



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES  
INSTITUTO DE INGENIERÍA

# Análisis del modelo de evolución entrelazada para la generación de indicadores de sustentabilidad en proyectos energéticos

## TESIS

Que para obtener el título de  
**Ingeniera en Energías Renovables**

## PRESENTA

Nydia Xcaret Valladares Arias

## DIRECTOR DE TESIS

Dr. Manuel Martínez Fernández



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



*A Dios.  
A mi mayor motivación, mi mejor ejemplo  
y gran tesoro en la vida, mi familia,  
Edzná, Nydia y Manuel.*

# | Agradecimientos

Este trabajo ni siquiera hubiera iniciado sin el apoyo de mi familia, gracias por estar conmigo y apoyarme a lo largo de estos años. Especialmente gracias por que con su sabiduría, cariño y amor he logrado a ser la persona que soy ahora. Solamente puedo dar gracias a Dios por tenerlos conmigo.

Agradezco especialmente a mi director de tesis, el Dr. Manuel Martínez, por brindarme la oportunidad de iniciar este trabajo, y con su tiempo, apoyo y grandes enseñanzas culminar satisfactoriamente esta etapa.

Mi sincero agradecimiento a la Dra. Karla Cedano por su participación en el desarrollo, comentarios y aportaciones en este proyecto, así como el invaluable conocimiento transferido para mi crecimiento académico y profesional.

Al Dr. Antonio del Río por el tiempo dedicado para el entendimiento del Modelo de Sustentabilidad, además de sus comentarios y aportaciones realizadas. Y sin duda gracias por abrirme la puerta para mi desarrollo profesional.

Al Dr. Jorge Rojas por ser parte de este trabajo desde la visita a Tlaxco, el acercamiento en la aplicación de la encuesta hasta sus observaciones en el trabajo final.

A la Dra. Gabriela Moeller por el interés mostrado para participar como mi sinodal, por las contribuciones y su tiempo dedicado para tener la mejor versión del análisis.

Al Dr. Pável Vázquez por la transferencia de conocimiento en el uso y manejo del Modelo de Sustentabilidad. A la Ing. Tiare Robles y al Ing. Héctor Cortés por su ayuda y soporte para poder emplear el Modelo.

A la Lic. Gardenia Hernández y al Ing. Rogelio Herrera un especial reconocimiento por participar de forma activa en la realización de este trabajo, sin su apoyo no habría sido posible tener como caso de estudio el municipio de Tlaxco.

Al Dr. Eduardo Lugo por su tiempo y paciencia en escucharme y sin querer ayudarme a tomar una decisión tan importante, con la que decidí iniciar este trabajo, un sincero agradecimiento.

Esta gran aventura inició gracias al apoyo de la Lic. Maribel Fernández, gracias por atender mis múltiples llamadas ante el desconocimiento de lo que sería la LIER en un sitio llamado Temixco, y por estar siempre presente a largo de estos años.

Muchas gracias a todos los profesores, por formar parte de la LIER algo tan nuevo para ustedes como para mí, por enseñarme y adentrarme en un gran mundo increíble de conocimiento.

*Last but not least*, a mis amigos por los momentos que hemos compartido y hacer de esta etapa una gran experiencia de vida.

# | Índice general

1. Introducción	1
2. Sustentabilidad	4
3. Indicadores	12
4. Modelo de Sustentabilidad Entrelazada	20
5. Caso de estudio	31
6. Resultados	36
7. Conclusiones	57
A. Encuesta de percepción de desarrollo sustentable	67
B. Catálogo de indicadores	70
C. Generación Matriz $J^0$	79

# Índice de cuadros

6.1. Conjunto de vectores y huellas del grupo Empresarios. . . . .	38
6.2. Indicadores propuestos por el grupo Empresarios. . . . .	39
6.3. Conjunto de vectores y huellas del grupo Gobierno. . . . .	40
6.4. Indicadores propuestos por el grupo Gobierno . . . . .	42
6.5. Conjunto de vectores y huellas del grupo Sociedad. . . . .	43
6.6. Indicadores propuestos por el grupo Sociedad . . . . .	45
6.7. Conjunto de vectores y huellas del grupo Tlaxco. . . . .	47
6.8. Indicadores propuestos por el grupo Tlaxco. . . . .	48
6.9. Análisis de peso por indicadores. . . . .	49
6.10. Indicadores propuestos por un grupo. . . . .	51
6.11. Indicadores propuestos por dos grupos . . . . .	51
6.12. Indicadores elegidos por tres grupos . . . . .	52
6.13. Indicadores elegidos por el grupo Tlaxco . . . . .	53
6.14. Indicadores elegidos por un grupo y el grupo Tlaxco . . . . .	53
6.15. Indicadores elegidos por dos grupos y el grupo Tlaxco . . . . .	53
6.16. Indicadores elegidos por tres grupos y el grupo Tlaxco . . . . .	54
C.1. Respuestas encuesta en valor numérico. . . . .	80
C.2. Conteo de respuestas. . . . .	80

# 1 | Introducción

## Descripción del Trabajo

El caso de estudio se estableció en el municipio de Tlaxco, ubicado en el estado de Tlaxcala, mismo que cuenta con el nombramiento de Pueblo Mágico. La metodología propuesta aplicada incorpora la innovación social, esta inició con la socialización de conceptos acerca del desarrollo sustentable, se definieron grupos conformados por los actores relevantes definidos en sociedad, empresarios y miembros del Ayuntamiento Municipal. Asimismo, se generó un catálogo de indicadores de sustentabilidad, a los que se les determinó una huella, con la finalidad de identificarlos ya que se tiene un conjunto de perfiles diversos.

El algoritmo de evolución entrelazada fue utilizado en el proceso como un instrumento en la identificación del mejor conjunto de indicadores. Por esta razón, fue necesario aplicar una encuesta a los actores relevantes, con el objetivo de definir el escenario específico con base en la percepción de sustentabilidad de cada grupo.

Finalmente, los resultados se obtuvieron por medio del uso del algoritmo, la integración de opiniones de expertos en el área, así como el conocimiento previo del entorno. Lo cual permitió realizar la selección de los indicadores de sustentabilidad apropiados para proyectos energéticos que pueden ser desarrollados en el municipio de Tlaxco.

## **Justificación**

Actualmente somos testigos y víctimas de cambios en los fenómenos meteorológicos que resultan en grandes inundaciones o sequías, el registro de altas temperaturas en la atmósfera y océanos, el deshielo de los polos y el aumento del nivel del mar. Estos acontecimientos son derivados de las altas emisiones de CO<sub>2</sub>, principal Gas de Efecto Invernadero (GEI) responsable del cambio climático, como consecuencia de las desmesuradas cantidades de combustibles fósiles utilizadas a nivel mundial.

Por este motivo, el término ‘desarrollo sustentable’ ha tomado gran fuerza en fechas recientes, y se ha incrementado la adopción de iniciativas y acciones desde nivel local hasta internacional. Las cuales están encaminadas hacia la mitigación y adaptación de los daños causados al ambiente.

Una de las formas más utilizadas para medir los avances hacia el desarrollo sustentable es a través de indicadores. Es por esto, que a lo largo del tiempo han trabajado expertos en diversas metodologías y propuesto indicadores, en aspectos que cubren los cuatro ejes de la sustentabilidad, es decir, económico, ambiental, institucional y social.

Por lo tanto, el presente trabajo se basa en elegir un conjunto idóneo de indicadores de sustentabilidad para proyectos energéticos en los que se considere a los actores relevantes de la comunidad de Tlaxco.

## **Objetivo General**

Seleccionar con algoritmos de evolución entrelazada el conjunto idóneo de indicadores de sustentabilidad para proyectos energéticos ubicados en el municipio de Tlaxco, Tlaxcala, tomando en cuenta a los actores relevantes.

## **Objetivos específicos**

- Generar un catálogo de indicadores de desarrollo sustentable aplicable a proyectos energéticos.

- Identificar a grupos de actores relevantes en Tlaxco, Tlaxcala para realizar la encuesta de desarrollo sustentable.
- Aplicar a los actores relevantes de Tlaxco la encuesta de percepción de desarrollo sustentable en la entidad.
- Desarrollar escenarios específicos con base en la percepción de desarrollo sustentable en Tlaxco.

## 2 | Sustentabilidad

Desde hace unos años, la creciente preocupación por el ambiente y el cambio climático en conjunto con problemas de pobreza, el incremento en la disparidad entre sociedades y tensiones provocadas por la desigualdad social ha posicionado al desarrollo sustentable bajo los reflectores [1].

A partir de las primeras publicaciones con los términos de sustentabilidad y desarrollo sustentable, se han realizado miles de iniciativas a nivel local, nacional y global como intentos por abordar diferentes aspectos de los desafíos ambientales. La influencia del concepto ha incrementado significativamente, a nivel nacional e internacional en el desarrollo de políticas, volviéndolo así el elemento central en documentos de políticas de gobiernos, agencias internacionales y organizaciones empresariales [2].

De igual forma, Kuhlman y Farrington [3] mencionan que el término sustentabilidad se ha popularizado en la investigación orientada a las políticas como una expresión de lo que las políticas públicas deberían lograr.

La gran popularidad en la aplicación del término sustentabilidad ha permitido una amplia variedad de interpretaciones. Por lo tanto, se presentan una serie de definiciones de sustentabilidad, para comprender el significado que se ocupará en el presente trabajo.

Originalmente, el concepto de sustentabilidad se acuñó en el sector forestal, en donde el significado se refiere a nunca cosechar más de lo que el bosque produce en un nuevo crecimiento [3].

La pregunta que se realizaron Brundtland y sus colegas es: ¿Cómo se pueden conciliar las aspiraciones de las naciones del mundo para una vida mejor con recursos naturales limitados y los peligros de la degradación ambiental? La respuesta es el desarrollo sustentable, que en palabras de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED, por sus siglas en inglés) es: “Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” [4].

En 1987 se presentó dicha definición en el reporte final de la WCED llamado *Our Common Future*, a partir de esta fecha se colocó como una de las más populares y además proporciona una visión general del estado del medio ambiente. En específico, el concepto de sustentabilidad ha estado relacionado principalmente a temas ambientales desde los años setenta hasta los noventa [1].

Desde entonces han existido dos grandes desarrollos en el concepto de sustentabilidad. El primero es la interpretación en términos de tres dimensiones, las cuales deben estar en armonía: social, económico y ambiental.

El segundo es la distinción entre sustentabilidad fuerte o débil. Este desarrollo se basa en los recursos existentes heredados a futuras generaciones. Mientras algunos aseguran que es inevitable la pérdida de recursos naturales, esto puede ser compensado con el aumento de capital. Sin embargo, otros expertos se oponen a esta idea y sienten que la sustentabilidad es cuestión de preservar los recursos naturales esenciales para la supervivencia [3].

Específicamente sustentabilidad fuerte se define como [5]: “Que la próxima generación debería heredar una reserva de riqueza que comprenda bienes hechos por el hombre y bienes ambientales, no menores a la reserva heredada por la generación anterior”. Mientras que sustentabilidad débil se describe como [5]: “Que la próxima generación debería heredar una reserva de bienes ambientales no menor a la reserva heredada por la generación anterior”.

Por otra parte, en el ámbito social la definición dada por la WCED se centra en la reconciliación de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. En este contexto, la exclusión de la participación en la vida social, económica y política de una comunidad se consideraba el núcleo del concepto de equidad social, ya que podía conducir al racismo y la discriminación. Asimismo, el discurso social se ha desarrollado hacia corporaciones asociadas con la noción de la responsabilidad social desde el punto de vista de los empresarios. De acuerdo con las definiciones de Responsabilidad Social Empresarial o Corporativa (CSR, por sus siglas en inglés) Davis [1] menciona que este se refiere a: “Las decisiones y acciones de los empresarios tomadas por razones al menos parcialmente más allá del interés económico o técnico directo de la empresa”.

Desde la perspectiva de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el año 2000 se establecieron los Objetivos de Desarrollo del Milenio (MDGs, por sus siglas en inglés) después de la Conferencia de Kyoto, en 1997, con la finalidad de abordar preocupaciones sociales. Los 8 objetivos se centran en derechos y necesidades en temas que incluyen pobreza, educación y el combate contra el SIDA [1].

De acuerdo con la ONU en su Agenda para el Desarrollo, la definición de sustentabilidad integra las tres dimensiones antes mencionadas (social, económico y ambiental):

El desarrollo es una empresa multidimensional para lograr una mejor calidad de vida para todos los pueblos. El desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente son componentes interdependientes y que se refuerzan mutuamente del desarrollo sostenible [6].

Además de las dimensiones que engloba el término de sustentabilidad, Tagüeña y Martínez [7] proponen como desarrollo sustentable alcanzar el bienestar de las personas al considerar simultáneamente aspectos sociales, económicos, ambientales e institucionales, con atención especial a los más desprotegidos del presente y a las generaciones futuras.

En el documento titulado *The Future We Want*, publicado por la ONU durante la reunión de Río de Janeiro en 2012, se reconoce la necesidad

de seguir incorporando el desarrollo sustentable en todos los niveles, al integrar los aspectos económicos, sociales y ambientales y reconociendo sus interrelaciones, a fin de lograr el desarrollo sustentable en todas sus dimensiones. Asimismo, se reconoce la importancia de la erradicación de la pobreza, cambio y promoción en los patrones de consumo y producción de los recursos naturales, así como protección y gestión de los mismos como objetivos principales y requisitos esenciales para el desarrollo sustentable.

Por lo tanto, la ONU reafirma la necesidad de promover un crecimiento económico sostenido, inclusivo y equitativo. De tal forma que se reduzcan las desigualdades, se eleven los niveles básicos de vida, fomentando el desarrollo social equitativo e inclusivo, y promoviendo la gestión integrada y sostenible de recursos naturales y ecosistemas. Lo cual apoya al desarrollo económico, social y humano, además de facilitar la conservación, regeneración, restauración y resiliencia de los ecosistemas.

En ese mismo documento identifican a la democracia, el buen gobierno y el estado de derecho a nivel nacional e internacional, y un entorno propicio, como elementos esenciales para el desarrollo sustentable. Sin olvidar el crecimiento económico sostenido e inclusivo, el desarrollo social, la protección ambiental, y la erradicación de la pobreza y el hambre. También se menciona que para alcanzar los objetivos se necesitan de instituciones en todos los niveles que sean eficaces, transparentes, responsables y democráticas.

Por último, se hace énfasis en que el desarrollo sustentable requiere una acción concreta y urgente, y solo se puede lograr con una amplia alianza. La cual se encuentra compuesta por personas, gobiernos, sociedad civil y el sector privado, todos trabajando juntos para asegurar un mejor futuro para las generaciones presentes y futuras. De esta manera, se reconoce la importancia de involucrar a los tomadores de decisiones importantes en la planificación e implementación de políticas de desarrollo sustentable, incluyendo la participación de ciudadanos y las partes interesadas proporcionando información relevante en las dimensiones que componen al desarrollo sustentable.

Igualmente se identifica que la unión activa entre el sector privado y público contribuirán en la implementación del desarrollo sustentable. Para lo cual, se esperan alianzas entre ambos sectores, y el establecimiento de marcos normativos que permitan a las empresas e industrias avanzar hacia la sustentabilidad. En específico para países en desarrollo, como México, reconocen la importancia de las contribuciones en la comunidad científica y tecnológica al desarrollo sustentable, el trabajo que se debe realizar para cerrar la brecha tecnológica actual y fortalecer la interfaz ciencia y política existente [8].

