mediante el método *Presión Estado Respuesta (PER)*, expuesto dentro de este segundo apartado.

Se definen necesidades por satisfacer y a un agente que las aqueja para conformar el *Diagrama de Afinidad*, mismo que será iterado tras ponderar la importancia de las necesidades hasta llegar a la matriz de correlación normalmente usada para la *Casa de la Calidad*.

Tras completar dicha matriz, se despliega el perfil compuesto de índices, incluyendo particularidades para cada uno de ellos. Éstos pueden ser afines a cualquiera de las 4 DDS y deben explicar su origen y medición. Cabe mencionar que estas últimas particularidades o subíndices, son elementos que ya existen y ya son utilizados como indicadores, producto del trabajo de organismos nacionales e internacionales, y debidamente citados.

Los índices y subíndices que conforman al perfil, legan los elementos necesarios para poder evaluar al Proyecto del *Parque Eólico La Venta III (PPELV)*, que es uno de los objetivos de este trabajo.

Para el tercer capítulo se evalúa al PPELV, dando una breve reseña de este complejo. La valoración de sustentabilidad de este parque eólico se considera posible gracias a la apreciación cuantitativa de índices e indicadores del capítulo anterior, derivando en un resultado conmensuralista.

Esta sección concluye con la elaboración de un *Perfil de Diseño de Producto (PDP)*, que enuncia los puntos necesarios para comprender el funcionamiento, uso y futuras evoluciones de este índice.

Por último, este trabajo incluye una sección de conclusiones y recomendaciones, introspectiva que ve hacia un futuro seguimiento a esta investigación.

OBJETIVOS Y ALCANCES

Con el objetivo general de diseñar un indicador que integre las dimensiones del desarrollo sustentable (DDS) mediante técnicas empleadas en ingeniería del diseño, e implementando éste para evaluar la sustentabilidad del proyecto *Parque Eólico La Venta III (PPELV)*, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- **Definición del enfoque del desarrollo sustentable (DS)**
 - Precisar el origen y rumbo de este concepto a manera de marco teórico
 - Definir la problemática en torno a la medición del DS mediante el estado del arte de estos instrumentos
 - Describir el vínculo a establecer entre el DS y la ingeniería

- **Diseño del instrumento**
 - Definición del cliente y de las necesidades del cliente (NC)
 - Iteración y determinación del Diagrama de Afinidad
 - Obtención de características a medir
 - Descripción y generación de la matriz de correlación
 - Definición y delimitación del Modelo PER en el instrumento
 - Desarrollo de indicadores
 - Definición general, algebraica y por su acción en el Modelo PER

- **Aplicación de indicadores**
 - Descripción general de la industria de energía eoloeléctrica en México
 - Descripción del complejo a evaluar
 - Análisis previo
 - Aplicación del instrumento
 - Generación de conclusiones

METODOLOGÍA

Mediante un estudio sobre indicadores actuales, podrá realizarse un mapa metodológico, ubicar la propuesta de este documento y, analizando las presentes carencias del estado del arte para indicadores de desarrollo sustentable, se razonará como problema la falta de integración de las dimensiones del desarrollo sustentable (DDS) en los actuales indicadores.

Se encontrará un sustento para las variantes metodológicas de este proyecto respecto a las expuestas en el estado del arte en sistemas empleados por la ingeniería del diseño. Así también, se dará soporte a esta propuesta mediante una reflexión de los objetivos del diseño y de las definiciones de inter e intradisciplina. Para concluir el marco teórico, se describirá el estado de la industria eoloeléctrica en el país

Tras definir el marco teórico de la propuesta, se intervendrá con las metodologías de ingeniería de diseño para esclarecer las necesidades del cliente (NC) y determinar el enfoque individual de los índices e indicadores. Esta parte metodológica habrá de coincidir con lo expuesto en el **Capítulo I** y con el objetivo de **Capítulo III**, la evaluación de PPELV. De esta manera el instrumento de medición a elaborar tendrá un alcance nacional y una aplicación regional.

Con la definición del instrumento, se analizará el alcance de éste en su aplicación al complejo de generadores, se aplicará la evaluación y con el resultado se permitirá hacer conclusiones de este experimento.

Por último, se harán las aclaraciones del funcionamiento y las recomendaciones para explotar el potencial de este instrumento.

CAPÍTULO I

Desarrollo Sustentable

Tomando como principio para esta sección un importante documento en el desarrollo sustentable (DS) publicado por las *Naciones Unidas: Nuestro Futuro Común* (1987), y también llamado *Informe Brundtland*; se cita la siguiente definición de DS:

El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (...)

Éste y su documento sucesivo, *La Agenda 21*, son los que definen al DS como una estrategia común, mediante la integración de cuatro ejes¹:

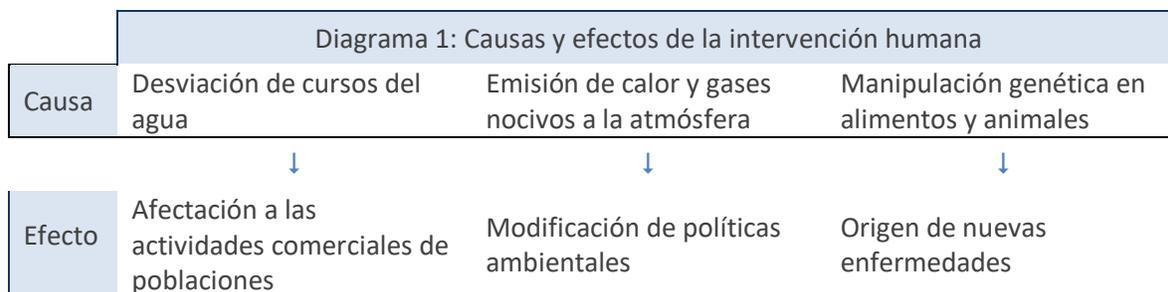
- Económico
- Político
- Ambiental
- Social

Se toma esta definición y conceptualización de DS por considerarse como el único que incluye 4 ejes interdependientes, lo cual involucra un cambio de paradigmas en las mismas dimensiones consideradas del DS, requiere nuevos objetivos y actividades, incluyendo aprovechamiento sustentable de recursos naturales, la dirección de inversiones, organización y participación social, y la orientación del desarrollo tecnológico.

Los cuatro ejes y sus actividades mantienen una interdependencia entre ellos, de forma que los resultados de acciones, sin importar lo específico que sean respecto a su naturaleza, afectan las decisiones de los demás ejes.

La actividad más ejemplar de lo anterior es la intervención humana en los sistemas naturales -base de la explotación de recursos- cuyas causas y efectos se ejemplifican en el siguiente diagrama:

¹ ONU (1992); *United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992, AGENDA 21*; Organización de las Naciones Unidas; Recuperado en enero de 2012, de <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>



Para validar esta estrategia es importante que decisiones, objetivos y actividades estén enfocados en un espacio geográfico y socialmente determinado, debido a que son los recursos naturales, costumbres y demografía quienes definen la construcción de los sistemas económicos y políticos de cada región o país.

A continuación se presentan los planes a desarrollar de manera sustentable, propuestos por Naciones Unidas (ONU) para México, y algunas estrategias que se han tomado para conseguirlas:

Tabla 1. Estrategias para la Sustentabilidad Política

Tema	Participantes	Estrategia
Toma de decisiones integrada	SEMARNAT	Generar programas integradores en extensión de las capacidades y poderes de cada secretaría u organismo involucrado, coordinados por la SEMARNAT y asesorados por los CCNDS y CCDS.
	CCNDS y CCDS	
	SEDESOL	
	SENER	
	SHCP	
	SEGOB	
	SSE	
	SCT	
	SE	
	SAGARPA	
SRE		
Mujeres		

Colaboración con los grupos principales	Jóvenes	Promover la participación de cada uno de ellos en acuerdos y estrategias propios de los intereses propios de los grupos. Se practica la inclusión económica, política, social y cultural; o se les inviste con alguna autoridad.
	Indígenas	
	ONG	
	Autoridades locales	
	Trabajadores y sindicatos	
	Comercio e industria	
	Comunidad científica y tecnológica	
Participación con la ciencia	Agricultores	La participación referida es de todo conocimiento científico útil o aplicable para la comprensión del ambiente y la conservación de los recursos naturales y especies.
	CONAVIS	
	CCNDS Y CCDS	
	CONANP	
	CONACyT	
	COLMEX	
Información	ECOSUR	La información generada por estos organismos es utilizada como fundamento para tomar decisiones que afecten el ambiente.
	PUMA - UNAM	
	SEMARNAT	
Derecho internacional	SNIARN	Es por este medio que México recibe asesoría y apoyos, asumiendo también nuevos compromisos con las organizaciones mencionadas.
	INEGI	
	OCDE	
	OMC	
	APEC	
	COCEF - TLCAN	
BANDAN		
	CCA - ACAAN	

Fuente: Elaboración propia con información de un.org (2012)

Tabla 2: Estrategias para la Sustentabilidad Social

Tema	Participantes	Estrategia
Pobreza	SEDESOL SEMARNAT SAGARPA SSA IMSS	Los esfuerzos integrados de estos organismos ven hacia la superación de pobrezas alimentarias y de capacidades mediante programas existentes y generando nuevos programas.
Demografía	CONAPO ²	Propiciar la transición demográfica de grupos sociales que presentan niveles de mortalidad y fecundidad propios de una etapa que el país está por dejar atrás. Asegurar las condiciones sociales e institucionales favorables al ejercicio de los derechos sexuales y reproductivos. Preparar instituciones para los desafíos del cambio de estructura por edad.
Salud	SSE IMSS ISSSTE DIF PEMEX SEMAR SEDENA	Estas instituciones se basan de la información contenida en indicadores de salud asociados a una gran cantidad de eventos, esto con la finalidad de implementar programas de un mejoramiento de salud y de la cobertura de ésta.
Educación	SEMARNAT SEP ONG	Estas estrategias tratan de la concientización de la población (enfaticando a los más jóvenes) sobre los problemas ambientales y ver por una educación para la sustentabilidad; estrategias que son formuladas en el PND actual ³ .
Asentamientos humanos	HABITAT - SEDESOL	El objetivo es la generación de planes de desarrollo urbano, fomentando la participación social y la autonomía municipal. En este trabajo es específico del estado de Oaxaca.