Asimismo, dentro de las acciones establecidas para promover la prosperidad y proteger el ambiente en el año 2015 la ONU planteó 17 objetivos denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas en la Agenda 2030. En los cuales se busca ampliar el éxito alcanzado con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y lograr las metas que no fue posible alcanzar para el año 2030 [9].

Los temas que se abordan en los 17 ODS son: fin de la pobreza; hambre cero; salud y bienestar; educación de calidad; igualdad de género; agua limpia y saneamiento; energía asequible y no contaminante; trabajo decente y crecimiento económico; industria, innovación e infraestructura; reducción de las desigualdades; ciudades y comunidades sostenibles; producción y consumo responsables; acción por el clima; vida submarina; vida de ecosistemas terrestres; paz, justicia e instituciones sólidas; y, alianzas para lograr los objetivos [9].

Para el cumplimiento de los ODS se exhorta a todos los países, sin hacer diferencias por los ingresos de cada uno de ellos, a adoptar medidas para promover la prosperidad mientras se protege al planeta. Por este motivo, se reconoce que las iniciativas para terminar con la pobreza deben ir de forma paralela con estrategias para favorecer el crecimiento económico y necesidades sociales, a la vez que se trabaje para evitar el cambio climático y promover la protección del medio ambiente [9].

Cabe mencionar que al acordarse los ODS se reconoce que cada país se enfrenta a problemáticas distintas, siendo los ODS de carácter integrado e indivisible, de alcance mundial y de aplicación universal. Se toma en

cuenta, como se mencionó, las problemáticas de cada país, capacidades y niveles de desarrollo, y respetan las políticas y prioridades establecidas previamente. Por lo que cada nación tiene la decisión de incorporar los objetivos y metas mundiales en sus procesos de planificación, políticas y estrategias nacionales [10].

Los ODS no son jurídicamente obligatorios, sin embargo, se tiene la expectativa que los países los adopten como propios y se establezcan marcos nacionales en cada uno de ellos para lograrlos. Es por esto que el éxito de los 17 ODS y su cumplimiento se basará en las políticas, planes y programas de desarrollo sustentable de los países. De esta manera, se espera que cada país de seguimiento y examen de los progresos obtenidos con base en el cumplimiento de los objetivos y metas, para lo cual se requiere de la recopilación de datos de calidad, accesibles y oportunos [11]. Como se indica en el documento *The Future We Want*, se aspira que las partes participantes sean gobiernos, sociedad civil y sector privado para la consecución de los objetivos [8].

La supervisión del cumplimiento de los ODS y las metas se planteó que sería mediante un conjunto de indicadores mundiales, además, los gobiernos desarrollarían sus propios indicadores nacionales para participar en el seguimiento de los progresos generados [9].

En México, la participación en la elaboración de la Agenda 2030 fue muy activa en foros de consulta, al asistir y liderar el proceso de negociación. A parte de presentar propuestas específicas en la incorporación de principios de igualdad, inclusión social y económica, impulsó la universalidad, sustentabilidad y derechos humanos como los ejes rectores de la Agenda 2030. Se respaldó la adopción del enfoque multidimensional de la pobreza, se considera el ingreso de las personas, toma en cuenta el acceso efectivo a derechos básicos como alimentación, educación, salud, seguridad social y servicios básicos en la vivienda [12].

México sigue manteniendo su participación en la implementación de la Agenda 2030 en actividades al ser uno de dos países voluntarios para la presentación de avances sobre los ODS ante el Foro Político de Alto Nivel en Desarrollo Sostenible [12]. En 2015, se realizó la instauración del

Comité Técnico Especializado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible con la participación de dependencias de la Administración Pública Federal (Presidencia de la República-Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI), en 2016 se instaló en la LXIII Legislatura un grupo de trabajo en el Senado de la República sobre la Agenda 2030, mismo que dio seguimiento y respaldo al cumplimiento de los ODS desde el Poder Legislativo. También se encuentra disponible una Guía para Incorporar el Enfoque de la Agenda 2030 en la Elaboración de Planes Estatales y Municipales de Desarrollo que elaboró el Gobierno Federal. En algunos estados del país como Chihuahua, Colima, Hidalgo, Nuevo León, Puebla y Sinaloa los ODS ya fueron incorporados en sus planes de desarrollo [13]. Finalmente, se planteó para 2018 terminar la elaboración de la Estrategia Nacional para la Puesta en Marcha de la Agenda 2030, en la que se definirán prioridades, metas, indicadores y retos a cumplir [14].

En un trabajo previo la Presidencia de la República definió los retos existentes a los que se enfrenta el país para el completo cumplimiento de los ODS, estos son: la coordinación estratégica de las entidades que se encuentran encargadas de los distintos aspectos de la agenda así como la asignación de un presupuesto específico para el tema; inclusión de los actores de la sociedad en la estrategia de implementación de la Agenda; lograr impacto en los distintos órdenes y niveles de gobierno; consolidar una cooperación exitosa en la que todos participen; construir un plan de comunicación efectivo [15].

Cabe destacar que una buena práctica reconocida es la plataforma informática, misma que fue creada por iniciativa de la Oficina de la Presidencia de la República y la Junta de Gobierno del INEGI para dar seguimiento a los ODM. En dicha página se encuentra información respecto al monitoreo de los ODM, informes donde el último disponible corresponde al año 2015, indicadores de México, calendario de actualización y consulta de información de indicadores [16].

De igual forma, se creó el Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SIODS), en donde se encuentra información

disponible con relación al avance en el seguimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [17].

Asimismo, el Comité Técnico Especializado en los ODS desarrolló un plan de trabajo desde 2016 hasta 2018 en el cual se estipularon una serie de actividades para materializar la adopción de la Agenda 2030. En él se conformó el marco nacional, donde se identificaron los indicadores a los que se les da seguimiento en relación con las necesidades específicas del país, agregando los que resulten de una serie de consultas en el sector académico, sociedad civil y sector empresarial.

En el plan de trabajo se establecieron cuatro actividades específicas estas son: instalar y operar el Comité Técnico Especializado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (CTEODS); mantener en operación el Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (SIODM) y dar seguimiento a la actualización de los indicadores conforme al calendario correspondiente, en tanto así se determine mediante los mecanismos del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) y de conformidad con los acuerdos del Comité Técnico Especializado del Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (CTESIODM) y del CTEODS; participar en eventos internacionales para la definición de los indicadores de los ODS y la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible; organizar mesas de trabajo interinstitucionales para el análisis de indicadores y metas de los ODS con el objetivo de evaluar la capacidad de México para generar indicadores que den seguimiento a los ODS y establecer los acuerdos correspondientes a la generación y monitoreo de los mismos [18].

## 3 | Indicadores

Además de la gran popularidad adoptada por el término de desarrollo sustentable, se promueve la necesidad de introducir indicadores sobre dicho tema. Un gran número de instituciones y científicos alrededor del mundo, trabajan en la formación de nuevos indicadores que puedan ampliar la evaluación existente de desarrollo, que actualmente la mayoría consiste en aspectos económicos o el Producto Interno Bruto (PIB).

Con el objetivo de mejorar las relaciones y actitudes hacia el medio ambiente, es necesario mostrar la justificación económica y social de acciones en concreto, la evaluación de su impacto en el medio ambiente y la comunidad. Lo cual es posible hacer mediante el uso de indicadores.

Anteriormente se han hecho trabajos significativos sobre indicadores, índices ambientales y de desarrollo sustentable desde la década de los noventa. Hasta la fecha, se han propuesto diversas metodologías distintas entre sí [19].

Específicamente, un indicador es una medida generalmente cuantitativa, que se puede ocupar para ilustrar y comunicar un fenómeno complejo, incluyendo tendencias y progreso a lo largo del tiempo.

De acuerdo con el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF, por sus siglas en inglés), un indicador proporciona una clave para una cuestión de mayor importancia o hace perceptible una tendencia o fenómeno que no es inmediatamente detectable; es un signo o síntoma que hace que algo se sepa con un grado razonable de certeza; revela, da

evidencia, y su significado se extiende más allá de lo que realmente se mide a un fenómeno más amplio de interés [20].

Existe una amplia variedad de indicadores relevantes para el desarrollo sustentable en sus dimensiones social, económico, ambiental e institucional. Generalmente, los indicadores de energía reflejan tasas o cantidades y, a niveles desagregados, pueden describir relaciones entre el uso de energía, actividades humanas y económicas e impactos ambientales [21].

En la Cumbre de la Tierra en 1992 organizada por la ONU, se reconoció la importancia del papel que tienen los indicadores en poder ayudar a los países en la toma de decisiones informadas concernientes al desarrollo sustentable. Dicho reconocimiento se encuentra estipulado en la Agenda 21, en la cual se hace un llamado a los países a nivel nacional, así como organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, para desarrollar indicadores de desarrollo sustentable [22].

Los indicadores en energía no son simplemente estadísticas, más bien, estos se extienden más allá de estadísticas básicas que proveen mayor entendimiento de las relaciones causales entre energía, ambiente y economía, así como resaltar los vínculos que no suelen ser evidentes con estadísticas simples [23].

Los legisladores necesitan formas para medir y evaluar los efectos actuales y futuros en el uso de energía en la salud, sociedad, aire, suelo y agua. Los elaboradores de políticas necesitan saber la situación actual del país, concernientes en temas energéticos y sostenibilidad económica, lo que se necesita mejorar y como se pueden lograr tales mejoras. Por lo tanto, es importante para este grupo de personas entender las implicaciones de programas energéticos, ambientales y económicos seleccionados, los impactos en la estructuración del desarrollo y la viabilidad en la realización de este desarrollo de forma sustentable [22].

La información que se obtiene a partir de los indicadores es especialmente valiosa en la evaluación de herramientas como impuestos, regulaciones, o acuerdos voluntarios, en cuanto a su validez y efectividad para cumplir con los objetivos de sustentabilidad [24].

De forma más general, los indicadores pueden contribuir en descubrir los llamados factores de insustentabilidad de acuerdo con [25] (citado en [24, p.42]) y dar recomendaciones para reducir su influencia. De forma contraria, los indicadores pueden ser usados para seleccionar el mejor conjunto posible de alternativas para poder implementarlas [24].

Otro uso que se les da a los indicadores es el monitoreo al desempeño y el progreso de unidades determinadas (productos, tecnologías, plantas, países, etc.) con el paso del tiempo [24].

De acuerdo con lo presentado en [26–29] (citado en [24, p.42]), hasta ahora los indicadores de sustentabilidad se han desarrollado principalmente a nivel más global, es decir, a nivel estatal o nacional.

En conjunto, los indicadores pueden dar una imagen de todo el sistema energético, incluyendo los vínculos y compensaciones entre las distintas dimensiones del desarrollo sustentable, así como las implicaciones a largo plazo de las decisiones y comportamientos actuales. Los cambios en los valores de los indicadores con el paso del tiempo, muestran el progreso o falta de este hacia el desarrollo sustentable [22].

Uno de los conjuntos de indicadores más completos, en materia de desarrollo sustentable, fue logrado por las Naciones Unidas en el que se incluyen las dimensiones social, ambiental, económico e institucional. Sin embargo, este conjunto fue diseñado específicamente para la medición y comparación entre países [30].

En este sentido, la construcción de un conjunto integral de indicadores otorga la posibilidad de tener mejor información para lograr una mejor definición en la planificación de objetivos y su seguimiento. También puede ser una tarea que involucre a la participación de la ciudadanía e interinstitucional en su gestión [30].

Para tener un conjunto de indicadores exitoso se debe ser claro con los objetivos y como se espera alcanzarlo. Para lo cual es importante centrarse en los resultados previstos, los procesos políticos y sociales, y los cambios institucionales necesarios para lograr dichos resultados, como

en la tarea de medición misma. Los diferentes objetivos probablemente implicarán distintos enfoques, es improbable que un conjunto de indicadores pueda informar de forma simultánea a los responsables de la formulación

Se debe ser realista sobre lo que el conjunto de indicadores puede lograr. El rol más importante de los conjuntos de indicadores puede ser enmarcar los temas y definir los problemas, en lugar de sugerir las soluciones. Asimismo, los indicadores pueden ayudar a clarificar y cuantificar los objetivos y estrategias de las políticas. Por último, los indicadores locales pueden tener una mayor posibilidad de fomentar el cambio debido al mayor potencial de reunir a los actores clave en el proceso de desarrollo [31].

Durante la preparación de los indicadores no se debe minimizar la importancia del proceso. Los indicadores influyentes deben ser creíbles (técnicamente sólidos), destacados (relevantes para las necesidades del usuario) y legítimos (seleccionados para reflejar los valores compartidos de las diferentes partes interesadas). Para generar confianza en la legitimidad de los indicadores, se deben incluir aquellos grupos o personas que se espera utilicen los indicadores (responsables de políticas, partes interesadas de la sociedad, como Organizaciones No Gubernamentales) en el proceso desde el comienzo, así como a los expertos técnicos. Es posible que el proceso en sí brinde beneficios más profundos y duraderos que el indicador establecido. Un proceso puede crear nuevas relaciones de trabajo y construir una comprensión compartida de los problemas, entre quienes trabajan en diferentes disciplinas o que representan diferentes intereses [31].

Para finalizar, se debe pensar a largo plazo además de ser persistente y flexible. Los cambios generalmente llevan tiempo desde años o inclusive décadas. Es por eso que, para la estabilidad a largo plazo, los indicadores deben estar adecuadamente institucionalizados. Además, si se desea fomentar el cambio de políticas, se requiere el apoyo de las partes interesadas en ellas. Se debe estar preparado para ajustar el conjunto de indicadores y los métodos, según vayan cambiando las necesidades y conforme se aprendan de los errores [31].

La necesidad existente de tomar decisiones informadas y equilibradas sobre políticas, inversiones y medidas correctivas, conllevan al uso y aplicación de indicadores en todos los sectores. Específicamente en el sector energético, en la selección de fuentes primarias de energía y tecnologías asociadas a la producción, entrega y uso de los servicios de energía, es importante considerar las consecuencias económicas, sociales y ambientales. Por lo tanto, los conjuntos de indicadores arrojan información relevante para determinar si el uso y consumo de energía es sustentable y, de no ser así, cambiar el modelo a uno que lo sea, labor que tienen los formuladores de políticas [23].

En general, para lograr un desarrollo económico sostenible a escala global se requiere del uso consciente de los recursos, tecnología, incentivos económicos y planificación de políticas estratégicas a nivel local y nacional. También requiere de un monitoreo constante de los impactos causados por políticas y estrategias seleccionadas para conocer si estas promueven el desarrollo sustentable o se deben realizar ajustes. De tal manera, como ya se ha mencionado, es importante poder medir el estado de desarrollo de un país y monitorear su progreso o falta de este hacia la sustentabilidad [23].

Una serie de pasos para este monitoreo y establecimiento de acciones hacia la sustentabilidad implica, primero, que los responsables políticos conozcan el estado actual del país, principalmente, en materia energética y económica, los aspectos que se deben mejorar y como se pueden lograr estas mejoras. Posteriormente, es de gran importancia que se entiendan las implicaciones e impactos de los programas, políticas y planes energéticos, medioambientales y económicos seleccionados por las autoridades correspondientes. Los cuales tienen como finalidad alcanzar las metas y objetivos establecidos para avanzar en el camino hacia la sustentabilidad [23].

Desde el año 1998, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha realizado una serie de talleres para la exploración de metodologías e indicadores nuevos con los que se pueda medir el progreso hacia el desarrollo sustentable. Han presentado marcos conceptuales en los que se abordan temas específicos y enlaces de información

con el desarrollo sustentable como: Sistema de Cuentas Nacionales, Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas integradas, Medición de la pobreza, Capital social, Ahorro efectivo, Flujo de materiales, Papel de la tecnología, entre otros [32].

De acuerdo con la Agenda 21 [33] (citado en [32, p.2]), “los indicadores de desarrollo sustentable necesitan ser desarrollados para proporcionar bases sólidas para la toma de decisiones en todos los niveles, y contribuir a autorregular la sustentabilidad de los sistemas integrados del ambiente y el desarrollo”. Además de ser un punto de referencia en la evaluación del bienestar y sustentabilidad de un país.

En este sentido, la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) de Naciones Unidas desarrolló un esquema metodológico en el que se enfoca la sustentabilidad en cuatro dimensiones, como se mencionó previamente, estas son económico, social, ambiental e institucional [32]. Este trabajo fue realizado con apoyo de expertos y representantes de países interesados a partir del Programa de Trabajo sobre Indicadores de Desarrollo Sustentable 1995-2000.

Los indicadores fueron diseñados y clasificados con base en criterios temáticos que cubren lo referido en la Agenda 21, mismos que se clasificaron en cuatro categorías (económico, ambiental, social e institucional) y se encuentran distribuidos de acuerdo con el esquema Presión-Estado-Respuesta (PER). De tal forma que de un total de 134 indicadores estos se agrupan de la siguiente forma: presión 43, estado 54 y respuesta 37 [32].

Los criterios bajo los que crean los indicadores son los siguientes:

Ser de fácil elaboración y comprensión; contribuir a inculcar y reforzar la conciencia pública sobre los aspectos de la sustentabilidad y promuevan la acción a nivel local, regional o nacional; ser relevantes para la medición y evaluación del progreso hacia el desarrollo sustentable; ser factibles de elaborarse a nivel nacional u otras escalas geográficas, considerando: la capacidad nacional, la disponibilidad de información básica, el tiempo de elaboración y las priorida-

des nacionales; estar fundamentados conceptualmente para facilitar comparaciones objetivas en los niveles nacional e internacional; ser susceptibles de adaptarse a desarrollos metodológicos y conceptuales futuros; ayudar a identificar aspectos prioritarios o de emergencia, orientando nuevas investigaciones; cubrir la mayoría de los temas de la Agenda 21 y otros aspectos del desarrollo sustentable [32].

Un grupo de 22 países, entre ellos México, han ocupado el esquema conceptual e indicadores de la Comisión de Desarrollo Sustentable. Estos países han diseñado y desarrollado sus propias herramientas para el análisis y medición, donde posteriormente con base en un conjunto de indicadores dan seguimiento a políticas, estrategias y prioridades en relación con el desarrollo sustentable [32].

Específicamente para el caso de México, el INEGI y el Instituto Nacional de Ecología (INE), ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), coordinaron mecanismos de consulta en colaboración con otras instituciones nacionales para recopilar e integrar información que serviría para la construcción de indicadores. También optaron por trabajar en todos los indicadores propuestos por la Comisión de Desarrollo Sustentable, a pesar de la dificultad que esto implicaba. Por lo que el plan, en caso de no contar con la información para los indicadores propuestos, fue recopilar datos básicos hasta donde se pudiera y así construir un indicador alternativo [32].

De tal forma, se generaron 113 indicadores de sustentabilidad de un total de 134, de los cuales 39 son de presión, 43 de estado y 31 de respuesta. Con relación al número de indicadores propuestos por la Comisión de Desarrollo Sustentable los porcentajes obtenidos fueron de 90.7 %, 79.6 % y 83.8 % respectivamente. Por lo tanto, se consideran satisfactorios los resultados alcanzados. Con base en las dimensiones del desarrollo sustentable 35 indicadores son de la dimensión social, 19 económicos, 44 ambientales y 15 institucionales [32].

Asimismo, existen indicadores para situaciones específicas, por ejemplo, cómo los tomadores de decisiones pueden seleccionar la mejor alternativa para la gestión de residuos de forma sustentable en un caso parti-

cular. En esta situación, se hace mención que la elección de la opción conveniente para el manejo y tratamiento de residuos tiene que ver con distintas realidades, que abordan los conjuntos de factores esenciales para una solución sustentable a nivel local. En la cual, se integran desde objetivos comunitarios, ambientales y gubernamentales hasta el estado actual de las interacciones entre ellos [34].

El que se cuente con una opción costosa, no significa que sea la más viable en términos ambientales. Por tal motivo, la decisión depende de las necesidades y características de la ciudad, aspectos demográficos locales, hábitos de la sociedad, así como de otros aspectos [34].

En situaciones específicas o locales, una forma de hacer la mejor selección de alternativas es a través de indicadores que consideran las dimensiones del desarrollo sustentable y que caractericen las comunidades, y posteriormente aplicar el Proceso Analítico de Jerarquización (AHP, por sus siglas en inglés). Como se realizó en [34] para evaluar y seleccionar la mejor forma de generar energía a partir de residuos.

Por medio de este proceso sistemático, se representan los elementos de algún problema, donde se organizan hechos básicos a partir de la descomposición del mismo en partes más pequeñas y se desarrolla una comparación en pares. Además de hacer uso de métodos como clasificación directa, comparación por pares y análisis de árbol de valores, se clasifican y se entregan resultados que pueden ser justificados de acuerdo con el enfoque del tomador de decisiones. Donde la objetividad de los resultados finales, está garantizada por el análisis comparativo de los escenarios generados a partir de: la definición del contexto (basados en las dimensiones que conforman el desarrollo sustentable); la selección de indicadores cuantitativos relacionados con las tecnologías; la evaluación de aspectos institucionales y sociales como generación de trabajo, estructura legal, etc; la evaluación de las tecnologías y ranqueo de prioridades con base en las preferencias de los tomadores de decisiones; la estructuración y evaluación de los indicadores por su importancia basados en los distintos tipos de tomadores de decisiones simulados en el modelo [34].

## 4 | Modelo de Sustentabilidad Entrelazada

El Modelo de Sustentabilidad Entrelazada o Enredada representa el comportamiento de una comunidad y permite elegir un conjunto mínimo de indicadores de sustentabilidad necesarios, para lograr que dicho sistema emprenda el camino al desarrollo sustentable en sus cuatro dimensiones. Por lo tanto, el objetivo de este Modelo es sugerir un conjunto relevante de indicadores útil para monitorear la sustentabilidad de una comunidad específica [35].

Derivado del Modelo de Naturaleza Enredada, la dinámica propuesta en este Modelo es de carácter evolutivo, por lo que los indicadores se relacionan incluso cuando estos no se encuentran directamente conectados, ya que de inicio se habla de un sistema complejo (todos los sistemas sociales lo son, y si se recuerda la interacción de las cuatro dimensiones de la sustentabilidad, son un ejemplo claro y típico de este comportamiento complejo y por esta razón susceptible de analizarse con este Modelo de Enredamiento). De tal modo, se le denomina enredamiento a la red definida junto a la dinámica de interacciones entre indicadores [35].

La base para el desarrollo de este Modelo, es el Modelo de Naturaleza Enredada, el cual trata acerca de la disminución o aumento de las especies al tomar como referencia la competencia entre ellas por los recursos existentes de su mismo entorno [36]. Un ejemplo de esto puede ser la interacción entre conejos y zorros, por una parte, los zorros tenderán a comer a los conejos y de forma contraria los conejos representan la

disponibilidad de fuente de comida que ayudará a mantener a los zorros. Además de las posibles interacciones colaborativas, competitivas o neutrales que se puedan llegar a dar entre dos individuos, también se toman en cuenta aspectos como reproducción, mutación, aniquilación, periodo de tiempo y estabilidad.

Para finalizar, el Modelo evalúa el comportamiento a largo plazo y consiste en un número variable de individuos coevolucionando en el mismo espacio físico. Lo cual da como resultado la capacidad de un individuo para prosperar dependiendo de su composición genética y de los otros individuos presentes en el ambiente, como el ejemplo entre zorros y conejos. Dando como resultado poblaciones estables por muchas generaciones y permitir que las especies coexistan de forma tranquila durante periodos de tiempo con pequeñas variaciones o composición de la población [37].

En este sentido, se puede observar la relación existente entre el Modelo de Naturaleza Enredada con los modelos que se utilizan para modelar la dinámica poblacional. En los cuales se ocupan distintos métodos matemáticos y se representan crecimientos, en algunas ocasiones sin restricciones, mientras que en otros casos se incluyen frenos determinados. Estos modelos se ocupan para poder describir de forma precisa cambios en una población y para predecir cambios futuros.

En general, existen dos modelos uno de crecimiento exponencial y otro de crecimiento logístico. Mientras que en el primero la tasa de crecimiento no cambia inclusive si la población se vuelve grande (por ejemplo, las bacterias), en el segundo la tasa de crecimiento disminuye conforme la población alcanza su tamaño máximo (por ejemplo, la levadura), ya sea por los recursos limitados o la capacidad de carga del ambiente [38]. Siendo el modelo de crecimiento logístico el más apegado al que se utiliza en el presente trabajo, ya que se genera una competencia entre los indicadores derivada de su fortaleza para prevalecer en el ambiente, como lo podría ser la competencia de recursos entre individuos de las poblaciones conforme el paso del tiempo.

Como punto inicial para el buen entendimiento del Modelo de Sustentabilidad Entrelazada, se encuentra el espacio representacional, que es el espacio de estados donde se define el universo del Modelo y en el cual los indicadores interactúan. Como resultado de las cuatro dimensiones que conforman la sustentabilidad, se generan las interacciones en un sistema.

Conforme a la definición de sustentabilidad, existe un índice denominado calidad de vida, mismo que se debe mantener constante o aumentar en un estado sustentable. En el Modelo, esta cantidad numérica se muestra como fortaleza (común entre indicadores) y la cual se espera no disminuya a partir de un fenómeno emergente, de tal forma que alcance un estado sustentable. Tal cantidad es la fortaleza de un indicador, que representa la importancia de su aportación al sistema y es dependiente del tiempo.

El espacio representacional se define como un conjunto de vectores  $I_i = (I_1, I_2, I_3, I_4) = (Ambiental, Económico, Social, Institucional)$ , donde  $I_i$  toma valores que van del 0 al 3. Los indicadores se muestran como vectores en el espacio representacional, por lo tanto, el valor de un indicador  $I_i$  representa la afinidad de este con las dimensiones de la sustentabilidad. De este modo, el espacio se conforma por 256 indicadores que es el número de combinaciones posibles entre las dimensiones. Los indicadores logran conformar un sistema en el que se generan estados, estos son configuraciones específicas de las poblaciones en un sistema de indicadores.

Así, los indicadores son agentes (por ejemplo  $[3, 0, 0, 0]$  donde en este caso el indicador únicamente tiene componente ambiental) y conforman un sistema, donde las poblaciones definen estados y se influyen entre ellos de dos formas diferentes, estas son: competencia espacial y coevolución.

La competencia espacial se da cuando dos indicadores cercanos compiten entre ellos por fortaleza. Su cercanía radica en el parecido que tienen entre sí los componentes de sustentabilidad que los conforman. Por lo tanto, si un indicador  $\alpha$  compete con otro indicador  $\beta$ , en el Modelo de

Sustentabilidad Entrelazada [35] el nivel de competencia está dado por:

$$C(\alpha, \beta) = \exp\left[\frac{(-1/4)\Delta I_i^{\alpha\beta}}{\xi}\right] \quad (4.1)$$

Donde  $\Delta I_i^{\alpha\beta} = \left| \sum_{i=1}^4 b_i(I_i^\alpha - I_i^\beta) \right|$  representa la distancia representacional entre dos indicadores normalizada por las cuatro dimensiones.

La longitud de la competencia en el espacio representacional se define como  $\xi$ , lo cual indica la distancia entre indicadores, en los que existe una competencia importante entre sí. En consecuencia entre más cerca se encuentren los indicadores de  $\xi$  distancia, en el espacio se mostrarán como mediciones similares. Cabe recordar el espacio representacional, aspecto relevante, pues muestra que tan sustituible es un indicador y así expone el avance hacia la sustentabilidad.

Posteriormente, para definir la intensidad de la competencia se hace uso de la función única  $C(\alpha, \beta)$  que representa el grado de competencia en forma de decaimiento exponencial. Donde  $\xi$  corresponde a la distancia de correlación, en otras palabras, considera a que distancia existe competencia entre indicadores. Entre más grande sea el valor de  $\xi$ , la competencia se produce a mayores distancias representacionales, y por el contrario, a valores menores la competencia se genera a distancias cortas y disminuye rápidamente.

Es importante mencionar que esta interacción únicamente se da entre dos indicadores distintos, cuando es un mismo indicador al no poder competir consigo mismo el nivel de competencia es igual a cero ( $C(\alpha, \beta) = 0$ ). Por último, para otorgar prioridad a alguna dimensión en el Modelo se utiliza el parámetro  $b_i$ .

La segunda interacción entre indicadores es la coevolución misma que está dada por  $J(\alpha, \beta)$ . Se considera de cooperación al incorporar la posibilidad de interacción entre dos indicadores  $\alpha$  y  $\beta$ , e indica como influencia un indicador al otro.

La cooperación entre indicadores no es forzosamente recíproca, por lo tanto la influencia que tiene  $\alpha$  sobre  $\beta$ , es distinta de la que tiene  $\beta$  sobre  $\alpha$ .

Debido a que el contexto es el que define la interacción entre las dimensiones de la sustentabilidad, se usa dicha información para crear las interacciones  $J(\alpha, \beta)$ . La matriz  $J^0$  representa la influencia que existe entre las dimensiones de sustentabilidad que también interactúan entre sí, y que toman un valor en el rango que va de  $[-1, 1]$ . La matriz tiene un tamaño de  $4 \times 4$  y no considera interacción recíproca.

$$J^0 = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & E & S & I \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ E \\ S \\ I \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & A \rightarrow E & A \rightarrow S & A \rightarrow I \\ E \rightarrow A & 0 & E \rightarrow S & E \rightarrow I \\ S \rightarrow A & S \rightarrow E & 0 & S \rightarrow I \\ I \rightarrow A & I \rightarrow E & I \rightarrow S & 0 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (4.2)$$

Esta matriz da la oportunidad de mostrar distintos escenarios, debido a que el Modelo tiene la característica especial de reproducir diversos contextos, al elegir los valores de interacción entre dimensiones.