Fuente: Elaboración propia con información de un.org (2012)

² Conformado por las secretarías: SEGOB, SRE, SEDESOL, IMSS, SEMARNAT, SAGARPA, SEP, SSA, INEGI, SE y SHCP

³ PND 2007-2012. Eje 9, sección 4; objetivo 14, estrategias 14.1 y 14.2

Tabla 3: Estrategias para la Sustentabilidad Económica

Tema	Participantes	Estrategia
Comercio	OMC	Con la información otorgada por la INEGI, las demás instituciones inspeccionan el desempeño ambiental de México durante la producción y exportación.
	OCDE	
	CCA	
	INEGI	
	SE	
Cambio de patrones de consumo	SEMARNAT	Concientizar y legislar acerca de:
	CONAGUA	Consumo racional del agua
	SENER-CONUEE	Consumo racional de energía eléctrica
	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica	Sustitución de electrodomésticos Consumo de combustibles más eficientes y menos contaminantes
Financiamiento	SEMARNAT	El financiamiento es referente a los programas destinados a la reforestación y conservación de áreas verdes. Por otro lado también es financiamiento la disminución de aranceles para equipos de control de contaminación
	SHCP	
	SAGARPA	
Tecnología	CONACyT	Esta sección divide y prioriza por igual Tecnología ⁴ y Biotecnología ⁵ , refiriéndose a la primera como; y a la segunda
	INFOTEC	
	OCDE	
Industria	SEMARNAT	Apoyar mediante legislación, estrategias, políticas y planes el desarrollo de Industrias Verdes.
Turismo sustentable	SECTUR	Mediante el Programa de Turismo Sustentable en México (PTSM) se llevan a cabo 3 estrategias: <i>Monitoreo y evaluación de la sustentabilidad turística mediante el Sistema de Indicadores de Sustentabilidad para el Turismo</i> <i>La Agenda Intersectorial de Sustentabilidad</i> <i>La promoción de mejores prácticas ambientales en empresas y destinos</i> ⁶

Fuente: Elaboración propia con información de un.org (2012)

⁴ La Agenda 21 la define como: aquella información que permita el avance del conocimiento sobre aspectos ambientales prioritarios

⁵ Se refiere al conjunto de técnicas que permiten lograr cambios concretos introducidos por el hombre en el ácido desoxirribonucleico (ADN) de plantas, animales y sistemas microbianos, hasta lograr productos y tecnologías útiles.

⁶ Programa de Turismo Sustentable en México. SECTUR.

Tabla 4: Estrategias para la Sustentabilidad Ambiental

Tema	Participantes	Estrategia
Agricultura	SAGARPA	Desarrollar estrategias de conservación y rehabilitación de tierras.
Atmósfera	INE	Generar políticas y programas de transporte eficiente, uso racional de la energía y eficiencia energética, y control de la contaminación de la atmósfera.
Biodiversidad	CONABIO – SEMARNAT, SAGARPA, SEDESOL, SE, SEP, SENER, SHCP, SER, SSA, SECTUR	Desarrollar estrategias de conservación y rehabilitación de tierras, coordinando proyectos estratégicos que cumplen las estrategias propuestas por UN.
Desertificación y sequía	SEMARNAT	El plan más específico para evitar estos fenómenos son planteados en el PECC: <i>Formular e implementar 8 programas estatales de lucha contra la desertificación y la sequía (...).</i>
Bosques	CONAFOR	Disminuir la deforestación y promover la reforestación. Promover el uso eficiente de los recursos forestales.
Manejo de la tierra	SEMARNAT	Propiciar el uso óptimo de la tierra y la ordenación sustentable de sus recursos.
	INE	Facilitar la intervención y participación de comunidades en la toma de decisiones sobre el aprovechamiento de las tierras.
	SAGARPA	
Recursos de agua dulce	CONAGUA	<i>Ordenación y aprovechamiento integrados de los recursos hídricos.</i>
		<i>Evaluación de los recursos hídricos.</i>
		<i>Protección de los recursos hídricos, la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.</i>
		<i>Abastecimiento de agua potable y saneamiento.</i>
		<i>El agua y el desarrollo urbano sostenible.</i>
<i>El agua para la producción sostenible de alimentos y el desarrollo rural sostenible.</i>		
		<i>Repercusiones del cambio climático en los recursos hídricos.</i>

	SEMARNAT	Mediante leyes y campañas procuran:
Océanos y áreas costeras	INE	Protección del medio marino.
	CONAGUA	Desarrollo sustentable de las zonas costeras y marinas.
	PROFEPA	Fortalecimiento de la cooperación internacional.
Químicos tóxicos	SSE	Estos organismos buscan una reducción y la evaluación de riesgos de productos químicos.
	SEMARNAT	
	SAGARPA	
	CICOPLAFEST - SE	

Fuente: Elaboración propia con información de un.org (2012)

Indicadores Como Evaluadores de Sustentabilidad

Es con el agravamiento en la polarización de la sociedad, de la economía y el evidente deterioro de los recursos naturales, que el desarrollo sustentable (DS) crece en la conciencia humana. En este sentido, los años transcurridos bajo el modelo actual aseguran a éste una resistencia contra cualquier cambio que altere su estructura y funcionamiento. Corresponde a la razón, de manera fundamentada, y en su modo más concreto, a las ciencias la tarea de favorecer este cambio.

Producto de esta correspondencia son los indicadores usados para los programas, que más allá de ser propios del desarrollo de éstos, lo son generalmente de sus resultados finales. La utilidad de los indicadores recae en su naturaleza de cuantificar y así, comparar los niveles de impacto de los distintos proyectos y actividades. De esta manera, la escasez o ausencia de ellos afecta directamente el cumplimiento de los objetivos.

Zamudio y Sámano se comprometen con el desarrollo sustentable como especialistas en las ciencias estadísticas y sociales; áreas en las que se basan para enunciar la siguiente contradicción:

Para Zamudio y Sámano (2010)

La objetividad de la ciencia tiene su mayor expresión en la medición y cuando se habla de sustentabilidad, brilla por su ausencia forma alguna de medirla. Si algo no se puede medir ¿cómo se puede saber si un modelo de desarrollo es más sustentable que otro? (p.1).

En su trabajo, Martha Ramírez menciona la importancia de contar con un conjunto de indicadores interrelacionados para describir o medir el ya mencionado atributo a estudiar, es decir un *sistema de indicadores*. Así también propone el Modelo Presión-Estado-Respuesta (**PER**):

Para Martha Ramírez (2007)

El método PER establece qué actividades humanas ejercen presiones (tales como emisiones contaminantes) sobre el medio ambiente, las cuales pueden inducir cambios en el estado del medio ambiente (variaciones en los niveles de contaminación, flujos de agua, etc.). La sociedad entonces responde a las

alteraciones en las presiones o en el estado con políticas económicas y medio ambientales, haciendo programas para prevenir, reducir o mitigar daños ambientales (p.36).

Podemos considerar que un indicador es un elemento variable que liga el criterio de un usuario con un atributo del fenómeno de estudio, y que aunque no constituye un requisito obligatorio, estas variables son de carácter cuantitativo. Refiriéndonos a un conjunto de indicadores presentados simultáneamente (pero no agregados en un único indicador) tratamos un **perfil**⁷, que si bien no es el resultado final esperado de este documento sí es una herramienta similar a un vector muy útil para llegar a él.

Buscando desarrollar indicadores de este tipo, se han documentado trabajos con distintas propuestas. Una buena muestra de ellos es descrita y criticada en el ensayo de Marcel Achkar (2005):

- IBES – Índice de Bienestar Económico Sostenible (Daly y Cobb, 1989)

Procurando la sustitución del PIB, parte del consumo privado como variable inicial, integrando además otras 18 variables económicas, ambientales y sociales traducidas a unidades monetarias.⁸

- Huella Ecológica

Para Wackernagel y Rees (1994)

El Análisis de la Huella Ecológica es una herramienta contable que nos permite estimar los requerimientos del consumo de recursos y la asimilación de desperdicios para una economía o población humana en términos de un área de tierra productiva (p. 9).

⁷ Extractos de *Indicadores: Qué Son y Cómo se Construyen*; Trabajo de tesis de maestría de Martha Ramírez Calderón; UNAM; 2007

⁸ Cálculo descrito en *Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES)*; presentación digital del CEDRUS; UNAM

- Espacio Ambiental (Spangenberg, 1999)
Similar a la Huella Ecológica, este indicador busca determinar una unidad mínima y máxima equitativa de recursos naturales por habitante, sin que el consumo de éstos afecte de manera negativa a las generaciones futuras.
- MIPS – Material Input Per Service (Instituto Wuppertal, 1990)
Este indicador busca mostrar el potencial financiero de un recurso natural, desde su extracción hasta el reciclaje, considerando factores propios como las industrias partícipes y la renovación del recurso. Se calcula mediante un cociente.
- Cuentas Patrimoniales (Sejenovich, 1996)
Consiste en la redefinición de un sistema económico, agregando un sector pre primario y analizando la reproducción de la naturaleza por medio de una matriz que relaciona insumos y productos naturales (agua, aire – flora, suelo, etc.).
- Índice de Enriquecimiento Inclusivo o PIB Verde (PNUMA, 2012)
Esta herramienta integra al PIB convencional los recursos naturales renovables y no renovables, tasas de interés y otros elementos socio-económicos que miden la capacidad de crecimiento de los 20 países involucrados en la Cumbre de Río de 2012

Clasificación de indicadores

Rayén Quiroga, consultora de la CEPAL, propone una clasificación de indicadores de sustentabilidad, formando 3 grandes grupos:

- Indicadores ambientales de primera generación (IA)
Se refieren a los primeros indicadores utilizados con fines sustentables. Tienen la característica de enfocarse en los recursos naturales y el ambiente y, aunque no muestran la complejidad de la relación con las demás dimensiones del DS, son necesarios para el desarrollo de nuevos indicadores
- Indicadores de desarrollo sostenible o de segunda generación (IDS)
Éstos son los indicadores más actuales. Parten de la necesidad de indicadores multi-dimensionales y transversales, sin embargo sólo consiguen una síntesis dimensional individual aunque simultánea. Quiroga los sub clasifica de la siguiente manera:

Para Rayén Quiroga (2007)

La escala se refiere al ámbito geopolítico en donde cobra sentido la propuesta individual de indicadores, y no al arreglo nacional o transnacional de cooperación que impulsa la iniciativa.