Para poder representar y guardar las interacciones entre indicadores se priorizan las diferencias entre ellos, por lo tanto,  $J(\alpha, \beta)$  se aproxima a 0 para dos agentes altamente parecidos. Los valores de los indicadores pueden tener valor positivo o negativo, dependiendo si hay cooperación o se disputan fortaleza entre ellos. La interacción se da de la siguiente forma:

$$J(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L I_i^\alpha J_{ij}^0 I_i^\beta \quad (4.3)$$

Donde:

$$I^\alpha = (I_1^\alpha, I_2^\alpha, I_3^\alpha, I_4^\alpha)$$

$$I^\beta = (I_1^\beta, I_2^\beta, I_3^\beta, I_4^\beta)$$

La interacción de un agente con el mismo no aporta datos importantes al Modelo, por consiguiente, se define como cero  $J(\alpha, \alpha) = 0$ . Anterior-

mente se mencionó que existen 256 indicadores, de tal modo que,  $N$  toma dicho valor y las 65,536 interacciones obtenidas se representan en una matriz de tamaño  $256 \times 256$ , como se muestra a continuación:

$$J = \begin{pmatrix} 0 & J(1,2) & \cdots & J(1,N) \\ J(2,1) & 0 & \cdots & J(2,N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ J(N,1) & J(N,2) & \cdots & 0 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

La función  $J(\alpha, \beta)$  se le denomina expansión de la matriz de interacción entre dimensiones y a partir de  $J^0$  se obtienen las entradas de la matriz  $J$ . La matriz de interacción entre indicadores  $J(\alpha, \beta)$  hereda las propiedades de la matriz de interacción entre dimensiones ( $J^0$ ), por lo que la interacción automática es cero y la matriz no es simétrica.

En la Figura 4.1 se exponen las posibles interacciones entre indicadores simbolizados como círculos en la red, y las flechas las interacciones ya sean de entrada o salida, e interacciones positivas en azul y negativas en rojo.

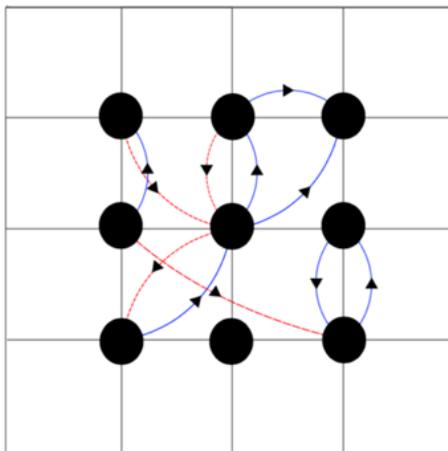


Figura 4.1: Interacciones entre indicadores [35].

Adicionalmente, en el Modelo los indicadores pueden fortalecerse o debilitarse dependiendo de la ganancia o pérdida de la fortaleza  $H(\alpha, t)$ , lo cual puede suceder con cierta probabilidad. De igual manera se puede dar el caso de que un indicador pierda toda su fortaleza y cuando esta sea menor a un umbral,  $U_k$ , su fortaleza se actualiza a cero y es considerado muerto. Además, un indicador puede transferir parte de su fortaleza en el caso de superar el umbral  $U_{transf}$ .

Se define una función de peso (ecuación 4.5), que es la encargada de determinar la probabilidad de ganancia y pérdida, en la cual se entrelazan tres términos: total de la interacción, total de la competencia y un reservorio de fortaleza que limita el crecimiento desmedido del sistema.

$$H(\alpha, t) = a_1 \frac{\sum_{\beta=1}^{N(t)} J(\alpha, \beta)}{N(t)} - a_2 \sum_{\beta=1}^{N(t)} C(\alpha, \beta) - a_3 \frac{N(t)}{R(t)} \quad (4.5)$$

Donde:

- $R(t)$  indica un número limitado de recursos en el tiempo mediante un valor entero positivo.
- $N(t)$  indica el número de indicadores vivos al tiempo  $t$  (indicadores con fortaleza diferente de cero).

La relación entre los recursos ( $R$ ) y el número de indicadores vivos ( $N$ ) se da de la siguiente forma: cuando la fortaleza de un indicador es distinta de cero,  $N$  gana mientras que  $R$  pierde un valor, sucede lo contrario cuando un indicador tiene fortaleza cero,  $N$  pierde un valor y  $R$  lo recupera. Es por esto que la suma de  $R$  y  $T$  es una constante.

Retomando las partes de la ecuación de la función de peso, el primer término determina la interacción entre los indicadores al dividir los valores de la matriz de interacción  $J(\alpha, \beta)$  del indicador  $\alpha$  con todos los indicadores que tienen fortaleza distinta de cero, entre los valores de la matriz de competencia  $C(\alpha, \beta)$  y así considerar los indicadores que se encuentran ubicados en una posición similar y compiten por fortaleza.

Cuando se obtiene un valor grande significa que este indicador tuvo interacciones positivas importantes, por lo que se puede concluir que es un indicador competitivo y tiene amplia probabilidad de ganar fortaleza. Si, por el contrario, este término es menor el indicador muestra interacciones débiles y la probabilidad de ganar fortaleza será mínima.

El segundo término determina la influencia directa y negativa de la competencia, como se explicó en la ecuación 4.1, en el caso que existan dos indicadores cercanos se suscita una competencia espacial por fortaleza.

El último término definido como reservorio de fortaleza es el encargado de regular el crecimiento del sistema. Si el número de indicadores es pequeño el término también lo es, lo cual propicia que la función de peso sea grande. Sucede lo contrario cuando existe un grupo grande, específicamente de indicadores con fortaleza diferente de cero, el término es mayor y la función de peso se reduce.

Los coeficientes  $a$  se definen como constantes que ajustan valores parecidos entre los tres términos y resultan ser parámetros específicos dentro del Modelo.

De acuerdo con la función de peso, los indicadores tienen probabilidad de ganar o perder fortaleza dependiendo de las interacciones entre ellos. Es por esto, que con base en el Modelo de Sustentabilidad Entrelazada, la capacidad de cada indicador de ganar fortaleza se representa con la siguiente ecuación:

$$P_g = \frac{\exp[H(\alpha, t)]}{1 + \exp[H(\alpha, t)]} \quad (4.6)$$

Los indicadores con fortaleza diferente de cero se actualizan al tiempo  $t$ , por lo tanto poseen una función de peso  $H(\alpha, t)$  y una probabilidad de ganancia normalizada  $P_g \in [0, 1]$ .

La pérdida o ganancia de fortaleza se da a partir de un número aleatorio denominado  $u$  (distribuido uniformemente entre  $[0, 1)$ ). Cuando este número ( $u$ ) es menor que  $P_g$  el indicador gana fortaleza ( $u < P_g$ ) y cuando el número es mayor o igual pierde fortaleza ( $u \geq P_g$ ) [36].

Con base en lo mostrado en el Modelo de Sustentabilidad Entrelazada, la fortaleza proporcional  $F(\alpha, t)$  que gana un indicador se define como:

$$F^\alpha(t+1) = F^\alpha(t) \left( 1 + C_g \frac{J^+(\alpha)}{J_{Tot}(\alpha)} \right) \quad (4.7)$$

Donde:

$$J^+(\alpha) = \sum_{\beta} J(\alpha, \beta) \text{ tal que } J(\alpha, \beta) > 0 \quad (4.8)$$

$$J_{Tot} = \sum_{\alpha, \beta} J(\alpha, \beta) \quad (4.9)$$

Cabe mencionar que  $J^+(\alpha)$  es la suma de todas las interacciones positivas derivadas del indicador  $\alpha$  y  $J_{Tot}(\alpha)$  se refiere a la suma en valor absoluto del total de interacciones de la matriz  $J$ . Para controlar el crecimiento de los indicadores se encuentra la constante  $c_g$ , y de este modo hacer los ajustes adecuados para el sistema.

El proceso para el cálculo de la pérdida de fortaleza es similar, sin embargo, se hace uso de una constante de pérdida  $c_p$ . En este caso  $J^-(\alpha)$  es la suma de las interacciones negativas como se observa en la ecuación 4.10 y los indicadores pierden fortaleza de acuerdo con la ecuación 4.11.

$$J^-(\alpha) = \sum_{\beta} J(\alpha, \beta) \text{ tal que } J(\alpha, \beta) < 0 \quad (4.10)$$

$$F^\alpha(t+1) = F^\alpha(t) \left( 1 - c_p \frac{J^-(\alpha)}{J_{Tot}(\alpha)} \right) \quad (4.11)$$

Como caso único el indicador  $[0, 0, 0, 0]$  tiene  $J^+(\alpha)$  y  $J^-(\alpha)$  y es igual a cero, es por este motivo que se descarta pues no representar ninguna de las dimensiones.

Si se llegara a dar el caso que un indicador tenga interacciones positivas ( $J^+(\alpha)$ ) o negativas ( $J^-(\alpha)$ ) iguales a cero, es decir, que no ocurran ganancias o pérdidas de fortaleza, el Modelo obliga la participación de

tal agente. Dicha participación se denomina Fluctuación de Campo Cero y consiste en movimientos mínimos de fortaleza, con una probabilidad  $P_g^0$  de 1/2 en el caso de ganancia:

$$F^\alpha(t+1) = F^\alpha(t) \left( 1 + c_g \frac{J_{min}(\alpha)}{J_{Tot}(\alpha)} \right) \quad (4.12)$$

Para el caso de pérdida la ecuación es:

$$F^\alpha(t+1) = F^\alpha(t) \left( 1 - c_g \frac{J_{min}(\alpha)}{J_{Tot}(\alpha)} \right) \quad (4.13)$$

Es importante mencionar que el valor cero se sustituye posteriormente por  $J_{min}$ , que es la interacción más baja que tenga registrada el indicador.

Cuando un indicador tiene fortaleza menor el umbral  $U_k$ , deja de ser relevante para participar con otros indicadores en el sistema sustentable, y por lo tanto muere ( $F^\alpha(t+1) = 0$ ). De tal forma, que el reservorio  $R(t+1)$  se actualiza al recuperar un valor y  $N(t+1)$  pierde uno. Como consecuencia, el tercer término de la ecuación de peso disminuye y la función de peso de todos los indicadores crece.

Por otra parte, si la fortaleza de un indicador supera el umbral  $U_m$  con una probabilidad  $P_{transf}$  que es una constante, un porcentaje de su fortaleza ( $c_{tra}$ ) se transfiere a un vecino dentro de un radio  $r$ . Entonces  $R(t+1)$  pierde un valor mientras que  $N(t+1)$  lo gana. Lo cual representa que un indicador fuerte influencia a los indicadores de su alrededor mediante transferencia de fortaleza, e implica que exista otro competidor en la zona de sustentabilidad. Por esta razón, se afecta de forma negativa la probabilidad de ganancia del indicador fuerte y se explora una región de relevancia del indicador.

Finalmente, después de conocer el Modelo de Sustentabilidad Entrelazada es conveniente destacar su importancia al ser una útil herramienta que puede ser utilizada por tomadores de decisiones.

Como se mencionó, este Modelo arroja una serie de indicadores, correspondientes al escenario establecido previamente, que pueden ser para

pueblos, ciudades, regiones, países, continentes o incluso el planeta [36]. Los cuales son importantes ya que otorgan información que propicia la generación de políticas públicas y sirve como fuente de información para la planificación y toma de decisiones.

## 5 | Caso de estudio

### Tlaxco, Tlaxcala

Tlaxco es uno de los sesenta municipios que conforman al estado de Tlaxcala, se localiza en una región montañosa en el Altiplano Central Mexicano a 2,500 metros sobre el nivel de mar y tiene una extensión territorial de  $573.39 \text{ km}^2$  [39]. El municipio de clima semi-frío está ubicado al norte de la Ciudad de Tlaxcala y colinda al norte con los estados de Hidalgo y Puebla; al este con el estado de Puebla y los municipios de Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas y Tetla de la Solidaridad; al sur con los municipios de Lázaro Cárdenas, Tetla de la Solidaridad, Atlangatepec, Muñoz de Domingo Arenas y Hueyotlipan; al oeste con los municipios de Hueyotlipan, Benito Juárez y el estado de Hidalgo [40].

El Programa Pueblos Mágicos es un plan de desarrollo turístico integral para localidades que, en un nivel diferente de desarrollo, organizan diversas acciones de carácter económico, social y ambiental con el propósito de mejorar las condiciones de vida de una localidad turística. El nombramiento de Pueblo Mágico es otorgado por la Secretaría de Turismo (SECTUR) a localidades que, a pesar del tiempo y la modernidad, conservan su valor y herencia cultural manifiesta en diversas expresiones a través de su patrimonio tangible e intangible irremplazable [41]. Asimismo, contribuye a la revalorización de poblaciones en el país que están en el imaginario colectivo de la nación, y que representan una alternativa distinta para los visitantes tanto nacionales como extranjeras [42].

En este sentido, Tlaxco se incorporó al Programa de Pueblos Mágicos en el año de 2015. Entre sus atractivos se encuentran la Parroquia de San Agustín, Sierra de Tlaxco, Laguna de Atlangatepec, Rancho Viejo, Casa Goyri, Rancholandia, Los Laberintos y Kartodromo. En el año 2001 ganó el Premio Nacional de Restauración Histórica otorgado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Además, se pueden observar paisajes de bosques, junto con pendientes, arroyos y pequeñas cascadas. Por tales motivos es identificado como un punto turístico importante para el estado de Tlaxcala.

De acuerdo con información del INEGI hasta el 15 de marzo de 2015 el municipio tenía una población de 42,536 habitantes, lo que representa el 3.65 % de la población estatal. La población de Tlaxco está conformada por 21,866 mujeres y 20,670 hombres, es decir, la distribución es de 51.41 % mujeres y 48.59 % hombres [43].

En el municipio de un total de 39,810 habitantes incluidos en la categoría de tres y más años, con base en lo reportado por el INEGI, el 29.01 % (11,548 personas) asisten a la escuela de los cuales 50.49 % son hombres y 49.51 % son mujeres. El 70.72 % (28,153 personas) no asiste a la escuela, siendo 47.58 % hombres y 52.42 % mujeres. Mientras que el 0.27 % (107 personas) restante no está especificado. Finalmente, en el ámbito educativo, Tlaxco tiene un promedio de escolaridad de 7.7 años que equivale a un poco más del primer año de estudios nivel secundaria.

De acuerdo al Índice de Competitividad Estatal [44], que mide la capacidad de atraer y retener talento e inversiones de los estados, en el 2016 Tlaxcala se ubicó en el lugar número 24. Específicamente, el municipio de Tlaxco en este tema, cuenta con un corredor industrial “Ciudad Industrial Xicoténcatl III”, en él se ubican diez empresas que generan 371 empleos de acuerdo a lo reportado en el Plan Municipal de Desarrollo 2017-2021 [45]. De igual forma, las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES), representan un eje fundamental en la economía del municipio, al ser el segmento que aporta mayor número de unidades económicas y personal ocupado.

La población económicamente activa en el municipio es de 14,575 personas, distribuidos en 10.26 % funcionarios, profesionistas, técnicos y administrativos, 25.44 % trabajadores agropecuarios, 29.79 % trabajadores en la industria y 33.76 % comerciantes trabajadores en servicios diversos (0.75 % no especificado).

La extensión ocupada en Tlaxco por las unidades de producción rural es de 40,374 hectáreas, de las cuales el 64.22 % corresponde a superficie de labor (espacio dedicado a cultivos anuales, frutales y plantaciones). Por otra parte, los pastos naturales se segmentan en ganadería (6,385 hectáreas), bosque o selva (7,036 hectáreas), bosque o selva con pastos (518 hectáreas) y sin vegetación (506 hectáreas).