El enfoque metodológico implica en un primer momento dos posibles caminos: enfoque sistémico y enfoque conmensuralista. A su vez, el enfoque sistémico se subdivide en dos posibles alcances temáticos: ambiental y de desarrollo sostenible, mientras que en las iniciativas conmensuralistas se puede subdividir en aquellas que conmensuran mediante la creación de un índice ponderado de variables, y otro de iniciativas monetizadas que requieren la valoración en dinero de distintas variables.

- Indicadores de sostenibilidad o de tercera generación
Los considera un reto y una necesidad; caracterizándose por la transversabilidad entre dimensiones del DS. Se consideran aún inexistentes

Las principales críticas acerca de estas metodologías son la poca o nula transversabilidad entre dimensiones del DS, así como la polémica selección de indicadores en el caso de los súper-índices resultados del enfoque conmensuralista.

Indicadores Nacionales

Cabe mencionar que México ha tenido una importante participación en el desarrollo de indicadores de sustentabilidad. Tras la Cumbre de la Tierra (1992) y la creación de la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS), México, a través de la entonces SEMARNAP y el INEGI, participó voluntariamente en un programa para crear una serie de indicadores por medio de hojas metodológicas.

Para la elaboración de las hojas metodológicas se contó con la participación de 29 organismos internacionales y, basándose en lo expuesto por los 40 capítulos de la Agenda 21, se realizaron 134 hojas metodológicas para 134 indicadores divididos en 4 categorías: social, ambiental, política y económica. Las hojas incluían además, una clasificación para cada indicador de acuerdo a su acción dentro del modelo PER, así como una breve descripción del indicador, su unidad de medida y relevancia política. El resultado de este proyecto fueron 113 de los 134 indicadores propuestos por la CDS.

La metodología llevada a cabo en conjunto por las instituciones mexicanas se vio enfocada en los criterios de selección de los indicadores, los cuales cito a continuación:

INEGI (2000)

(a) evaluación de la existencia y uso de los indicadores en las distintas instituciones del país vinculadas con la gestión ambiental y el desarrollo sustentable;

(b) evaluación de la disponibilidad de información básica, es decir, una exploración sobre los datos requeridos para la elaboración de los 134 indicadores, las instituciones responsables y las fuentes de los datos;

(c) identificación de los objetivos del desarrollo sustentable y de sus áreas prioritarias como también de los objetivos y metas consignados en el Plan Nacional de Desarrollo.

(...) En aquellos casos de no-disponibilidad de información, y considerando la relevancia y utilidad del indicador, el camino a seguir fue recopilar los datos básicos hasta donde fuese posible para construir un indicador alternativo.

Este proyecto es un ejemplo de los IDS o indicadores de segunda generación de tipo sistémico, citados anteriormente para Rayén Quiroga.

Los resultados obtenidos por el INEGI y la SEMARNAP serán de gran utilidad para este documento, ya que por su enfoque nacional y clara documentación están situados en el marco de los objetivos planteados.

El Diseño es una Herramienta Subjetiva

La ingeniería del diseño, gracias a sus metodologías, logra que el *arte de diseñar* se convierta en solución a un problema humano, generalmente materializada o sintetizada en un objeto o producto. La expresión *arte de diseñar* es propia de una actividad no controlada o predeterminada, lo cual la convierte en una labor meramente humana. Tales referencias hacen Morris Asimow y Nam Suh:

Para Morris Asimow (1962)

(El diseño) es una actividad con propósito dirigida hacia la meta de satisfacer las necesidades humanas, particularmente aquellas que puedan ser encontradas con factores tecnológicos de nuestra cultura. La satisfacción de estas necesidades no es peculiar de la ingeniería de diseño; lo es a mucho de la actividad humana (p.1).

Para Nam Suh (1990)

Seguido relegamos la toma de decisiones a las personas menos experimentadas. La razón de esta práctica recae en la inhabilidad de reducir el diseño a principios absolutos o científicos [...]. En la ausencia de bases científicas, los esfuerzos intelectuales humanos, desde las artes finas hasta la ingeniería, son realizados subjetivamente en el espacio de la actividad "creativa". Esto significa que podemos apreciar el resultado del esfuerzo intelectual pero no entendemos el proceso que produce el resultado, y no podemos cuantificar los resultados (pp. 5,6).

Conjuntando estas dos visiones, podemos exponer que el objetivo universal del diseño es resolver una problemática o necesidad mediante la síntesis de diversos requerimientos y restricciones. Este planteamiento pudiera permitir utilizar las técnicas actuales de diseño de ingeniería para distintos fines fuera de las ciencias exactas y resultar así una herramienta lo suficientemente capaz de generar indicadores más precisos, logrando así un puente sólido y más confiable para la transición del **desarrollo sustentable (DS)**. Dado que éste es el objetivo del documento, con base en esta perspectiva formulada es que se fundamenta el generar el resto del escrito.

Hay que resaltar la importancia y la abundancia de las analogías en esta investigación, pues tratándose de una imagen interdisciplinaria, resulta menos complicado la transición de conceptos; tal como en 2008 señalaría Warren Wake: *“Los paradigmas y las metáforas nos permiten introducir nuevas ideas explicándolas en términos de conceptos familiares... las metáforas operan primariamente con analogías verbales, mientras que los paradigmas actúan no verbalmente”* (p.8).

Es preocupación tanto de autores ya citados, como de los objetivos del DS en general, la necesidad del desarrollo de indicadores, y es con este sustantivo *necesidad* que el diseño se adecúa como herramienta para saciar el requerimiento planteado en ambos trabajos.

Interdisciplina

Antes de elaborar el significado de este concepto para el documento, se considerará su descripción general mediante los dos principales diccionarios de las lenguas españolas e inglesas:

Para RAE (2012)

Interdisciplina: Estudio o actividad que se realiza con la cooperación de varias artes, facultades o ciencias; especificando éstas tres como doctrinas o instrucción de una persona, especialmente en lo moral.

Para Diccionario Webster (2012)

Interdisciplina: Participación de dos o más campos de estudio.

Es el resultado de la *actividad o participación* de las diferentes *doctrinas* el cual termina por definir el concepto, pues la cohesión de estos conocimientos da forma a una nueva perspectiva, articulando todos sus componentes sin someter rama alguna de esta interrelación, aun cuando el fenómeno común en estudio encuentre mayor descripción en una de éstas.

En este documento, parte de la metodología seguida en busca del objetivo recae en la *interdisciplina auxiliar*, descrita por Roberto Follari (1999) como “*uso de los métodos de una disciplina para resolver problemas de otra (i.e, la matemática en las ciencias sociales)*”. Esta definición está basada en lo que Basarab Nicolescu (2002) describe como “*la transferencia de métodos de una disciplina a otra*”.

Dentro del marco de estos conceptos es posible entender la interdisciplina aplicada en este proyecto como:

El uso de metodologías de ingeniería de diseño y modelado matemático empírico en la formulación de un indicador integrador de las dimensiones del desarrollo sustentable; basándose en ideas planteadas en textos científicos sociales como problemáticas del desarrollo humano.

Energía Eólica En México y Su Explotación

Actualmente la rigidez institucional contribuye a la discordancia que existe entre los objetivos ambientales y los económicos, ignorando las consecuencias generales a largo plazo que pueden tener las decisiones tomadas en el presente. Producto de esto es que hoy día hay necesidades percibidas como tales que están determinadas social y culturalmente, llevando el consumo de éstas fuera de los límites ecológicos posibles. Una de ellas es la electricidad, cuya generación en nuestro país involucra combustibles fósiles en un 90,36 %⁹, lo cual hace insustentable su generación.

Es así que las energías renovables se presentan como una gran alternativa para reducir el consumo de combustibles fósiles, incluyendo dentro de éstas a la energía eoloeléctrica (EO), la cual proviene de turbinas impulsadas por viento, y representa una capacidad efectiva instalada (CEI) mundial del 2,5% del consumo eléctrico global.¹⁰ Aunque sólo representa el 1% de la CEI de México con 519 Mega Watts [MW], se estima que para los próximos dos o tres años la capacidad de generación de EO se incremente en un 574%¹¹.

Las regiones que más participarán en este probable incremento son el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca, con un potencial calculado de 10 Giga Watts [GW]; y la Rumorosa en Baja California, con un potencial calculado de más de 5 [GW]. Estas cifras, sumadas a las que ofrecen zonas como la costa norte del Golfo de México; la Península de Yucatán; zonas de Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua y Sonora; suman un potencial total de generación de EO de 71 [GW]¹².

La mayor parte de la producción de esta energía es para la autogeneración; en esta modalidad operan los proyectos *Eurus* y *Parques Ecológicos de México*, los cuales en 2009 significaron un aumento del 137% en la CEI (Colocando a México en la posición 27 mundial de CEI), y se estima que bajo este modo, en 2012, se construyan otros 15 proyectos más con un total de 1 971,5 [MW]¹³.

⁹ Sitio Web: [CFE, cuadro 3](#). Considerando Productores Externos de Energía (PEEs). Basado en tecnologías implementadas: [enlace](#)

¹⁰ World Wind Energy Association (2011); World Wind Energy Conference 2011; *World Wind Energy Report 2010*; p. 5

¹¹ Cifras calculadas con datos obtenidos del sitio web: [GWEC](#)

¹² *Ibidem*

¹³ SENER (2011); Secretaría de Energía; *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*; p. 51

El interés por la generación de EO se ha visto incrementado gracias a las obras de interconexión realizadas, permitiendo que los productores independientes de energía (PIE) con plantas mayores a los 30 [MW] vendan la energía a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a través de acuerdos de compra de energía y la incorporen al Sistema Eléctrico Nacional; esto es reforzado por la recomendación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) hacia el gobierno mexicano de adoptar el mecanismo de estímulo tarifario REFIT (por sus siglas en inglés: *Renewable Energy Feed In Tariff*) donde se ve obligado a comprar a un mayor precio la EO producida por PIEs.

Las instituciones públicas, al buscar incrementar la CEI de energías renovables mediante instrumentos económicos, están generando una interacción directa de 3 de las 4 DDS, lo cual podría considerarse favorable desde el punto de vista ambientalista, económico o institucional.

El propósito de este documento es el de analizar en conjunto las causas y efectos económicos, políticos, sociales y ambientales de un proyecto de generación de energías renovables existente y determinar si la relación de las 4 DDS que sostiene dicho proyecto es sustentable.

CAPÍTULO II

Identificación del Cliente y sus Necesidades

Recapitulando lo mencionado anteriormente en el documento, el desarrollo sustentable (DS) es una estrategia que propone cambios mundiales y que tiene como base la integración de 4 grandes bloques, cada uno dependiente del otro desde el punto del que se plantea. Para el logro de estos cambios se propone que cada estrategia sea considerada en el marco específico de cada nación, lo cual nos lleva a definir al “cliente”: El Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos.

Es en su papel de regidor de las 4 dimensiones del desarrollo sustentable (DDS) para México, y mayor interesado en que las estrategias del DS alcancen su cometido en el país, que el Gobierno Federal encuentra las recomendaciones de organismos como la ONU y la OCDE como necesidades, y es así que las manifiesta en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) y planes secretariales. De esta forma, el enfoque descrito de DS es afín al Gobierno Federal y a su PND, y por tanto será el enfoque utilizado en este documento para el proceso de diseño.

Realizando una primera síntesis de las Necesidades del Cliente (NC), se sustrajeron argumentos clave de:

- Planteamientos teóricos y estrategias diseñadas por la CDS
- Estrategias propuestas por la ONU
- El PND
- Distintos planes secretariales del Gobierno Federal y
- Del Seminario permanente sobre Desarrollo Sustentable y Gobernabilidad

Estos argumentos fueron reducidos a enunciados sencillos, agrupándolos por idea y propósito, y catalogándolos por su relación con cada DDS (*Tabla 5*).

Se hizo una jerarquización de los enunciados basada en el número de coincidencias encontradas y en el número de dimensiones abarcadas por cada una, así también se sintetizó aún más la información uniendo en paráfrasis aquellas declaraciones señaladas con letras mayúsculas en la columna derecha del primer boceto de lo que da como resultado el Diagrama de Afinidad (*Tabla 6*).

El Diagrama de Afinidad es una clasificación ordenada de enunciados considerados como necesidades, generalmente de un cliente, que sirve como entrada para poder hacer posterior uso de la matriz de correlación. Esta matriz es de gran utilidad para la conversión de necesidades puesto que, además de un sistema de jerarquización de 3 etapas, relaciona las necesidades con características medibles, por lo cual obliga a un planteamiento claro tanto de las necesidades como de estas características a medir.

Tabla 5: Primer síntesis de necesidades del cliente							
No	Ambiental	Político	Económico	Social	Coincidencia	Descripción	
1	█				1	Evitar desaparición de especies	
2					1	Reducir contaminación de las grandes ciudades*	
3					3	La estructura energética debe basarse en fuentes renovables	
4	█	█			1	Que evalúen los impactos ambientales de nuevas tecnologías	C
5					1	Promover consumo responsable** mediante políticas	A
6					1	Aplicar y reforzar responsabilidades por daños provocados por consecuencias no deseadas	
7					1	Tomar medidas a largo plazo	
8					1	Que se garantice la participación ciudadana en decisiones	B
9					3	El sistema político debe tener voluntad de cambio y apoyar con acciones específicas (estrategias)	
10					1	Descentralizar fondos y poder político hacia autoridades locales	
11					1	Reducir costos por atender la creciente frecuencia de desastres naturales***	
12					2	Mediante recursos políticos (leyes, información, impuestos, subsidios, etc.) incentivar o desmotivar a organizaciones comerciales para que tomen en cuenta los factores ambientales en tecnologías que desarrollan	
13					3	Distribuir y garantizar el acceso equitativo de los recursos limitados	
14					1	Cambiar actitudes humanas (de organización, cooperación y consumo)	A
15					1	Distribuir equitativamente el ingreso	
16					2	Reubicar el desarrollo tecnológico para que impacte de manera positiva no sólo en el mercado	C
17					1	Debe elevar el bienestar general de la población	
18					3	Satisfacer necesidades básicas y garantizar igualdad de oportunidades****	
19					1	Participación en comunidades	B
20					2	Las estrategias deben responder a la diversidad del país o región	
21	█				1	Promover valores de pauta de consumo	A
22					2	Las nuevas tecnologías deben adaptarse a las necesidades de países en desarrollo	
23	█				5	El desarrollo de mejoras y nuevas tecnologías deben basarse en los problemas y recursos ambientales para no afectarlos	C
					39	Total de argumentos	
						*El PECC considera más los GEI	
						** Dentro de los límites ecológicos posibles	
						*** Objetivo principal del PECC	
						**** Salud, educación inclusión social, pobreza, cultura, arte y recreación	

Tabla 6: Diagrama De Afinidad

No	Ambiental	Política	Económica	Social	Coincidencias	Descripción
1					7	Basar las nuevas tecnologías en las necesidades ambientales
2					3	Promover cambios de patrones de consumo*
4					3	Basar la estructura energética en fuentes renovables
5					3	El sistema político debe tener voluntad de cambio y apoyar con estrategias
3					2	Que se garantice la participación ciudadana en decisiones
6					3	Distribuir y garantizar el acceso equitativo de los recursos limitados
7					3	Satisfacer necesidades básicas y garantizar igualdad de oportunidades**
8					2	Las estrategias deben responder a la diversidad del país o región
9					1	Tomar medidas a largo plazo
10					1	Atender la creciente frecuencia de desastres naturales***
					28	Total de argumentos
						* Dentro de los límites ecológicos posibles
						** Salud, educación inclusión social, pobreza, cultura, arte y recreación
						*** Objetivo principal del PECC

Características a Medir

La matriz de correlación

El Diagrama de Afinidad obtenido de la sección anterior es base para establecer las necesidades que actuarán en la matriz de correlación, asignándoles un valor de importancia de menor (1) a mayor (5) según el número de coincidencias y de DDS abarcadas; y correspondiendo con al menos una **Característica Medible (CM)** que busque satisfacer cada una de las necesidades; así es posible comparar la importancia de las características propuestas y jerarquizarlas, dándoles un peso en el modelo final.

Las **Características Medibles**, fueron propuestas considerando que pueden ser de dos tipos: cuantitativas y cualitativas, en el caso del **Indicador de Cobertura de las Necesidades Básicas (ICNB)**, que a su vez está compuesto por sub índices de ambas naturalezas, los componentes cualitativos, en caso de cumplir con ellos, son tomados numéricamente como un sub parte entera. En la sección dedicada a estos indicadores se explica más a fondo el funcionamiento de esta ponderación.

Dado que la forma de medir y responder a las necesidades planteadas puede ser muy subjetiva, se hicieron iteraciones en este método, calificando cada **CM** y descartando las de menor relación numérica e impacto en las **Necesidades del Cliente (NC)**, prescindiendo así de un total de dos **CM** y uniendo otras dos debido a su similar método de medición.

Cabe señalar que tanto las necesidades, como las características propuestas deben ser independientes entre sí, por lo que se hizo también la trasposición de una **NC** debido a su codependencia con otra necesidad.

Una vez entendidas las necesidades a cubrir, es posible enunciar las especificaciones objetivas, para esto es necesario el resultado de las iteraciones y consideraciones anteriores y de esta forma generar una matriz de correlación del tipo usado en la Casa de la Calidad, tal como sigue:

Tabla 7: Matriz de Correlación								
Dirección de Mejora		Características Medibles (CM)						
		↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑
Principales Problemáticas del Desarrollo Sustentable Necesidades del cliente (NC)	Factor de Peso de Importancia	Proyección socioeconómica en una geografía determinada	Certificaciones	% De energía generada proveniente de Energías Renovables	Efectos medibles de Indicador Compuesto 1 (IC1)	Participación ciudadana (IPC1)	% Cobertura de los Recursos Limitados (ICRL)	% Cobertura de las Necesidades Básicas (ICNB)
Basar las nuevas tecnologías en las necesidades ambientales	5	3	3		1	1		
Promover cambios de patrones de consumo*	5	1	3		3	3		
Basar la estructura energética en fuentes renovables	4	1	3	9	1		1	
El sistema político debe tener voluntad de cambio y apoyar con estrategias	3	1				3		
Distribuir y garantizar el acceso equitativo de los recursos limitados**	3	1		1	1		3	
Satisfacer necesidades básicas y garantizar igualdad de oportunidades***	3	3						3
Las estrategias deben responder a la diversidad del país o región	2	1			3			
Tomar medidas a largo plazo	2	9	1					
Puntaje Preliminar		59	44	39	33	29	13	9
Peso Relativo %		26.11	19.47	17.26	14.60	12.83	5.75	3.98
Orden de Jerarquía		1	2	3	4	5	6	7

* Dentro de los límites ecológicos posibles

** Referidos a "seguridad de Recursos", según la Pirámide de Maslow¹⁴

*** Salud, educación, alimentación, inclusión social, empleo y vivienda

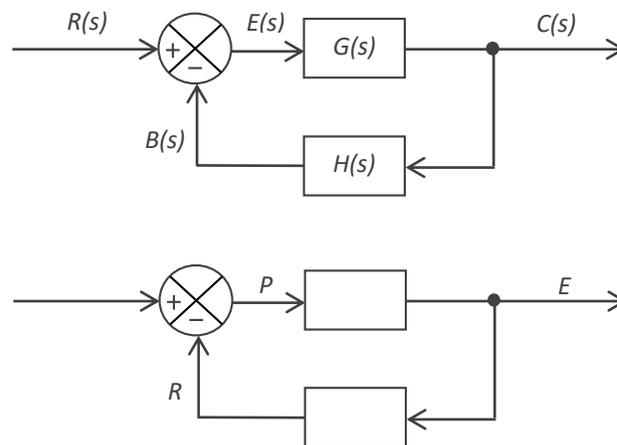
¹⁴ Maslow, Abraham (1991); *Motivación y Personalidad*; Días de Santos, S.A; España