Se estructuró un Plan Municipal de Desarrollo (PMD) para un período de cuatro años y ocho meses (2017-2021) en el que participaron ciudadanos, académicos, empresarios y expertos [45]. En el PMD se identifican temas estructurales en siete ejes de desarrollo: Gobierno abierto, eficiente y transparente; Salvaguarda de la integridad física y patrimonial; Empleo y economía competitiva; Bienestar social y desarrollo humano integral; Crecimiento urbano sostenible y respeto al medio ambiente; Servicios públicos, infraestructura y equipamiento urbano de calidad; Turismo generador de riqueza y equidad social.

## Creación de escenarios

En el Modelo se denomina escenario específico a una región seleccionada, que puede variar a partir de la matriz  $J^0$ , y con la cual es posible simular diferentes escenarios. En el presente trabajo, esa región corresponde al municipio de Tlaxco, Tlaxcala.

Se definió la matriz  $J^0$  de tamaño  $4 \times 4$  en el capítulo anterior, misma que representa el nivel de afectación entre dimensiones en un escenario específico, y se integra mediante las respuestas de un cuestionario que se aplica en una región específica. Región a la que mediante el Modelo de Sustentabilidad Entrelazada se le propone un conjunto de indicadores relevantes y definidos.

La matriz  $J^0$  se compone de 16 elementos, donde la diagonal es cero, y los valores restantes, como se mencionó, se obtienen a partir de un cuestionario (Anexo A. Encuesta de percepción de desarrollo sustentable) con preguntas determinadas con respecto a la percepción de sustentabilidad en la región. En total son 48 preguntas, que concierne a la relación con las cuatro dimensiones Económico (E), Social (S), Ambiental (A) e Institucional (I), específicamente cuatro preguntas por cada una de las doce relaciones (E-S, E-A, E-I, S-E, S-A, S-I, A-E, A-S, A-I, I-E, I-S, I-A). Para responder el cuestionario se definieron cinco diferentes opciones (completamente en desacuerdo; en desacuerdo; sin opinión; de acuerdo; completamente de acuerdo) que toman los valores de -2 a 2 dependiendo del nivel de aceptación del encuestado.

Para obtener la  $J^0$ , que son los valores de entrada en el Modelo, se normalizan las respuestas, por lo que se realiza el procedimiento de asociar las respuestas con los valores antes mencionados. Posteriormente, se selecciona el valor más común por pregunta y se define si este es positivo o negativo de acuerdo con el sentido de cada pregunta. Finalmente, se promedian los valores identificados por grupo, es decir, se suman los valores de las cuatro preguntas por dimensión y se divide entre los dieciséis elementos que componen a la matriz. De esta manera se obtienen 12 valores de las entradas de la matriz, al recordar que la diagonal principal se compone de ceros.

## Metodología

La metodología propuesta aplicada incorpora la innovación social, que significa aplicar ideas y prácticas novedosas en la gestión pública con la intención de generar valor social, que satisfagan las necesidades sociales y servicios públicos de mayor calidad, por medio de la designación y empleo de los recursos públicos [46].

Se inicia con el ejercicio de socialización de los conceptos y estudio de la comunidad, sus usos y costumbres para integrar mejor los conceptos sustentables en la toma de decisiones.

Luego se hace la conformación de grupos de actores relevantes definidos en sociedad, empresarios y miembros del Ayuntamiento Municipal de Tlaxco (gobierno). De forma simultánea, se realiza un catálogo de indicadores de sustentabilidad (Anexo B. Catálogo de indicadores). A los que se les asigna una huella, que es un número para identificarlos, según su relación con los ejes de la sustentabilidad. Es decir, dependiendo de la intensidad en que un indicador refleja a un eje o dimensión de la sustentabilidad, depende su identificador numérico. Esta huella o identificador numérico, no siempre es exclusiva, algunos indicadores comparten huella al tener similitud entre sí, en alguno (o varios) de los cuatro ejes de la sustentabilidad, de este modo. La intensidad de representación de un eje de la sustentabilidad por un indicador va del 0 al 3, es decir, 0 cuando se considera que no hay representación alguna y 3 cuando es muy alta la representación de ese eje en ese indicador específico. Por esta razón, al contar con hasta 4 valores distintos, permitimos un máximo de 4 indicadores con huellas similares en los casos en que hay similitud.

El algoritmo de evolución entrelazada se emplea como una herramienta auxiliar en la identificación del mejor conjunto de indicadores, para lo cual se aplica una encuesta a los actores relevantes, con el objetivo de definir el escenario específico de acuerdo a la percepción de sustentabilidad de cada grupo.

Para terminar, los resultados arrojados por el algoritmo, opiniones de expertos en el área y conocimiento previo del entorno, permiten efectuar la selección los indicadores de sustentabilidad idóneos para proyectos energéticos en el municipio de Tlaxco. Esta selección parte de la identificación de las huellas de los indicadores, mismas que se vuelven a trabajar con la comunidad y los expertos para continuar la metodología incluyente que caracteriza a la innovación social.

## 6 | Resultados

En este capítulo se presentan los indicadores arrojados por el algoritmo de Sustentabilidad Entrelazada y los indicadores seleccionados por grupo, es decir, sociedad, empresarios y miembros del Ayuntamiento Municipal (gobierno), y se incluye un grupo más que es la integración de los tres anteriores denominado Tlaxco. Posteriormente, se mostrarán los indicadores con más incidencia en los grupos, estos son los indicadores con más peso al haber surgido de la visión de uno, dos o tres grupos, e inclusive por la unión de los tres conjuntos de actores relevantes. Es importante resaltar que ningún miembro pertenece a más de uno de los tres conjuntos. Es decir, las intersecciones del diagrama de Venn de la Figura 6.1 son todas conjunto vacío.

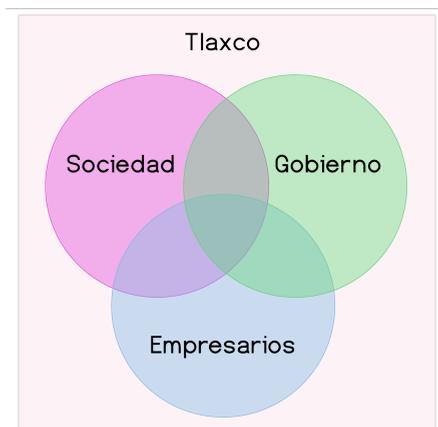


Figura 6.1: Grupos encuestados en Tlaxco.

## Empresarios

Un grupo de empresarios de Tlaxco respondió la encuesta de percepción de sustentabilidad, de las cuales se obtuvo la siguiente matriz  $J^0$ .

$$J^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0.1875 & 0.3125 & 0 \\ -0.25 & 0 & 0.0625 & 0 \\ 0.3125 & 0.25 & 0 & -0.1875 \\ 0.3125 & 0.375 & 0.375 & 0 \end{pmatrix} \quad (6.1)$$

El número de indicadores arrojados por el Modelo según el escenario definido por los empresarios fueron 20, mismos que se muestran en el Cuadro 6.1.

Por la metodología que se ocupa en este trabajo, los indicadores que propone el Modelo de Sustentabilidad Entrelazada se toman como base para realizar la mejor selección, por este motivo no siempre coincidirá el número del indicador del Modelo con la huella del indicador final elegido. Por ejemplo, en este grupo el número de indicadores que se mantuvieron del Modelo fueron 7 y 13 los que tuvieron una ligera variación al hacer la selección.

	MODELO				HUELLA			
	A	E	S	I	A	E	S	I
<b>1</b>	0	1	3	0	0	1	3	1
<b>2</b>	1	2	0	0	1	2	0	3
<b>3</b>	2	3	3	0	2	3	3	1
<b>4</b>	3	2	2	3	3	2	2	1
<b>5</b>	1	1	1	0	1	1	3	2
<b>6</b>	1	0	0	0	2	0	1	0
<b>7</b>	2	3	1	0	2	3	1	0
<b>8</b>	3	2	3	0	3	2	3	1
<b>9</b>	3	2	0	0	3	2	0	0
<b>10</b>	2	1	0	0	3	2	0	0
<b>11</b>	3	3	0	1	3	3	0	1
<b>12</b>	2	0	0	0	2	0	1	1
<b>13</b>	1	3	2	1	1	3	2	1
<b>14</b>	1	0	2	0	1	2	1	0
<b>15</b>	3	1	0	3	3	1	0	1

	MODELO				HUELLA			
	A	E	S	I	A	E	S	I
<b>16</b>	1	1	2	1	1	2	2	1
<b>17</b>	0	3	0	2	0	3	0	2
<b>18</b>	1	0	3	1	1	1	3	2
<b>19</b>	0	3	3	1	0	3	3	1
<b>20</b>	0	0	3	1	0	0	3	1

Cuadro 6.1: Conjunto de vectores y huellas del grupo Empresarios.

Después de analizar los indicadores sugeridos por el Modelo, este grupo tiene mayor inclinación por la dimensión económica, seguido de la ambiental, la social y por último la institucional. Finalmente, al hacer la selección de los indicadores por su huella la relación se mantiene, es por este motivo que los indicadores a pesar de modificar sutilmente los números entre huella e indicador del Modelo no cambió la relación del grupo con las dimensiones de la sustentabilidad.

En el Cuadro 6.2 se muestran los indicadores, que de acuerdo a las respuestas de los empresarios, la revisión con expertos y conocimiento del lugar, son los adecuados para el municipio de Tlaxco.

INDICADOR		A	E	S	I
<b>9</b>	Tasa de crecimiento poblacional	0	0	3	1
<b>17</b>	Viviendas y ocupación	0	1	3	1
<b>36</b>	Esquemas de financiamiento disponibles localmente para energías renovables y eficiencia energética	0	3	0	2
<b>64</b>	Sector Agropecuario: Productividades (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	0	3	3	1
<b>71</b>	Sector Residuos: Reducción en costos de tratamientos médicos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	1	1	3	2
<b>74</b>	Sector Residuos: Número de proyectos aprobados y financiados (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	1	2	0	3
<b>75</b>	Uso de energía primaria per cápita	1	2	1	0
<b>77</b>	Uso de energía por unidad de Producto Interno Bruto	1	2	2	1
<b>102</b>	Sector Doméstico: Demanda de energía suministrada (Por función: calefacción de espacios, calentamiento de agua, luces y electrodomésticos)	1	3	2	1
<b>114</b>	Emisiones de Gases Efecto Invernadero	2	0	1	0

INDICADOR		A	E	S	I
<b>116</b>	Proporción de producción renovable local para el consumo local de energía y electricidad	2	0	1	1
	Eficiencia eléctrica energética				
<b>122</b>	Eficiencia total energética	2	1	0	0
	Eficiencia eléctrica exergética				
	Eficiencia total exergética				
<b>168</b>	Sector Residuos: Mejoras producción compostaje (Calidad) (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	3	1	0
<b>182</b>	Sector Residuos: Número de personas contratadas asociadas a la ampliación de la planta de tratamiento (Tratamiento anaeróbico de aguas residuales)	2	3	3	1
<b>202</b>	Generación de desechos sólidos	3	1	0	1
<b>225</b>	Sector Agropecuario: Disponibilidades a pagar por conservación y/o mejoras en recursos ambientales (Agua, suelos) (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	2	0	0
<b>239</b>	Sector Residuos: Mejores prácticas en el uso de los rellenos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	2	2	1
<b>240</b>	Sector Residuos: Número de personas contratadas asociadas al aprovechamiento de residuos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	2	3	1
<b>242</b>	Sector Industrial: Aumento de la oferta energética disponible	3	3	0	1

Cuadro 6.2: Indicadores propuestos por el grupo Empresarios.

## Gobierno

Para conocer la percepción de sustentabilidad del gobierno, la encuesta se hizo llegar a la presidenta municipal de Tlaxco y a miembros del Ayuntamiento, con base en sus respuestas la  $J^0$  obtenida fue la siguiente:

$$J^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0.25 & 0.3125 & 0 \\ -0.125 & 0 & 0.125 & 0.125 \\ 0.1875 & 0.3125 & 0 & -0.125 \\ 0.25 & 0.375 & 0.25 & 0 \end{pmatrix} \quad (6.2)$$

Del escenario generado por este grupo el Modelo sugiere 18 indicadores, que se observan en el Cuadro 6.3. Con la metodología propuesta se redefinieron 10 indicadores, y 8 indicadores se mantuvieron de acuerdo con lo conseguido por medio del Modelo de Sustentabilidad Entrelazada.

	MODELO				HUELLA			
	A	E	S	I	A	E	S	I
<b>1</b>	0	1	2	0	0	1	2	3
<b>2</b>	0	3	2	0	0	3	2	0
<b>3</b>	0	0	2	0	0	0	2	2
<b>4</b>	0	2	3	0	0	2	3	1
<b>5</b>	0	0	3	0	0	0	3	1
<b>6</b>	2	2	1	0	2	2	1	1
<b>7</b>	2	2	3	0	2	2	3	1
<b>8</b>	3	3	1	0	3	3	1	1
<b>9</b>	1	1	2	0	1	2	2	1
<b>10</b>	2	3	1	0	2	3	1	0
<b>11</b>	3	2	2	1	3	2	2	1
<b>12</b>	3	0	1	0	3	0	1	0
<b>13</b>	3	2	0	0	3	2	0	0
<b>14</b>	3	1	2	0	3	1	2	0
<b>15</b>	3	3	1	1	3	3	1	1
<b>16</b>	1	1	2	1	1	1	3	2
<b>17</b>	3	0	3	0	3	1	3	1
<b>18</b>	3	0	0	0	3	0	0	0

Cuadro 6.3: Conjunto de vectores y huellas del grupo Gobierno.

Se puede observar que por las dimensiones de los indicadores que marca el Modelo utilizado, en este grupo los temas con mayor peso son ambientales, social y económico respectivamente, mientras que el aspecto institucional aparece en menor medida. Finalmente, se hace este mismo

análisis con la huella, al haber seleccionado los indicadores. Lo que se obtuvo fue interés en los ámbitos ambiental, social, económico y al final queda el tema institucional. En este caso se trató que las dimensiones mantuvieran la relación inicial del Modelo, sin embargo, aumentó la proporción del tema institucional al hacer la selección final.

En el Cuadro 6.4 se encuentran los indicadores seleccionados para Tlaxco por este grupo, luego de obtener resultados a través de la encuesta, revisión con expertos y la experiencia previa obtenida del lugar.

	INDICADOR	A	E	S	I
5	Asesoramiento en la construcción de proyectos y asistencia a los ciudadanos en cuestiones energéticas por parte de la autoridad local	0	0	2	2
9	Tasa de crecimiento poblacional	0	0	3	1
16	Voz y responsabilidad	0	1	2	3
26	Mejorar los recursos educativos (Por ejemplo, a través de donaciones de material escolar y/o de tecnologías de la información a escuelas puntuales; o a través de la asignación de recursos para ser gestionados por los ayuntamientos en partidas presupuestarias de educación)	0	2	3	1
53	Indicador económico comunitario	0	3	2	0
71	Sector Residuos: Reducción en costos de tratamientos médicos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	1	1	3	2
77	Uso de energía por unidad de Producto Interno Bruto	1	2	2	1
140	Gasto en el sector energético	2	2	1	1
147	Esperanza de vida	2	2	3	1
168	Sector Residuos: Mejoras producción compostaje (Calidad) (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	3	1	0
186	Horas de sol Velocidad del viento Latitud y longitud Temperatura Luvia	3	0	0	0
188	Emisión de dióxido de carbono (CO2)	3	0	1	0
213	Uso de pesticidas	3	1	2	0
220	Sector Agropecuario: Cambios en biodiversidad (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	1	3	1

	<b>INDICADOR</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
<b>225</b>	Sector Agropecuario: Disponibilidades a pagar por conservación y/o mejoras en recursos ambientales (Agua, suelos) (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	2	0	0
<b>239</b>	Sector Residuos: Mejores prácticas en el uso de los rellenos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	2	2	1
<b>247</b>	Sector Agropecuario: Ahorro en costos asociados a una menor disolución de las concentraciones (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	3	3	1	1

Cuadro 6.4: Indicadores propuestos por el grupo Gobierno

## Sociedad

Para conocer la percepción de sustentabilidad de la sociedad en Tlaxco, la encuesta se aplicó a estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco y de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (facultad ubicada en Tlaxco). Como resultado se obtuvo la siguiente  $J^0$ :

$$J^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0.1875 & 0.0625 & 0.0625 \\ -0.4375 & 0 & 0.1875 & 0.125 \\ 0.3125 & 0.4375 & 0 & -0.1875 \\ 0.5 & 0.375 & 0.4375 & 0 \end{pmatrix} \quad (6.3)$$

Una vez definida la  $J^0$ , se ingresó al programa y se tuvieron como resultado 20 indicadores, estos se encuentran en el Cuadro 6.5. De los cuales, con la metodología propuesta 11 indicadores se mantuvieron, y 9 fueron modificados de acuerdo con la metodología propuesta, conforme a la experiencia de las personas expertas consultadas y conocimiento del lugar.

	MODELO				HUELLA			
	A	E	S	I	A	E	S	I
<b>1</b>	3	1	3	0	3	1	3	1
<b>2</b>	0	3	2	0	0	3	2	0
<b>3</b>	3	3	0	1	3	3	0	1
<b>4</b>	3	2	2	3	3	2	2	1
<b>5</b>	3	3	2	3	3	3	2	2
<b>6</b>	3	1	1	1	3	1	1	1
<b>7</b>	0	2	3	0	0	2	3	2
<b>8</b>	2	3	3	1	2	3	3	1
<b>9</b>	2	1	0	0	2	1	0	0
<b>10</b>	1	2	1	1	1	2	1	0
<b>11</b>	3	0	2	0	3	0	2	2
<b>12</b>	3	2	0	2	3	2	0	2
<b>13</b>	1	0	1	0	1	0	3	3
<b>14</b>	1	1	1	2	1	1	3	2
<b>15</b>	2	0	3	1	2	0	3	1
<b>16</b>	2	3	1	0	2	3	1	0
<b>17</b>	3	2	3	1	3	2	3	1
<b>18</b>	1	3	0	0	1	3	0	0
<b>19</b>	3	0	1	1	3	0	1	1
<b>20</b>	0	1	2	2	0	1	2	3

Cuadro 6.5: Conjunto de vectores y huellas del grupo Sociedad.

Los indicadores conseguidos, de acuerdo al escenario definido por la sociedad de Tlaxco, muestran mayor interés hacia la dimensión ambiental, seguido de lo económico, social y por último institucional. Al haber hecho el ajuste a 9 indicadores, esta tendencia quedó de la siguiente forma: ambiental, social, económico e institucional. Por lo que hubo un cambio en las dimensiones, no obstante, desde el punto de vista de la metodología de este trabajo la adaptación se hace al tomar consideraciones para que los indicadores coincidan con los requerimientos del sitio.

En el Cuadro 6.6 se muestra el resultado del trabajo realizado en este grupo, en la cual se encuentran definidos los indicadores seleccionados para el municipio de Tlaxco, según la opinión de la sociedad que ahí habita y/o conoce de la región.

INDICADOR		A	E	S	I
16	Voz y responsabilidad	0	1	2	3
30	Sector Energía: Nuevos trabajos asociados al municipio	0	2	3	2
53	Indicador económico comunitario	0	3	2	0
	Los grupos vulnerables (como mujeres, indígenas, niños y niñas o personas con discapacidades) son específica e intencionalmente incluidos en el proceso de consulta del				
70	PDD ( <i>Project Design Document</i> ) y/o en otras actividades del proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio). Se desarrollan acciones específicas destinadas a alguno o varios de estos grupos	1	0	3	3
	Sector Residuos: Reducción en costos de tratamientos médicos				
71	(Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	1	1	3	2
75	Uso de energía primaria per cápita	1	2	1	0
85	Retorno de la inversión del proyecto energético	1	3	0	0
119	Sector Agropecuario: Reducción en el número de visitas al médico (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	2	0	3	1
	Eficiencia eléctrica energética				
122	Eficiencia total energética	2	1	0	0
	Eficiencia eléctrica exergética				
	Eficiencia total exergética				
	Sector Residuos: Mejoras producción compostaje (Calidad)				
168	(Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	3	1	0

	INDICADOR	A	E	S	I
	Sector Residuos: Número de personas contratadas asociadas a la ampliación de la planta de tratamiento (Tratamiento anaeróbico de aguas residuales)	2	3	3	1
<b>182</b>					
<b>191</b>	Emisión de metano	3	0	1	1
<b>198</b>	Sector Energía: Reducción en la contaminación de ruido	3	0	2	2
<b>207</b>	Dióxido de carbono (CO2) producido por la planta del proyecto energético	3	1	1	1
<b>220</b>	Sector Agropecuario: Cambios en biodiversidad (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	1	3	1
<b>227</b>	Mezcla de energía ( <i>Energy mix</i> )	3	2	0	2
<b>239</b>	Sector Residuos: Mejores prácticas en el uso de los rellenos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	2	2	1
<b>240</b>	Sector Residuos: Número de personas contratadas asociadas al aprovechamiento de residuos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	2	3	1
<b>242</b>	Sector Industrial: Aumento de la oferta energética disponible	3	3	0	1
<b>249</b>	Sector Energía: Demanda primaria total	3	3	2	2

Cuadro 6.6: Indicadores propuestos por el grupo Sociedad

## Tlaxco

Por último, el grupo Tlaxco como se comentó al inicio del capítulo, está conformado por las respuestas de la sociedad, el gobierno y los empresarios. De acuerdo con su perspectiva de sustentabilidad, se seleccionaron los indicadores según el escenario plasmado a través de la encuesta. Como se realizó en los grupos anteriores, posteriormente se definieron los indicadores que mejor coinciden para el sitio, al tomar en cuenta las percepciones de todas las personas que componen a los grupos antes mencionados. La  $J^0$  que se determinó por este grupo es la siguiente:

$$J^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0.25 & 0.0625 & 0 \\ -0.25 & 0 & 0.125 & 0.125 \\ 0.3125 & 0.3125 & 0 & -0.125 \\ 0.3125 & 0.3125 & 0.4375 & 0 \end{pmatrix} \quad (6.4)$$

El resultado de la evaluación del escenario definido por este grupo fueron 23 indicadores, a partir de estos se decidió mantener 14 indicadores y realizar el ajuste de los 9 indicadores restantes. Este resultado se puede observar en el Cuadro 6.7 en la que se muestra del lado izquierdo los indicadores propuesto por el Modelo y del lado derecho las huellas finales.

	MODELO				HUELLA			
	A	E	S	I	A	E	S	I
<b>1</b>	2	2	0	0	2	2	0	0
<b>2</b>	0	0	3	0	0	0	3	1
<b>3</b>	0	2	1	0	0	2	2	0
<b>4</b>	0	2	3	1	0	2	3	1
<b>5</b>	0	1	2	2	0	1	2	3
<b>6</b>	2	3	3	2	2	3	3	2
<b>7</b>	3	3	2	2	3	3	2	2
<b>8</b>	0	0	3	1	0	0	3	1
<b>9</b>	1	3	3	1	1	3	3	1
<b>10</b>	3	0	3	2	3	0	2	2
<b>11</b>	2	1	1	1	2	1	1	0
<b>12</b>	0	2	1	1	0	2	2	1
<b>13</b>	2	1	3	2	2	1	3	2
<b>14</b>	3	2	0	0	3	2	0	0
<b>15</b>	2	3	2	0	2	3	2	0
<b>16</b>	1	3	2	2	1	3	2	2
<b>17</b>	1	2	3	0	1	2	3	0
<b>18</b>	0	1	0	0	0	1	1	3

	MODELO				HUELLA			
	A	E	S	I	A	E	S	I
<b>19</b>	2	1	3	0	2	1	3	1
<b>20</b>	3	1	2	1	3	1	2	1
<b>21</b>	3	2	2	1	3	2	2	1
<b>22</b>	0	3	2	1	0	3	2	1
<b>23</b>	3	1	3	0	3	1	3	1

Cuadro 6.7: Conjunto de vectores y huellas del grupo Tlaxco.

En el caso de los indicadores arrojados por el Modelo es notorio que la dimensión social es preponderante, posteriormente se encuentra la dimensión económica, seguido por la ambiental y finalmente la institucional. Al realizar el mismo análisis para el segundo caso, que son las huellas de los indicadores seleccionados, se puede observar que los componentes mantienen la misma relación que en el primer caso.

Una vez finalizado el análisis, el resultado de los indicadores de este grupo se puede ver en el Cuadro 6.8. En este se encuentran los mejores indicadores propuestos para Tlaxco al tomar en cuenta la percepción de sustentabilidad que tienen todas las personas encuestadas del municipio, las opiniones de los expertos y el conocimiento que se tiene acerca de la región.

INDICADOR		A	E	S	I
<b>9</b>	Tasa de crecimiento poblacional	0	0	3	1
<b>14</b>	Estabilidad política y ausencia de violencia	0	1	1	3
<b>16</b>	Voz y responsabilidad	0	1	2	3
<b>24</b>	Afectaciones sociales: Costos externos	0	2	2	0
<b>25</b>	Afectaciones sociales: Beneficios externos	0	2	2	1
<b>26</b>	Mejorar los recursos educativos (Por ejemplo, a través de donaciones de material escolar y/o de tecnologías de la información a escuelas puntuales; o a través de la asignación de recursos para ser gestionados por los ayuntamientos en partidas presupuestarias de educación)	0	2	3	1
<b>55</b>	Productividad laboral	0	3	2	1
<b>79</b>	Indicador de diversidad y vitalidad	1	2	3	0
<b>104</b>	Establecer espacios, mecanismos y/o herramientas, por parte del promotor del proyecto, para dar respuesta a las preocupaciones de los actores locales	1	3	2	2
<b>109</b>	Generar empleo local de manera directa	1	3	3	1
<b>125</b>	Emisiones de contaminantes atmosféricos de actividades de transporte	2	1	1	0

INDICADOR		A	E	S	I
<b>130</b>	Mejorar las condiciones laborales de los trabajadores en relación a la situación existente antes de la implantación del proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio)	2	1	3	1
<b>131</b>	Sector Residuos: Cambios en la salud de los habitantes que viven cerca de los rellenos sanitarios. (Asociados a tasas de mortalidad-morbilidad en la zona) (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	1	3	2
<b>133</b>	Eficiencia de generación	2	2	0	0
<b>176</b>	Sector Transporte: Volúmenes de carga (En el aeropuerto y por carretera)	2	3	2	0
<b>183</b>	Ingresos y gastos semanales del hogar	2	3	3	2
<b>198</b>	Sector Energía: Reducción en la contaminación de ruido	3	0	2	2
<b>216</b>	Emisión anual de dióxido de carbono (CO2)	3	1	2	1
<b>220</b>	Sector Agropecuario: Cambios en biodiversidad (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	1	3	1
<b>225</b>	Sector Agropecuario: Disponibilidades a pagar por conservación y/o mejoras en recursos ambientales (Agua, suelos) (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	2	0	0
<b>239</b>	Sector Residuos: Mejores prácticas en el uso de los rellenos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	2	2	1
<b>249</b>	Sector Energía: Demanda primaria total	3	3	2	2

Cuadro 6.8: Indicadores propuestos por el grupo Tlaxco.

## Indicadores

En esta sección se muestran los resultados obtenidos por indicador, de esta forma se pueden conocer cuáles fueron los que se eligieron reiteradamente y por que grupos fueron propuestos. Este análisis da un panorama distinto a la sección anterior, ya que en ese apartado se conocieron los indicadores que mejor se ajustan con cada grupo, y ahora se verán los indicadores que tienen mayor peso al haber sido seleccionados por cada grupo en su conjunto e inclusive en los que los cuatro grupos estuvieron de acuerdo.

Para poder llevar a cabo este análisis primero se identificaron las huellas que los grupos comparten y como consecuencia definen un indicador. Por último, se revisó el vector que el Modelo arrojó y por el cual fueron seleccionadas las huellas de los indicadores. En el Cuadro 6.9 se muestra un ejemplo:

GRUPO	HUELLA					INDICADOR	MODELO			
	A	E	S	I			A	E	S	I
TLAXCO	0	0	3	1	9	Tasa de crecimiento poblacional	0	0	3	0
TLAXCO	0	0	3	1	9	Tasa de crecimiento poblacional	0	0	3	1
GOBIERNO	0	0	3	1	9	Tasa de crecimiento poblacional	0	0	3	0
EMPRESARIOS	0	0	3	1	9	Tasa de crecimiento poblacional	0	0	3	1

Cuadro 6.9: Análisis de peso por indicadores.

Es importante destacar que en este caso aparece dos veces el grupo Tlaxco, debido al gran parecido entre dos vectores arrojados por el Modelo, por lo que ambos resultaron en el mismo indicador.

De esta forma se pudo conocer que indicadores comparten los grupos y como resultado se logró ponderar el peso que cada indicador tiene. Cabe mencionar que para este trabajo son relevantes los indicadores que se propusieron por el grupo Tlaxco (el cual incluye a los grupos sociedad, gobierno y empresarios), al ser la unión de la percepción de sustentabilidad de todos los encuestados.

Como primer resultado se encontró que en total de los cuatro grupos se obtuvieron 53 indicadores, y a partir de este número es que se generan las estadísticas que se muestran a continuación.

El 41.5% de los indicadores, es decir, 22 indicadores fueron elegidos únicamente por un grupo (Cuadro 6.10). La distribución fue la siguiente: 8 indicadores los seleccionaron los empresarios, mientras que tanto sociedad como gobierno eligieron 7 indicadores por grupo.

GRUPO	INDICADOR
<b>Empresarios</b>	17 Viviendas y ocupación
	36 Esquemas de financiamiento disponibles localmente para energías renovables y eficiencia energética
	64 Sector Agropecuario: Productividades (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)
	74 Sector Residuos: Número de proyectos aprobados y financiados (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)
	102 Sector Doméstico: Demanda de energía suministrada (Por función: calefacción de espacios, calentamiento de agua, luces y electrodomésticos)
	114 Emisiones de Gases Efecto Invernadero
	116 Proporción de producción renovable local para el consumo local de energía y electricidad
	202 Generación de desechos sólidos
<b>Gobierno</b>	5 Asesoramiento en la construcción de proyectos y asistencia a los ciudadanos en cuestiones energéticas por parte de la autoridad local
	140 Gasto en el sector energético
	147 Esperanza de vida
	Horas de sol
	Velocidad del viento
	186 Latitud y longitud
	Temperatura
	Luvia
188 Emisión de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	
213 Uso de pesticidas	
247 Sector Agropecuario: Ahorro en costos asociados a una menor disolución de las concentraciones (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	

	<b>30</b>	Sector Energía: Nuevos trabajos asociados al municipio
		Los grupos vulnerables (como mujeres, indígenas, niños y niñas o personas con discapacidades) son específica e intencionalmente incluidos en el proceso de consulta del
	<b>70</b>	PDD ( <i>Project Design Document</i> ) y/o en otras actividades del proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio). Se desarrollan acciones específicas destinadas a alguno o varios de estos grupos
<b>Sociedad</b>	<b>85</b>	Retorno de la inversión del proyecto energético
	<b>119</b>	Sector Agropecuario: Reducción en el número de visitas al médico (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)
	<b>191</b>	Emisión de metano
	<b>207</b>	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) producido por la planta del proyecto energético
	<b>227</b>	Mezcla de energía ( <i>Energy mix</i> )

Cuadro 6.10: Indicadores propuestos por un grupo.