Modelo Presión-Estado-Respuesta (PER)

Este modelo es muy útil para clasificar a cada **Característica Medible** según la función que cumpla. Como se había mencionado antes, el modelo PER está compuesto por tres bloques de indicadores o perfiles, que ya aplicados al tema tratado, se aprecian de la siguiente forma:

La forma de operar de cada uno de estos perfiles, se asemeja en gran forma a un Sistema de Lazo Cerrado de Ingeniería de Control, donde el bloque de Presión (P) es equiparable a la señal de entrada $E(s)$; el de Estado (E) a la de salida $C(s)$; y el perfil de Respuesta (R) a la señal de retroalimentación $B(s)$:

Diagrama 2: Comparación entre el Modelo de bloques de un sistema de lazo cerrado de Ingeniería de Control y el Modelo PER



Así como el diagrama de bloques se asemeja al funcionamiento del modelo PER, una respuesta en el tiempo similar a la respuesta de una función escalón, sería de gran conveniencia para fines posteriores a los objetivos del documento presente, dado que así se podría especificar el tiempo requerido para obtener un cambio hacia un estado deseado.

El Instrumento de Medición

Las características medibles (CM) involucran índices compuestos por varios indicadores, es decir, perfiles; de tal forma que es requerida una descripción a manera de instrucción para utilizar el instrumento diseñado.

A continuación se dará una descripción de cada índice, incluyendo su objetivo, sus componentes y la manera de calcularlo.

Tabla 8: Índice de Proyección Socioeconómica (IPSE)

Se refiere a la planeación del desarrollo económico de la región o segmento a evaluar y su relación con la cobertura de las necesidades básicas (salud, educación, alimentación, empleo y vivienda), es por ello que resulta conveniente antes obtener los componentes del ICNB (Tabla 14). De los indicadores componentes del ICNB, no se medirá la inclusión social en este índice por dos razones: su poca o nula relación medible respecto al crecimiento económico y su elevada posición en la Pirámide de Maslow, ubicándola como una necesidad de realización.

Se busca que las relaciones entre la tasas de crecimiento de las coberturas de necesidades básicas respecto a la tasa de crecimiento económico sean factores cercanos a 1 ($NB_i/CE \rightarrow 1$). Las tasas de crecimiento y las proyecciones de crecimiento económico deben estar definidas para un periodo dado.

Este índice puede requerir la combinación de estudios macroeconómicos y sociales provenientes de instituciones públicas y privadas.

$$I_{PSE} = PR_{IPSE} \frac{\sum_{k=1}^n \frac{NB_k}{CE}}{n}$$

Donde:

NB_k son las tasas de crecimiento de cobertura de las distintas necesidades básicas.

CE es el crecimiento económico proyectado.

n es el número de necesidades básicas.

PR_{IPSE} es el peso relativo correspondiente al índice calculado.

Tabla 9: Índice de Procesos Certificados (IPC)

Este índice es la relación de los agentes que componen las distintas industrias, sectores o regiones y que cuentan con certificaciones aplicables al consumo y manejo de recursos; respecto al número total de agentes en la población delimitada. Se entiende como agente a las empresas o actores de un sector económico, político o social delimitado.

Debido a la amplitud de procesos, para esta primera etapa no es prioridad analizar la totalidad del proceso productivo o la discusión de la certificación en sí, aunque cabe señalar que es muy probable que el mismo desarrollo en esta área demande un modelo de evaluación más amplio y complejo.

Este tipo de certificaciones son provistas tanto de organismos federales como privados.

$$I_{PC} = PR_{IPC} \frac{AC}{AT}$$

Donde:

AC son los agentes certificados.

AT son los agentes totales.

PR_{IPC} es el peso relativo correspondiente al índice calculado.

Tabla 10: Índice de Energías Renovables (*IER*)

Este indicador muestra el consumo de energías alternas respecto al de energías generadas por hidrocarburos en una industria o región.

Debido a que este indicador requiere de la inclusión de los Productores de Energía Independientes (PEI), presenta variaciones estacionales por lo que es recomendable promediarlo al período considerado a medir.

$$I_{ER} = PR_{Ier} \frac{EA}{EH + EA}$$

Donde:

EA es la energía generada proveniente de fuentes alternas.

EH es la energía generada proveniente de hidrocarburos.

PR_{Ier} es el peso relativo correspondiente al índice calculado.

Tabla 11: Índice de Participación Ciudadana (*IPCI*)

Es la ciudadanía quien normalmente se ve afectada por la distribución de recursos o alteración de un entorno, es por ello que su opinión y participación es necesaria para fundamentar la sustentabilidad de un proyecto o estrategia.

Normalmente estas participaciones se dan en forma de censos, foros o sondeos, donde la resolución de la voluntad ciudadana define este índice como una relación entre habitantes en poblaciones afectadas (*HA*) por el programa o proyecto y aquellos que participaron en las decisiones tomadas al respecto.

Los números necesarios son contenidos en la planeación de cada uno de los programas o proyectos. El número de habitantes participantes en las comunidades (*HP*) puede ser un indicador fuera de la planeación pero dentro de la institución a cargo del desarrollo de éste. Su relación es:

$$I_{PCI} = PR_{IPCI} \frac{HP}{HA}$$

Donde:

HP es el total de habitantes participantes.

HA es el total de habitantes afectados.

PR_{IPCI} es el peso relativo correspondiente al índice calculado.

Tabla 12: Índice Compuesto 1 (*IC1*)

El objetivo de este índice es medir el esfuerzo realizado para cambiar los patrones de consumo.

Enfocados en la población general, algunos de los programas existentes miden la eficacia de éstos de acuerdo al número de acciones o programas realizados, principalmente aquellos referidos al consumo de recursos materiales. Se propone una medida más objetiva evaluando el alcance de estos programas con el total de participantes respecto al grueso de la convocatoria. Esta ponderación tomará como base el universo al que está dirigido cada programa según los respectivos objetivos.

$$IC1 = PR_{IC1} \left(\frac{RM + RE}{2} \right)$$

Donde:

RM es el valor del Índice de Recursos Materiales.

RE es el valor del Índice de Recursos Energéticos.

PR_{IC1} es el peso relativo correspondiente al índice calculado.

Recursos Materiales

$$RM = \frac{Vn_{PCA} + Vn_{PJHSA} + Vn_{PEPC}}{3}$$

Campaña	Programa de Cultura del Agua (PCA)
Institución	CONAGUA
Medición	$Vn_{PCA} = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{Pa_k}{Up}}{n}$ <p>Donde:</p> <p>Vn_{PCA} es el valor numérico del PCA. Pa es el número de participantes por cada acción implantadas en el Comité Mexicano para el Uso Sustentable del Agua¹⁵. Up es el universo poblacional del programa. n es el número de acciones realizadas en este programa.</p>

Campaña	Programa de Jóvenes Hacia la Sustentabilidad Ambiental (PJHSA)
Institución	SEMARNAT
Medición	$Vn_{PJHSA} = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{Pa_k}{Up}}{n}$ <p>Donde:</p> <p>Vn_{PJHSA} es el valor numérico del PJHSA. Pa Número de participantes en proyectos juveniles no enfocados a recursos energéticos, apoyados y financiados por la secretaría¹⁶. Up es el universo poblacional del programa. n es el número de acciones realizadas en este programa.</p>

Campaña	Programa de Educación para el Consumo (PEPC)
Institución	PROFECO
Medición	$Vn_{PEPC} = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{Pa_k}{Up}}{n}$ <p>Donde:</p> <p>Vn_{PEPC} es el valor numérico del PEPC. Pa Número de participantes en acciones colectivas realizadas por grupos a convertirse en Asociaciones Civiles¹⁷. Up es el universo poblacional del programa. n es el número de acciones realizadas en este programa.</p>

Recursos Energéticos $RE = \frac{Vn_{PFCPPS}}{100}$

Campaña	Programa de Fomento a la Certificación de Productos, Procesos y Servicios (PFCPPS)
Institución	CONUEE
Medición	$Vn_{PFCPPS} = \% \text{ eficiencia energética } \geq 75^{\text{o}} \text{ percentil de todas las plantas}^{18}$

¹⁵ SEMARNAT (2008); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; *Programa Nacional Hídrico 2007-2012*; p. 88

¹⁶ SEMARNAT (2009); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; *Programa de Jóvenes hacia la Sustentabilidad Ambiental (PJHSA) 2009-2012*; p. 32

¹⁷ PROFECO (2008); Procuraduría Federal del Consumidor; *Programa de Educación para el Consumo*; recuperado en enero de 2012 de: http://www.profeco.gob.mx/educ_div/educ_org.asp

¹⁸ CONUEE (2011); Consejo Nacional para el Uso Eficiente de la Energía; *Programa de Fomento a la Certificación de Productos, Procesos y Servicios*; p.26

Tabla 13: Índice de Cobertura de Recursos Limitados (ICRL)

Los recursos limitados referidos en este índice son tres: vivienda digna, agua potable en sus viviendas o comunidad y servicio de energía eléctrica.

En el caso de vivienda digna, se considera utilizar 2 de los 4 indicadores del Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas, metodología de Rubén Katzman adaptada por el INEGI para viviendas y no hogares¹⁹. Los indicadores son: *Carencia de materiales en la vivienda* (para el cual sólo se tomará en cuenta el tipo de suelo construido), y *Hacinamiento* (Se considerará hacinamiento cuando el promedio de personas habitando por cuarto sea mayor a 2.5).

Resulta conveniente hacer uso de indicadores del INEGI, propios del *Censo de Población y Vivienda*, donde se incluyen los indicadores *Total de viviendas*, *Viviendas privadas habitadas con piso de otro material* (no tierra), *Promedio de ocupantes por cuarto*, *Porcentaje de viviendas particulares habitadas con disponibilidad de agua* y *Porcentaje de viviendas particulares habitadas con disponibilidad de energía eléctrica*

$$ICRL = PR_{ICRL} \left(\frac{VD + AP + EE}{3} \right)$$

Donde:

VD es la fracción de población que cuenta con vivienda digna.

AP es la fracción de población que cuenta con disponibilidad de agua en sus domicilios.

EE es la fracción de población que cuenta con energía eléctrica en sus hogares.

PR_{ICRL} es el peso relativo correspondiente al índice calculado

$$VD = \frac{V_{POM} + V_{PROC}}{2V_{TOT}}$$

V_{POM} es el total de viviendas con piso de otro material que no sea tierra.

V_{PROC} es el total de viviendas con un promedio de ocupantes por cuarto menor o igual a 2.5.

V_{TOT} es el total de viviendas en la región.

Tabla 14: Índice de Cobertura de Necesidades Básicas (ICNB)

El Gobierno Federal refiere las necesidades básicas a la salud, educación, alimentación, inclusión social, empleo y vivienda. La mayoría de estos rubros son tratados en los indicadores propuestos por la CDS, así como en el *Censo de Población y Vivienda del INEGI*, de manera que el ICNB estará compuesto por los indicadores *Población total*, *Población derechohabiente a servicios de salud*, *Tasa neta de matrícula escolar en primaria*, *Tasa neta de matrícula escolar en secundaria*, *Tasa de alfabetización de adultos*, *Estado nutricional de los niños respecto a los niveles nacionales* y *Tasa de desocupación urbana*.

En el caso del Índice de Inclusión Social, se hace referencia a un índice calculado por una empresa de iniciativa privada, cuyo cálculo se hace a nivel nacional²⁰. Es ideal replicar los indicadores y trasladarlos a un nivel regional o local.

Para la medición de la cobertura de la necesidad básica de vivienda, se propone el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas descrito anteriormente²¹. Dicho índice consta de 4 indicadores y

¹⁹ INEGI (2016). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Metodología de Indicadores de la Serie Histórica Censal*. p. 12.

²⁰ Alidadi, F. et al. 2015. *Índice de Inclusión Social 2015*. Americas Quarterly. Volumen 9 (Número 3).

²¹ Op. Cit. INEGI (2016).

4 posibles resultados jerárquicos, de manera que el índice es de tipo cualitativo. Se propone hacer uso numérico de los resultados posibles con la siguiente conversión:

Pobreza crónica = 0.25
 Pobreza reciente = 0.5
 Pobreza inercial = 0.75
 No pobres = 1

Donde:	
$ICNB = PR_{ICNB} \left(\frac{NB_{Sa} + NB_{Ed} + NB_{Al} + NB_{IS} + NB_{Em} + NB_{Vi}}{6} \right)$	
<p>NB_{Sa} es la relación de cobertura de Salud. NB_{Ed} es la relación de cobertura de Educación. NB_{Al} es la relación de cobertura de Alimentación. NB_{IS} es la relación de cobertura de Inclusión Social. NB_{Em} es la relación de cobertura de Empleo. NB_{Vi} es la relación de cobertura de Vivienda. PR_{ICNB} es el peso relativo correspondiente al índice calculado.</p>	
Necesidad básica	Medición
Salud	<p>Donde: P_{DH} es la población derechohabiente a servicios de salud públicos o privados. P_{total} es la población total en la región.</p>
	$NB_{Sa} = \frac{P_{DH}}{P_{total}}$
Educación	<p>TN_{MEP} es la tasa neta de matrícula escolar primaria. TN_{MES} es la tasa neta de matrícula escolar secundaria. TN_{AA} es la tasa neta de alfabetización de adultos. P_{6-15} es la población de 6 a 15 años. P_{18} es la población de 15 años o mayor.</p>
	$NB_{Ed} = \frac{TN_{MEP} + TN_{MES}}{P_{6-15}} + \frac{TN_{AA}}{P_{15}}$
Alimentación	<p>EN_N es la población de niños menores de 5 años con un estado de nutrición "normal" (es decir, nulo) respecto a estándares nacionales. P_{total} es la población total en la región.</p>
	$NB_{Al} = \frac{EN_N}{P_{total}}$
Inclusión Social	<p>IIS_{AQ} es el Índice de Inclusión Social desarrollado por la editorial <i>Americas Quarterly</i>. Dicho índice consta de 22 indicadores y es calculado anualmente a nivel país para el continente Americano.</p>
	$NB_{IS} = \frac{IIS_{AQ}}{100}$
Empleo	<p>PD es la Población Desocupada²² en la región. PEA es la población económicamente activa de 14 años o mayor en la región.</p>
	$NB_{Em} = \frac{PEA - PD}{PEA}$
Vivienda	<p>CN_{NB11} es la conversión numérica propuesta del Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas modificado por INEGI. $V_{totales}$ es el número de viviendas habitadas en la región.</p>
	$NB_{Vi} = \frac{\sum_{i=1}^{k=V_{totales}} CN_{NB11}}{V_{totales}}$

²² Definido por INEGI como: "Porcentaje de la población económicamente activa que se encuentra sin trabajar, pero que está buscando trabajo; comprende a todas las personas de 14 años o más que, en la semana de referencia de la encuesta, se encontraban sin empleo asalariado o por su cuenta (menos de 1 hora a la semana), disponibles a aceptar empleo y que realizaron acciones concretas de búsqueda de trabajo en las ocho semanas anteriores al periodo de referencia [...]."

Tabla 15: Clasificación de las CM en el modelo PER

Presión	Proyección socioeconómica en una geografía determinada (IPSE)
	Participación ciudadana (IPCI)
Estado	Porcentaje de energía generada proveniente de fuentes de energía renovables (IPC)
	Porcentaje de Cobertura de los Recursos Limitados (RL)
	Porcentaje de Cobertura de las Necesidades Básicas (NB)
Respuesta	Certificaciones
	Efectos medibles del Indicador Compuesto 1 (IC1)

El cuadro anterior puede redactarse de la siguiente forma:

Las proyecciones socioeconómicas actuales y la participación ciudadana son acciones presentes que influyen en determinar un estado conformado por elementos de las 4 DDS como son el porcentaje de energía generada proveniente de fuentes de energía renovable, el total de población participe y afectada por estrategias gubernamentales y los porcentajes de coberturas de los recursos limitados y de las necesidades básicas. Ante este estado determinado por tales elementos, se busca modificarlo cambiando los patrones de consumo energético y material tanto en hogares como en industrias, y verificando que la tecnología empleada cuide intereses ambientales.

CAPÍTULO III

Aplicación del Indicador al Proyecto Parque Eólico La Venta III

Este proyecto fue financiado por el Banco Mundial, tras negociaciones con el Gobierno de México en el año de 2006. Se encuentra en el Municipio del Ingenio Santo Domingo, Oaxaca y comenzó sus operaciones en el año de 2010 como Productor Independiente de Energía (PIE), produciendo 103 [MW] con un total de 120 aerogeneradores.

Para evaluar la sustentabilidad de este proyecto es necesaria la información de las características medibles (CM) relativa a este proyecto, lo cual, debido a ser un proyecto de inversión no gubernamental, no se encuentra disponible; sin embargo es posible hacer una comparación sencilla de las CM con los indicadores clave y los objetivos del parque, enlistados en el Documento de Evaluación del Proyecto, redactado por el Banco Mundial.

Tabla 16: Comparación de Indicadores del PPELV y Características Medibles

Indicador del Proyecto de Desarrollo de Energía Renovable de Gran Escala ²³	Unidad de Medición	Indicador o Índice propuesto en Características Medibles	Unidad de Medición
Electricidad proveniente de fuentes de energía renovable suministrada al Sistema Nacional, sobre la línea base. (Medición tomando como base la generación de energía mediante hidrocarburos).	[1]	Índice de energías renovables (IER)	[1]
Rentabilidad financiera proyectada (ROE), sobre estructura financiera del proyecto. Se adecúa este indicador para homogenizar unidades de medición.	[1]	Índice de proyección socioeconómica (IPSE).	[1]
Resumen de la evaluación (social)	[1]	Índice de participación ciudadana (IPCI)	[1]
Localidad y municipio de ubicación. La información numérica es obtenida directamente de INEGI.	[1]	Índice de cobertura de recursos limitados (ICRL)	[1]
Resumen de la evaluación (social)	[1]	Índice de coberturas de necesidades básicas (ICNB)	[1]

²³ El Banco Mundial (2006); *Project Appraisal Document On A Proposed Grant From The Global Environment Trust Fund In The Amount Of Us\$25.0 Million To The United Mexican States For A Large-Scale Renewable Energy Development Project.*

Durante esta investigación fue posible contactar a un ingeniero involucrado en la construcción y operación del complejo, a quien se le preguntó sobre la propiedad de las tierras, el tratamiento que recibieron éstas para tener su actual uso y sobre el personal contratado y los habitantes de lugares aledaños. De lo anterior, las respuestas más pertinentes tienen que ver con el personal contratado y las comunidades aledañas quienes, asegura, fueron capacitados mediante cursos, becas y otros apoyos.

Con estos datos y haciendo uso del peso relativo resultante de la matriz de correlación ilustrada en la **Tabla 7**, a continuación se desglosan las **CM** en orden de importancia con sus respectivos valores y justificaciones ligadas al *Proyecto Parque Eólico La Venta III (PPELV)*.

Proyección socioeconómica en una geografía determinada

Dentro del documento de evaluación de este proyecto, redactado por la **ONU**, en el capítulo de Análisis Financiero²⁴, se considera un retorno de inversión (ROE) del 18%. (ver *tabla 16*).

En la **Tabla 8**, esta **CM** es medida mediante al Índice de Proyección Socioeconómica. Este índice considera 5 necesidades básicas, de las cuales sólo se cuenta con información de 2. Ya que se requiere medir un crecimiento, éste será considerado como una diferencia de los valores de los indicadores en el tiempo, tomando en cuenta los dos últimos registros con los que se cuenta: años 2000 y 2010.