En el Cuadro 6.11 se muestran los 7 indicadores seleccionados por dos grupos, es decir, el 13.2% del conjunto. De los cuales 5 fueron a partir de empresarios y sociedad, 1 de gobierno y empresarios, y por último 1 de gobierno y sociedad.

<b>GRUPO</b>		<b>INDICADOR</b>
	<b>75</b>	Uso de energía primaria per cápita
		Eficiencia eléctrica energética
	<b>122</b>	Eficiencia total energética
		Eficiencia eléctrica exergética
		Eficiencia total exergética
<b>Empresarios</b>	<b>182</b>	Sector Residuos: Número de personas contratadas asociadas a la ampliación de la planta de tratamiento (Tratamiento anaerobio de aguas residuales)
<b>Sociedad</b>	<b>240</b>	Sector Residuos: Número de personas contratadas asociadas al aprovechamiento de residuos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)
	<b>242</b>	Sector Industrial: Aumento de la oferta energética disponible
<b>Gobierno</b>	<b>53</b>	Indicador económico comunitario
<b>Sociedad</b>	<b>77</b>	Uso de energía por unidad de Producto Interno Bruto
<b>Gobierno</b>		
<b>Empresarios</b>		

Cuadro 6.11: Indicadores propuestos por dos grupos

El siguiente conjunto es relevante debido a que tres grupos sociedad, gobierno y empresarios coincidieron en 2 indicadores, lo cual representa el 3.7% de los indicadores seleccionados (Cuadro 6.12).

GRUPO		INDICADOR
<b>Sociedad</b>	<b>71</b>	Sector Residuos: Reducción en costos de tratamientos médicos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitario)
		Sector Residuos: Mejoras producción compostaje (Calidad)
<b>Gobierno</b>	<b>168</b>	(Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)
<b>Empresarios</b>		

Cuadro 6.12: Indicadores elegidos por tres grupos

Los 14 indicadores que están en el Cuadro 6.13 representan el 26.4%, y fueron elegidos por el grupo Tlaxco. Cabe destacar la importancia de este grupo al ser la unión de todos los encuestados, y uno de los conjuntos con mayor cantidad de indicadores.

GRUPO		INDICADOR
<b>Tlaxco</b>	<b>14</b>	Estabilidad política y ausencia de violencia
	<b>24</b>	Afectaciones sociales: Costos externos
	<b>25</b>	Afectaciones sociales: Beneficios externos
	<b>55</b>	Productividad laboral
	<b>79</b>	Indicador de diversidad y vitalidad
	<b>104</b>	Establecer espacios, mecanismos y/o herramientas, por parte del promotor del proyecto, para dar respuesta a las preocupaciones de los actores locales
	<b>109</b>	Generar empleo local de manera directa
	<b>125</b>	Emisiones de contaminantes atmosféricos de actividades de transporte
	<b>130</b>	Mejorar las condiciones laborales de los trabajadores en relación a la situación existente antes de la implantación del proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio)
	<b>131</b>	Sector Residuos: Cambios en la salud de los habitantes que viven cerca de los rellenos sanitarios. (Asociados a tasas de mortalidad-morbilidad en la zona) (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)
	<b>133</b>	Eficiencia de generación
	<b>176</b>	Sector Transporte: Volúmenes de carga (En el aeropuerto y por carretera)

<b>GRUPO</b>		<b>INDICADOR</b>
<b>Tlaxco</b>	<b>183</b>	Ingresos y gastos semanales del hogar
	<b>216</b>	Emisión anual de dióxido de carbono (CO2)

Cuadro 6.13: Indicadores elegidos por el grupo Tlaxco

Tan solo el 5.6% de los indicadores (Cuadro 6.14) se propusieron por un grupo y el grupo Tlaxco. La distribución de elección por los grupos fue la siguiente: 1 indicador por el grupo Tlaxco y gobierno, mientras que 2 indicadores fueron seleccionados por el grupo Tlaxco y sociedad.

<b>GRUPO</b>		<b>INDICADOR</b>
<b>Tlaxco</b>	<b>26</b>	Mejorar los recursos educativos (Por ejemplo, a través de donaciones de material escolar y/o de tecnologías de la información a escuelas puntuales; o a través de la asignación de recursos para ser gestionados por los ayuntamientos en partidas presupuestarias de educación)
<b>Tlaxco</b>	<b>198</b>	Sector Energía: Reducción en la contaminación de ruido
<b>Sociedad</b>	<b>249</b>	Sector Energía: Demanda primaria total

Cuadro 6.14: Indicadores elegidos por un grupo y el grupo Tlaxco

Los indicadores elegidos por dos grupos y el grupo Tlaxco fueron 4 (Cuadro 6.15), lo que representa el 7.5% del total de los indicadores. La elección fue de la siguiente forma: 2 indicadores por el grupo Tlaxco, gobierno y empresarios; 2 por el grupo Tlaxco, gobierno y sociedad.

<b>GRUPO</b>		<b>INDICADOR</b>
<b>Tlaxco</b>	<b>9</b>	Tasa de crecimiento poblacional
<b>Gobierno</b>		Sector Agropecuario: disponibilidades a pagar por conservación
<b>Empresarios</b>	<b>225</b>	y/o mejoras en recursos ambientales (Agua, suelos) (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo)
<b>Tlaxco</b>	<b>16</b>	Voz y responsabilidad
<b>Gobierno</b>	<b>220</b>	Sector Agropecuario: Cambios en biodiversidad (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo Ganadería)

Cuadro 6.15: Indicadores elegidos por dos grupos y el grupo Tlaxco

Por último se presenta el único indicador que lo seleccionaron todos los grupos, tanto sociedad, empresarios, gobierno y Tlaxco (Cuadro 6.16). Este indicador representa el 1.8% y es el número 239.

GRUPO	INDICADOR
Tlaxco	Sector Residuos: Mejores prácticas en el uso de los rellenos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)
Gobierno	
Empresarios	
Sociedad	

Cuadro 6.16: Indicadores elegidos por tres grupos y el grupo Tlaxco

En la Figura 6.2 se muestra un resumen de la información que aporta la sección Indicadores, en esta se observa de forma breve la distribución de los indicadores por grupo. Como se mencionó anteriormente únicamente un indicador es compartido por los cuatro grupos, lo que lo hace el más relevante de todo el conjunto.

Definitivamente este diagrama es de suma importancia, ya que con la información que aporta se puede analizar de forma específica la relación de los indicadores entre grupos y así poder definir el mejor conjunto con base en la percepción de sustentabilidad de las personas que fueron encuestadas con ese fin.

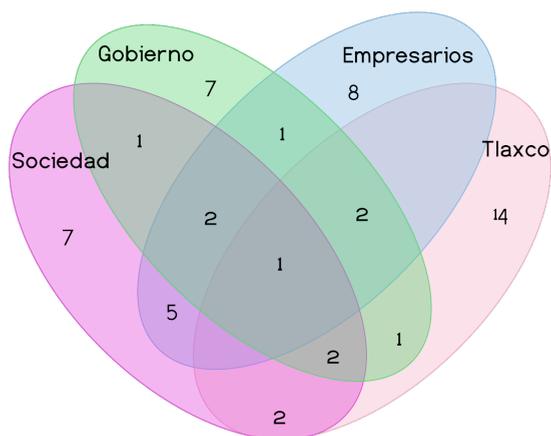


Figura 6.2: Distribución de indicadores por grupo

A continuación se muestra el análisis realizado de los indicadores propuestos por grupo que no tienen ninguna unión con otro grupo. El conjunto empresarios tiene una serie de indicadores que en su mayoría incluyen la componente económica de forma importante, por lo que están alineados hacia esta dimensión. Esto se puede ver reflejado en las temáticas que los indicadores abordan como esquemas de financiamiento, proyectos aprobados y financiados, demanda de energía y proporción de producción renovable local para el consumo local.

Asimismo, se destaca en el grupo sociedad su inclinación hacia temas ambientales por las componentes de los indicadores, que son temas como emisiones de metano y dióxido de carbono. Otro punto a destacar son los indicadores que tienen que ver con la componente social como nuevos trabajos e inclusión de grupos vulnerables. Finalmente, en el grupo gobierno hay dos temas principales que incluyen los indicadores, estos son ambiental y social. Lo cual tiene como resultado indicadores que tratan de asesoría en construcción de proyectos y asistencia a ciudadanos por parte de la autoridad, gasto en el sector energético, emisiones de dióxido de carbono y uso de pesticidas.

En el caso de los indicadores que comparten dos grupos, únicamente hay uno que coincide con gobierno y sociedad (indicador 53), y otro con gobierno y empresarios (indicador 77). El indicador del primer conjunto incorpora las componentes social y económica, mientras que el segundo conjunto predomina la componente social con aspectos ambientales y económicos. Aunado a estos existe un grupo de cinco indicadores (indicador 75, 122, 182, 240 y 242) que comparten empresarios y sociedad, estos muestran interés en temas ambientales y económicos. Es importante señalar que en esta agrupación (empresarios y sociedad) destaca el sector residuos al haber dos indicadores que involucran dicho sector.

Los grupos gobierno, empresarios y sociedad tienen en común los indicadores 71 y 168, mismos que están unidos con el sector residuos en temas como reducción en costos de tratamientos médicos y calidad en compostaje. Es interesante hacer la anotación que hasta este punto del análisis, el tema de residuos comienza a tener relevancia al haberse presentado en dos conjuntos de grupos.

Con relación al grupo Tlaxco se observan dos indicadores que intervienen con sociedad, uno es acerca de la contaminación de ruido (indicador 198) y el segundo es sobre la demanda energética (indicador 249). Solamente se encuentra el indicador 26 en el conjunto Tlaxco y gobierno, y es sobre la mejora de recursos educativos.

Además, en el grupo Tlaxco se identificaron indicadores que actúan con gobierno y empresarios, mismos que tienen relación entre las dimensiones de la sustentabilidad a excepción de la parte institucional. Los indicadores son acerca de tasa de crecimiento poblacional (indicador 9) y conservación y/o mejoras en el sector agropecuario (indicador 225). Asimismo, existe un conjunto de indicadores del grupo Tlaxco, gobierno y sociedad que se vinculan con voz y responsabilidad y cambios en biodiversidad, estos son los indicadores 16 y 220 respectivamente.

Por último, como se mencionó anteriormente solo un indicador fue seleccionado por todos los grupos que se encuestaron, y es el 239 del sector residuos sobre mejores prácticas en el uso de rellenos sanitarios.

## 7 | Conclusiones

El trabajo presentado propone una serie de indicadores de sustentabilidad para proyectos energéticos que se desarrollen en el Pueblo Mágico de Tlaxco, localizado en el estado de Tlaxcala. Para lo cual se propuso una metodología en la que se incluyó la innovación social como eje fundamental para poder definir los indicadores, que inicia con la comunicación efectiva de lo que implica la sustentabilidad para entablar una base común de entendimiento, seguida de la formación de grupos de actores relevantes en el municipio. Se emplea el Modelo de Sustentabilidad Entrelazada como herramienta auxiliar para establecer un conjunto de indicadores, recordando que los conjuntos de indicadores idóneos deben ser mínimos, relevantes, completos y operativos; basado en los escenarios creados a través de las respuestas de los grupos de actores relevantes que se conformaron previamente. Finalmente, se hace la mejor selección de acuerdo con la opinión de expertos y con información obtenida durante el estudio acerca del sitio.

De igual forma se generó un catálogo de indicadores de sustentabilidad específicamente para proyectos energéticos. Los cuales están asociados a los ejes de la sustentabilidad y permiten hacer un ajuste aún más influenciado por el contexto y los actores relevantes mediante la generación de huellas. Es decir, se reconoce que hay grupos de indicadores similares en cuanto a su representación de las cuatro dimensiones y se identifican como un grupo caracterizado por una huella. Misma que será “decodificada” hacia un indicador particular dependiendo del contexto local.

Se definieron cuatro escenarios diferentes a partir de los grupos sociedad, gobierno, empresarios y Tlaxco, este último corresponde al conjunto obtenido de la unión de las respuestas de los tres grupos antes mencionados. Los resultados obtenidos por grupo fueron los siguientes, a partir de la metodología aplicada se establecieron 20 indicadores para el grupo Empresarios, 18 para Gobierno, 20 para Sociedad y 23 para todo Tlaxco. También se pudo conocer qué dimensión de la sustentabilidad es importante para cada uno de los conjuntos anteriores: para el grupo de Empresarios los indicadores están mayoritariamente relacionados con la dimensión económica, en el grupo Sociedad y Gobierno los indicadores fueron principalmente ambientales, y en el grupo Tlaxco se identificó una amplia relación con la dimensión social.

Uno de los resultados obtenidos más importantes fue conocer que de los cuatro grupos sociedad, gobierno, empresarios y Tlaxco se proponen 53 indicadores, y que existen indicadores que se relacionan entre grupos. Este análisis es uno de los puntos más representativos del trabajo, ya que de esta forma se puede obtener información valiosa sobre las combinaciones generadas y la percepción de sustentabilidad por conjuntos. El resultado más sobresaliente es el indicador que trata sobre mejores prácticas en el uso de rellenos sanitarios, ya que los cuatro grupos coincidieron en su selección con base en su escenario individual, por lo cual se puede inferir que es de gran relevancia para la comunidad de Tlaxco.

Después de conocer los resultados se puede identificar el mejor conjunto de indicadores es en el que todos los grupos están incluidos, y que además concuerdan entre sí, de esta forma se asegura que se alcanzará la sustentabilidad en el sitio. El hacer la selección con base en la opinión únicamente de un grupo, puede resultar en la omisión de algún aspecto trascendente para otro sector de la sociedad y complicaría el camino hacia la sustentabilidad de los proyectos energéticos del lugar.

Es importante mencionar que en este trabajo se presentan los mejores indicadores para Tlaxco con base en la percepción de sustentabilidad de las personas encuestadas y el tratamiento realizado con la metodología aplicada. Sin embargo, se reconoce que para su implementación será necesario verificar si se cuenta con la información disponible para poder

iniciar y realizar el seguimiento adecuado, es decir, es necesario evaluar la operatividad del conjunto de indicadores. Como se mencionó a partir de las encuestas aplicadas se obtiene un escenario específico, es por eso que se deberán realizar nuevamente después de un par de años, una vez iniciada la implementación de los indicadores. De esta forma se podrá conocer si existieron avances en el camino hacia la sustentabilidad del Pueblo Mágico, o si es necesario modificar o poner en marcha alguna serie de actividades y/o políticas públicas. Mismas que promuevan el desarrollo sustentable específicamente en proyectos energéticos, atendiendo dicho indicador.