Retomando de la **tabla 7**, el peso relativo para este indicador es de 0,254. De esta forma:

$$I_{PSE} = PR_{IPSE} \frac{(NB_{Sa} + NB_{Em})}{n} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$NB_{Sa} = \frac{PDH_{2010}}{P_{total_{2010}}} - \frac{PDH_{2000}}{P_{total_{2000}}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$NB_{Em} = \frac{PEA_{2010} - PD_{2010}}{PEA_{2010}} - \frac{PEA_{2000} - PD_{2000}}{PEA_{2000}} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$\text{Sustituyendo en Ecuación 2: } NB_{Sa} = \frac{4,451 [hab]}{5,895 [hab]} - \frac{3607 [hab]}{5796 [hab]} = 0,755 [1] - 0,622 [1] = 0,133 [1] \quad (1)$$

$$\text{Sustituyendo en Ecuación 3: } NB_{Em} = \frac{2170[hab]-112[hab]}{2170 [hab]} - \frac{1986[hab]-17[hab]}{1986 [hab]}$$

$$NB_{Em} = 0,948[1] - 0,991[1] = -0,043[1] \quad (2)$$

$$\text{Sustituyendo (1) y (2) en Ecuación 1: } I_{PSE} = 0,2611 \frac{\left[\frac{0,133}{0,18} + \left(\frac{-0,043}{0,18} \right) \right]}{2} = 0,2611(.25) = 0,065275$$

$$\underline{IPSE = 0,0653} \quad (\alpha)$$

²⁴ *Íbidem.* p. 13.

Certificaciones

Hasta el término de este documento, no se pudo encontrar si el PPELVIII cuenta con certificaciones de algún tipo. Por ello, esta CM no será considerada para la evaluación.

Porcentaje de energía generada proveniente de energías renovables

Como se comentó anteriormente, este complejo tiene una capacidad instalada de 103 [MW] y su producción está conectada al Sistema Eléctrico Nacional. Dicha conexión tiene registro del total de energía de entrada al sistema pero esa información no es detallada en publicaciones oficiales, de tal forma que se considerará una producción igual a la capacidad eléctrica instalada.

Considerando sólo la localidad de Santo Domingo Ingenio, la producción de energía eléctrica se describe a continuación:

$$I_{ER} = PR_{Ier} \frac{EA}{EH+EA} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\text{Sustituyendo en Ecuación 4: } I_{ER} = 0,1726 \frac{103 [MW]}{0+103 [MW]} = (0,1726)(1)$$

$$\underline{IER = 0,1726} \quad (b)$$

Cambio en patrones de consumo (recursos materiales y recursos energéticos)

Este proyecto fue elaborado y operado por un PIE, por lo que en su operación interna no aplica la participación en programas gubernamentales. Por esta razón, esta CM no será considerada para la evaluación.

Participación ciudadana

De acuerdo al documento de evaluación de proyecto de la ONU, en su sección de evaluación social²⁵, los propietarios de las tierras donde se construyó el parque eólico fueron compensados a través de un usufructo. Aunque dicho documento menciona también que el proyecto carece de un instrumento de opinión o participación ciudadana para la comunidad de Santo Domingo Ingenio, el impacto del PPELVIII en la dimensión social es desconocido.

Considerando lo anterior y que no hay efectos ambientales y políticos directos medibles a la comunidad afectada, se concluye que los habitantes afectados son consultados y compensados, de manera que el índice se calcula como sigue:

$$I_{PCI} = PR_{IPCI} \frac{HP}{HA} \quad \text{Ecuación 5} \quad HP = HA \quad (3)$$

$$\text{Sustituyendo (3) en Ecuación 5: } I_{PCI} = 0,1283(1)$$

$$\underline{IPCI = 0,1283} \quad (c)$$

²⁵ Íbidem. p. 15.

Cobertura de los recursos limitados

La disponibilidad de recursos medidos en este índice es consultada directamente en el Censo de Población y Vivienda de INEGI.

$$ICRL = PR_{ICRL} \left(\frac{VD+AP+EE}{3} \right) \quad \text{Ecuación 6}$$

$$VD = \frac{V_{POM}+V_{PROC}}{2V_{TOT}} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$\text{Sustituyendo en Ecuación 7: } VD = \frac{1\,659+1\,981}{2(2009)} = 0,9059 \quad (4)$$

$$\text{Sustituyendo (4) en Ecuación 6: } ICRL = 0,0575 \left(\frac{0,9059+0,6655+0,8472}{3} \right) = 0,0575(0,8062) = 0,0464$$

$$\underline{ICRL = 0,0464} \quad (d)$$

Índice de cobertura de las necesidades básicas (ICNB)

Debido a que las fuentes de información no arrojan la precisión geográfica requerida, este índice sólo podrá considerar las necesidades básicas de salud y empleo. El resto de las necesidades básicas no serán tomadas en cuenta.

Su medición se muestra a continuación:

$$ICNB = PR_{ICNB} \left(\frac{NB_{Sa}+NB_{Em}}{2} \right) \quad \text{Ecuación 8}$$

$$NB_{Sa} = \frac{P_{DH}}{P_{total}} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$NB_{Em} = \frac{PEA-PD}{PEA} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$\text{Sustituyendo en Ecuación 9: } NB_{Sa} = \frac{4\,451}{5\,895} = 0,755 \quad (5)$$

$$\text{Sustituyendo en Ecuación 10: } NB_{Em} = \frac{2\,170-112}{2\,170} = 0,9484 \quad (6)$$

$$\text{Sustituyendo (5) y (6) en Ecuación 8: } ICNB = 0,0398 \left(\frac{0,755+0,9484}{2} \right) = 0,0398(0,8517) = 0,0339$$

$$\underline{ICNB = 0,0339} \quad (e)$$

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD

Por último, los resultados de los índices se suman, esperando que esta suma tienda a 1. Dado que en este ejercicio 2 de los índices no fueron incluidos, el peso correspondiente a éstos será tomado en cuenta para generar un resultado con base 1.

$$IS = IPSE + IER + IPCI + ICRL + ICNB \text{ Ecuación 11}$$

$$IS_1 = \frac{IS}{0,6593} \text{ Ecuación 12}$$

Sustituyendo (a), (b), (c), (d) y (e) en Ecuación 11:

$$IS = 0,0653 + 0,1726 + 0,1283 + 0,0464 + 0,0339 = 0,4465 \quad (f)$$

Sustituyendo (f) en Ecuación 12: $IS_1 = \frac{0,4465}{0,6593} = 0,6772$

$$IS_1 = 0,6772$$

¿El proyecto es sustentable?

Existen múltiples índices conmensurables, cuyo resultado busca ser numérico, tal vez uno de los más conocidos es el Coeficiente de Gini, utilizado para medir la desigualdad de ingresos en un país. Para este coeficiente, los rangos “favorables” de desigualdad se encuentran entre 0,29 o menor a este valor, ya que valores superiores a éste muestran una curva de desigualdad mayor a una distribución exponencial. *La designación del valor ideal está en función a la propia construcción del coeficiente.*

La construcción de este instrumento se basa en la transdimensionalidad de las DDS y en el equilibrio que éstas guardan entre sí, es por ello que la mayoría de sus componentes son índices multidimensionales (ver [tabla 6](#)). Si se considera un número de mediciones equitativo entre DDS, previo a ponderar los índices de acuerdo a la prioridad de las necesidades, obtenemos que los siguientes índices mantienen un equilibrio: IPC, IER, IC1, IPCI e ICNB.

Por lo anterior, para este instrumento, se considerará como ideal aquellos valores del Índice de Sustentabilidad igual o mayores que la suma de los índices mencionados, es decir, $IS \geq 0,68$. Con este argumento, el resultado de esta evaluación determina que el PPELV no es idealmente sustentable.

Especificaciones de Diseño del Perfil

Dado que el poder aplicar un modelo que de un resultado numérico implica una recopilación muy vasta de datos y de modelados independientes, el plantear la utilidad y alcance del presente estudio deja los primeros trazos de una comprensión interdisciplinaria necesaria para la resolución de problemas actuales y venideros.

Estas intenciones concluyen el presente trabajo con un concepto conocido en el diseño de productos como Perfil de Diseño del Producto (PDP), que debido a posibles conflictos entre términos y homónimos trabajados en este documento, es preferible llamarlo Especificaciones de Diseño del Perfil (EDP); esto tras el concepto de perfil que se ha manejado desde el primer capítulo, y por el aún apego a los lineamientos aplicables del PDP.

Tabla 17: Especificaciones de Diseño del Perfil

Aspectos Generales	Conjunto de indicadores e índices integradores capaces de evaluar e informar para la toma de decisiones y desarrollo de estrategias sustentables. Están basados en planes y objetivos de la ONU, y asimilados al país mediante políticas y lineamientos nacionales.	
Aspectos de Usuario	Los usuarios finales serán los evaluadores de políticas y estrategias, analistas y estadistas; sin embargo quienes darán uso a este indicador son aquellos que toman decisiones dentro del Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos	
Aspectos Funcionales	Deberá ofrecer una evaluación del plan, proyecto, política o estrategia mediante siete índices, cada uno con distinto peso relativo que en conjunto forman la unidad:	
	Índice	Peso
	Índice de Proyección Socio Económica (IPSE)	0,2611
	Índice de Certificaciones (ICE)	0,1947
	Índice de Energías Renovables (IER)	0,1726
	Índice Compuesto 1 (IC1)	0,146
	Índice de Participación Ciudadana (IPCI)	0,1283
	Índice de Cobertura de los Recursos Limitados (ICRL)	0,0575
	Índice de Cobertura de las Necesidades Básicas (ICNB)	0,0398
	Es posible una mayor definición de este resultado mediante una mayor ampliación de indicadores por índice, y sobre todo, en el modelado del comportamiento de cada uno. Será necesario modificar los valores asignados a las CM, inclusive los mismos índices según cambien las necesidades sociales, ambientales, económicas o políticas en el país.	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes son conclusiones y recomendaciones de este trabajo por orden capitulado.

- ❖ Se requiere esclarecer la interdependencia entre las dimensiones del desarrollo sustentable, de modo que sean contempladas al generar estrategias y acciones, y que éstas no queden sesgadas al incluir sólo una o unas dimensiones.
- ❖ La comprensión de las dimensiones del desarrollo sustentable es posible mediante la colaboración interdisciplinaria, ejemplo de lo anterior es el indicador producto de este trabajo.
- ❖ La ingeniería, el diseño y sus metodologías deben desarrollarse en conjunto con otras disciplinas en vista de construir conocimiento sin limitaciones y de alcanzar objetivos y metas comunes. Esto corresponde a la propia ideología del desarrollo sustentable.
- ❖ Las ciencias y la tecnología son sólo una herramienta para la sociedad y el ambiente. Contrario al pensamiento común de que son solución únicamente de la problemática ambiental mundial.
- ❖ El potencial de generación de energía eoloeléctrica en México es grande y suficiente para sustituir, en gran medida a las plantas de generación eléctrica a base de combustibles fósiles. Sin embargo si se contempla construir parques eoloeléctricos es necesario tomar en cuenta aspectos sociales, culturales y económicos de los lugares aledaños a la construcción.

Este estudio objetualiza sus resultados en una manera numérica y en una aplicación de éstos en un proyecto existente, sin embargo cabe recalcar los siguientes aspectos:

- ❖ Desde el punto de vista de un desarrollo de sustentabilidad social y cultural, cada conjunto o población geográficamente definida tiene características propias que la definen como un sistema, de manera que su balance, prioridades y por tanto, indicadores, varían de sistema a sistema.

- ❖ Los perfiles e índices elaborados en este trabajo toman como base indicadores existentes y medidos por distintas instituciones, principalmente públicas. Es necesario generar la misma información a nivel de localidades urbanas y rurales.
- ❖ Así también, es necesario que las instituciones cuenten con cierta información institucional del sector privado, contenida en documentos como proyecciones económicas, estrategias comerciales y manuales operativos, de manera que se pueda medir en forma conjunta el proceso de sustentabilidad.
- ❖ Es requerido que la información sea generada con el nivel de resolución y precisión requerido, en este caso, a nivel localidad dentro de un municipio.
- ❖ Resulta conveniente generar otro estudio que amplíe los indicadores y que contribuyan a los objetivos de los índices propuestos para así evaluar e informar de manera más precisa.
- ❖ Los sub indicadores deberán ser modificados según cambien las necesidades de la población y del ambiente que les rodee. Estos cambios pueden darse según las condiciones de cada región y del tiempo determinado.
- ❖ Es necesario un proceso similar para cada región (o sistema) en la que se requiera elaborar una evaluación, diseñando un sistema de índices (indicadores) jerarquizados basado en las necesidades particulares.
- ❖ El ejemplo utilizado para este trabajo, el *Proyecto Parque Eólico La Venta III*, arrojó un resultado por debajo del valor establecido para ser considerado idealmente sustentable. Se recomienda una planeación más amplia en materias social y política, con principal énfasis en la generación de empleo.

Lo anterior busca situarse en la construcción de un conocimiento que, de convertirse en educación, lograría romper un eslabón en este círculo sistémico que actualmente conocemos. Con la esperanza que esto ocurra, esta tesis es la propuesta de una herramienta que incorpora las bases de DS, que integra a la ingeniería y que asiste a tal elaborada ideología. Constituye así una solución a una necesidad del DS y toma acción para materializar lo que es considerado hoy día como una utopía.

BIBLIOGRAFÍA Y CONSULTAS

- Achkar, M. (2005). *Indicadores de Sustentabilidad*. Uruguay. Universidad de la República.
- Asimow, M. (1962). *Introduction to Design*.
- Cross, N. (2000). *Engineering Design Methods, Strategies for Product Design*. Inglaterra. Wiley.
- Follari, R. (1999). Foro Nacional de Educación Ambiental. *La interdisciplina en la educación ambiental*. México.
- Maslow, A. (1991). *Motivación y Personalidad*. España. Días de Santos, S.A.
- Nicolescu, B. (2002). *Manifiesto of Transdisciplinarity*. EEUU.
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. CEPAL, Naciones Unidas. Chile
- Ramírez C. M. (2007). *Indicadores: Qué Son y Cómo se Construyen*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ritthof, M. et al (2002). *Calculating MIPS, Resource productivity of products and services*. Wuppertal Institut. Alemania
- Suh, N. (1990). *The Principles of Design*. Oxford University Press.
- Wackernagel, M. y Rees, W. (1990). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Canada
- Wake, W. (2000). *Design Paradigms*. Canadá. John Wiley & Sons.
- Zamudio, F. y Sámano, M. (2010). *Desarrollo Sustentable y su relación con el desarrollo humano o sustentabilidad social: una idea para su medición*.
- Poder Ejecutivo Federal, Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2007); *Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2012*.
- Centro de Estudios de Desarrollo Regional y Urbano Sustentable, Facultad de Economía, UNAM; *Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES)*
- CONUEE (2011); Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía; *Programa de Fomento a la Certificación de Productos, Procesos y Servicios*.
- INEGI (2010); Instituto Nacional de Estadística y Geografía; *Censo de Población y Vivienda 2010*.
- INEGI (2016). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Metodología de Indicadores de la Serie Histórica Censal*.

SEMARNAT (2009); Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; *Programa de Jóvenes hacia la Sustentabilidad Ambiental (PJHSA) 2009-2012*.

SECTUR (2011); Secretaría de Turismo; *Programa de Turismo Sustentable en México*.

SENER (2011); Secretaría de Energía; *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*.

SEMARNAT (2008); Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; *Programa Nacional Hídrico 2007-2012*.

El Banco Mundial (2006); *Project Appraisal Document On A Proposed Grant From The Global Environment Trust Fund In The Amount Of Us\$25.0 Million To The United Mexican States For A Large-Scale Renewable Energy Development Project*.

World Wind Energy Association (2011); World Wind Energy Conference 2011; *World Wind Energy Report 2010*.

Sitios Web

CFE (2010); Comisión Federal de Electricidad; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.cfe.gob.mx/QUIENESSOMOS/ESTADISTICAS/Paginas/Inversionistas.aspx>

CFE; Comisión Federal de Electricidad; *Indicadores de Generación*; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.cfe.gob.mx/QUIENESSOMOS/ESTADISTICAS/Paginas/Indicadoresdegeneraci%C3%B3n.aspx>

CFE; Comisión Federal de Electricidad; *Inversionistas*; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.cfe.gob.mx/QUIENESSOMOS/ESTADISTICAS/Paginas/Inversionistas.aspx>

CICOPLAFEST (2008); Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.siace.com.mx/acuerdos/Acuerdo%20CICOPLAFEST.pdf>

CIMMYT; Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo; Recuperado en enero de 2012, de <http://masagro.cimmyt.org/index.php/ique-es-masagro>

CONAFOR; Comisión Nacional Forestal; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/acerca-de-conafor/que-es-conafor>

Gas Natural Fenosa; Recuperado en enero de 2012; de <http://www.gasnaturalfenosa.com/es/1285338501612/inicio.html>

GWEC; Global Wind Energy Council; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.gwec.net/index.php?id=119&L=0&O=>

IISD; International Institute for Sustainable Development; Recuperado en septiembre de 2014, de http://www.iisd.org/measure/principles/progress/bellagio_full_es.asp

ONU (2008); Organización de las Naciones Unidas; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/mexico/inst.htm#groups>

ONU (2008); Organización de las Naciones Unidas; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/mexico/social.htm>

ONU (2008); Organización de las Naciones Unidas; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/mexico/eco.htm>

ONU (2008); Organización de las Naciones Unidas; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/mexico/natur.htm>

Poder Ejecutivo Federal, Presidencia (2007); Recuperado en enero de 2012, de <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/igualdad-de-oportunidades/superacion-de-la-pobreza.html>

PROFECO (2010); Procuraduría Federal del Consumidor; Recuperado en enero de 2012, de http://www.profeco.gob.mx/educ_div/educ_org.asp

RAE; Real Academia Española; Consultado en enero de 2012, en <http://rae.es/rae.html>

SAGARPA; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.sagarpa.gob.mx/AGRICULTURA/Paginas/subagri.aspx>

SECTUR (2011); Secretaría de Turismo; *Programa de Turismo Sustentable en México*; Recuperado en enero de 2012, de http://www.sectur.gob.mx/PDF/planeacion_estrategica/PTSM.pdf

SEDESOL; Secretaría de Desarrollo Social; Recuperado en enero de 2012, de http://www.sedesol.gob.mx/es/SEDESOL/Programa_Habitat

SEGOB; Secretaría de Gobernación; Recuperado en enero de 2012, de <http://paraosc.segob.gob.mx/work/models/PARAOSC/PDF/semarnat.pdf>

SEMARNAT (2005); Consejo Consultivo Nacional para el Desarrollo Sustentable; *Libro Blanco de la Generación 2005-2007*; Recuperado en enero de 2012, de http://ccds.semarnat.gob.mx/libros_blanco/2005-2007/lb/01_ccdns/introduccion.html

SEMARNAT (2009); Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; *Programa de Jóvenes hacia la Sustentabilidad Ambiental (PJHSA) 2009-2012*; Recuperado en enero 2012, de <http://www.semarnat.gob.mx/programas/semarnat/jovenes/Documents/PJHSA%20%20VF%202011.pdf>

SEMARNAT; Instituto Nacional de Ecología; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.ine.gob.mx/acerca/mision>

SEMARNAT; Sistema Nacional de Indicadores Ambientales; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/snua/Pages/index-snia.aspx>

Vanguardia (22 de abril de 2011); En 2010 la CFE pagó 15 mil mdd a extranjeros por electricidad [en línea]; Vanguardia Sección Negocios – Economía; Recuperado en enero de 2012, de <http://www.vanguardia.com.mx/en2010lafepago15milmdaextranjerosporelectricidad-704023.html>