Una aportación futura a este trabajo es dar a conocer estos indicadores a las personas que fueron encuestadas y conocer su opinión al respecto, si están de acuerdo o tienen comentarios acerca del conjunto propuesto por el grupo al que pertenecen. De tal manera, se tendrá más información para poder validar la metodología propuesta o incluir aspectos que no se hayan considerado que sean notables.

Por último, los objetivos tanto general como específicos se cumplieron de forma satisfactoria, y se destaca que con los resultados obtenidos se pudo verificar el funcionamiento del Modelo de Sustentabilidad Entrelazada. Al ser este trabajo la primera vez que se aplica específicamente para un sitio determinado, en este caso Tlaxco, Tlaxcala. El presente análisis se concluye sabiendo que existe un gran trabajo por delante para avanzar en el camino del desarrollo sustentable, y lo aquí presentado es un paso en el trayecto por recorrer específicamente en proyectos energéticos.

# Bibliografía

- [1] C. Busco, M. Frigo, A. Riccaboni, and P. Quattrone, *Integrated Reporting: Concepts and Cases that Redefine Corporate Accountability*, 1st ed. Springer International Publishing, 2013.
- [2] M. Mebratu, “Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review,” *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 18, no. 6, pp. 493–520, 1998.
- [3] T. Kuhlman and J. Farrington, “What is sustainability?” *Sustainability*, vol. 2, no. 11, pp. 3436–3448, 2010.
- [4] World Commission on Environment and Development (WCED), *Our Common Future*. New York, NY, USA: Oxford University Press, 1987.
- [5] D. Pearce, A. Markandya, and E. Barbier, *Blueprint for a Green Economy*. London, UK: Earthscan Publications, 1989.
- [6] *Agenda for Development*. New York, NY, USA: United Nations, 1997, [Online]. Available: [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/51/240&Lang=S](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/51/240&Lang=S) [Accessed: 22-Dec-2017].
- [7] J. Tagüeña y M. Martínez, *Fuentes renovables de energía y desarrollo sustentable*. México: CONACULTA, Dirección General de Publicaciones, 2008.
- [8] *The future we want*. Rio de Janeiro, Brazil: United Nations, 2012, [Online]. Available: <https://sustainabledevelopment>.

- [un.org/content/documents/733FutureWeWant.pdf](http://un.org/content/documents/733FutureWeWant.pdf) [Accessed: 22-Dec-2017].
- [9] Organización de las Naciones Unidas. (2017) La agenda de desarrollo sostenible. [En línea]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/la-agenda-de-desarrollo-sostenible/> [Accesado: 22-Dic-2017].
- [10] *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York, NY, EUA: Naciones Unidas, 2012, [En línea]. Disponible en: [http://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1\\_es.pdf](http://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf) [Accesado: 22-Dic-2017].
- [11] Organización de las Naciones Unidas. Objetivos de desarrollo sostenible. [En línea]. Disponible en: <https://academicimpact.un.org/es/content/objetivos-de-desarrollo-sostenible> [Accesado: 22-Dic-2017].
- [12] ONU MÉXICO. (2017) Objetivos de desarrollo sostenible. [En línea]. Disponible en: <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/> [Accesado: 22-Dic-2017].
- [13] Presidencia de la República. (2018) Avances y retos en la implementación de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible en México. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2wAW4wF> [Accesado: 01-Sep-2018].
- [14] Organización de las Naciones Unidas. (2018) Voluntary national review 2018. [En línea]. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/hlpf/2016/mexico> [Accesado: 01-Sep-2018].
- [15] *Resumen Ejecutivo del Reporte de la Revisión Nacional del Cumplimiento de la Agenda 2030 en México*. Ciudad de México: Comité Técnico Especializado del Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, [En línea]. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/10180mexico2.pdf>. [Accesado: 22-Dic-2017].

- [16] Presidencia de la República. (2015) Sistema de información de los objetivos de desarrollo del milenio. [En línea]. Disponible en: <http://www.objetivosdedesarrollodemilenio.org.mx> [Accesado: 22-Dic-2017].
- [17] Presidencia de la República. (2018) Sistema de información de los objetivos de desarrollo sostenible, México. [En línea]. Disponible en: <http://agenda2030.mx/ODSopc.html?lang=es#/about> [Accesado: 01-Sep-2018].
- [18] *Programa de Trabajo 2016-2018*. Ciudad de México: COMITÉ TÉCNICO ESPECIALIZADO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE, 2016, [En línea]. Disponible en: <http://www.objetivosdedesarrollodemilenio.org.mx/Doctos/PT2016-2018.pdf> [Accesado: 22-Dic-2017].
- [19] D. Karahasanović, K. Tatić, and A. Avdić, “Sustainable Development Indicator with Special Focus on Developing Countries. Proposal of New Sustainable Development Index (NsdI),” *Annals of the Alexandru Ioan Cuza University - Economics*, vol. 59, no. 1, pp. 257–273, 2012.
- [20] “EEA core set of indicators Guide,” Copenhagen, Denmark, Tech. Rep., 2005, [Online]. Available: [https://www.eea.europa.eu/publications/technical\\_report\\_2005\\_1](https://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2005_1) [Accessed: 03-Jan-2018].
- [21] F. Unander, “Energy indicators and sustainable development: The international energy agency approach,” *Natural Resources Forum*, vol. 29, no. 4, pp. 377–391, 2005.
- [22] I. Vera and L. Langlois, “Energy indicators for sustainable development,” *Energy*, vol. 32, no. 6, pp. 875–882, 2007.
- [23] *Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency, 2005.
- [24] I. Callens and D. Tyteca, “Towards indicators of sustainable development for firms,” *Ecological Economics*, vol. 28, no. 1, pp. 41–53, 1998.

- [25] I. Callens and L. Wolters, “Factors of unsustainability: Identification, links and hierarchy,” *Business Strategy and the Environment*, vol. 7, no. 1, pp. 32–42, 1999.
- [26] H. Daly and J. Cobb Jr., *For the Common Good: Redirecting the Economy Towards Community, the Environment, and a Sustainable Future*. Boston, MA, USA: Beacon Press, 1989.
- [27] D. Pearce and G. Atkinson, “Are national economies sustainable? Measuring sustainable development,” *CSEERGE Working Paper GEC*, no. 92-11, 1992.
- [28] D. Pearce and G. Atkinson, “Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of "weak" sustainability,” *Ecological Economics*, vol. 8, no. 2, pp. 103–108, 1993.
- [29] D. Pearce, *Blueprint 3: Measuring Sustainable Development*. London, UK: Earthscan Publications, 1994.
- [30] K. Cedano and M. Martínez, “Consensus indicators of sustainability for urban infrastructure,” in *Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*, Arlington, VA, USA, 2010.
- [31] B. Iasiello. What makes a successful set of indicators? OECD. [Online]. Available: <http://www.oecd.org/site/progresskorea/globalproject/43361754.pdf> [Accessed: 03-Jan-2018].
- [32] *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. México: INEGI, 2000, [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2KOzSUo> [Accesado: 03-Ene-2018].
- [33] United Nations Conference on Environment and Development, *Agenda 21, Rio Declaration, Forest Principles*. New York: United Nations, 1992, [En línea]. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf> [Accesado: 03-Ene-2018].
- [34] C. Ávila, K. Cedano, and M. Martínez, “Sustainability analysis of waste to energy strategies for municipal solid waste treatment,”

*The International Journal of Environmental Sustainability*, vol. 1-12, no. 2, pp. 103–108, 2017.

- [35] P. Vázquez, “Análisis de estabilidad del modelo computacional sustentabilidad enredada,” tesis doctoral, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2017.
- [36] P. Vázquez, J. del Río, K. Cedano, M. Martínez, and H. Jensen, “An Entangled Model for Sustainability Indicators,” *PLOS ONE*, vol. 10, no. 8, pp. 1–12, 2015.
- [37] K. Christensen, S. D. Collobiano, M. Hall, and H. Jensen, “Tangled Nature: A Model of Evolutionary Ecology,” *Journal of Theoretical Biology*, vol. 216, no. 1, pp. 73–84, 2002. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135250>
- [38] Crecimiento exponencial y logístico. Khan Academy. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2ozEpTH> [Accesado: 30-May-2018].
- [39] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015) Cuéntame... Información por entidad. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2MyEuTy> [Accesado: 20-Jun-2018].
- [40] Secretaría de Turismo. (2016) Tlaxco, Tlaxcala. [En línea]. Disponible en: <http://www.sectur.gob.mx/gobmx/pueblos-magicos/tlaxco-tlaxcala/> [Accesado: 20-Jun-2018].
- [41] Secretaría de Turismo. (2017) Lineamientos generales para la incorporación y permanencia al programa pueblos mágicos. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2Pc4TVo> [Accesado: 20-Jun-2018].
- [42] Secretaría de Turismo. (2016) Pueblos mágicos. [En línea]. Disponible en: <http://www.sectur.gob.mx/gobmx/pueblos-magicos/> [Accesado: 20-Jun-2018].
- [43] *Anuario estadístico y geográfico de Tlaxcala 2017*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2OVmyQ2> [Accesado: 20-Jun-2018].

- [44] *Un puente entre dos Méxicos*. México: Instituto Mexicano para la Competitividad, 2016, [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2PhW77s> [Accesado: 20-Jun-2018].
- [45] *Plan Municipal de Desarrollo*. México: H. Ayuntamiento del Municipio Tlaxco, n.d., [En línea]. Disponible en: <https://www.tlaxco.gob.mx/#> [Accesado: 20-Jun-2018].
- [46] N. Martínez, K. Cedano, S. Gutiérrez, M. Martínez, and M. Martínez, “Una propuesta de niveles de maduración tecnológica para ciencias sociales,” in *La agenda emergente de las ciencias sociales. Conocimiento, crítica e intervención. Memorias del 5 Congreso Nacional de Ciencias Sociales*, 2016, pp. 849–876.
- [47] A. Evans, V. Strezov, and T. J. Evans, “Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies,” *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 13, no. 5, pp. 1082–1088, 2009. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008>
- [48] O. Toumi, J. Le Gallo, and J. B. Rejeb, “Assessment of latin american sustainability,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 78, pp. 878–885, 2017. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.013>
- [49] International Atomic Energy Agency, *Energy indicators for sustainable development: Country Studies on Brazil, Cuba, Lithuania, Mexico, Russian Federation, Slovakia and Thailand*. IAEA-UN, 2007, [En línea]. Disponible en: [http://www.un.org/esa/sustdev/publications/energy\\_indicators/full\\_report.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/publications/energy_indicators/full_report.pdf) [Accesado: 25-Abr-2018].
- [50] M. Horner, C. Hardcastle, and A. Price, “Selecting sustainability indicators for urban energy systems,” 2007.
- [51] N. H. Afgan, M. G. Carvalho, and N. V. Hovanov, “Energy system assessment with sustainability indicators,” *Energy Policy*, vol. 28, pp. 603–612, 2000.

- [52] C. A. Frangopoulos and D. E. Keramioti, “Multi-criteria evaluation of energy systems with sustainability considerations,” *Entropy*, vol. 12, no. 5, pp. 1006–1020, 2010. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.3390/e12051006>
- [53] G. Liu, A. M. Baniyounes, M. Rasul, M. Amanullah, and M. Khan, “General sustainability indicator of renewable energy system based on grey relational analysis,” *International Journal of Energy Research*, vol. 37, no. 14, pp. 1928–1936, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1002/er.3016>
- [54] N. Onat and H. Bayar, “The sustainability indicators of power production systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 9, pp. 3108–3115, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.022>
- [55] L. F. García, “Evaluación de los co-beneficios sobre el desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza de proyectos de mitigación del cambio climático de brasil,” tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
- [56] *Desarrollo y aplicación piloto de la metodología de evaluación de los Cobeneficios de acciones de mitigación del cambio climático en Colombia*. Colombia: Econometría Consultores, 2014, [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2MHKTYj> [Accesado: 25-Abr-2018].

# A | Encuesta de percepción de desarrollo sustentable

1. Los cultivos permanentes o monocultivos impulsan la economía de la región
2. El uso de fertilizantes en los cultivos impulsa la economía de la región
3. El agua disponible que se usa en las actividades económicas impulsa la economía de la región
4. Los cultivos orgánicos (cultivos que evitan el uso de productos sintéticos) impulsa a la economía de la región
5. La calidad del aire perjudica a la población de la región
6. La calidad del agua perjudica a la población de la región
7. La abundancia de especies beneficia a la población de la región
8. La abundancia de áreas verdes perjudica a la población de la región
9. Las instituciones se ven afectadas negativamente por los desastres naturales de la región
10. Las instituciones se ven afectadas positivamente por el cuidado medio ambiental de la región
11. La contaminación ambiental de la región perturba las actividades de las instituciones locales
12. La abundancia de áreas verdes impulsa el desarrollo de las organizaciones sociales
13. El cambio de uso de suelo es benéfico para el medio ambiente de la región
14. La industria perjudica la calidad del aire de la región
15. La industria perjudica la calidad del agua de la región

16. La industria genera deforestación en la región
17. El empleo en la región se caracteriza por ser vulnerable
18. La disponibilidad de productos impulsa la economía de los hogares en la región
19. El consumo de energía impulsa la economía de los hogares en la región
20. La disponibilidad de electricidad impulsa la economía de los hogares en la región
21. La competitividad impulsa a las instituciones de la región
22. El ingreso de la localidad impulsa a las instituciones de la región
23. El impulso a las MiPyMES fortalece a las instituciones públicas
24. El desempleo afecta la solidez de las instituciones gubernamentales y jurídicas
25. El compromiso de los ciudadanos con el reciclaje de basura ayuda al medio ambiente de la región
26. El compromiso de los ciudadanos para reducir la contaminación ayuda al medio ambiente de la región
27. El compromiso de los ciudadanos para no desperdiciar agua ayuda al medio ambiente de la región
28. El uso de automóvil afecta al medio ambiente de la región
29. El número de turistas respecto al número de residentes impulsa la economía de la región
30. La jornada laboral impulsa la economía de la región
31. El crecimiento de la población laboralmente activa impulsa la economía de la región
32. El empleo justo y bien remunerado genera mayores utilidades en las empresas
33. La deficiencia en educación influye en los niveles de corrupción
34. Los altos índices de criminalidad perjudican a las instituciones
35. El respeto de los ciudadanos a las reglas establecidas perjudica a las instituciones
36. El uso que dan los ciudadanos a los servicios públicos afectan a las instituciones

37. La participación de las instituciones en las energías renovables ayuda al medio ambiente
38. La calidad de las ONG's (Organizaciones No Gubernamentales) o agrupaciones sociales impacta positivamente al medio ambiente
39. El nivel de protección a las especies ayuda al medio ambiente
40. La reglamentación ante problemas de contaminación ayuda al medio ambiente
41. La promoción al turismo impulsa la economía
42. La promoción de las buenas prácticas económicas impulsa la economía
43. La promoción para el crecimiento del número de empleados impulsa la economía
44. La promoción para la generación de empresas impulsa la economía
45. La promoción al empleo contribuye a la sociedad
46. La promoción cultural contribuye a la sociedad
47. La calidad de los servicios de salud contribuye a la sociedad
48. La calidad de los servicios de educación contribuye a la sociedad

## B | Catálogo de indicadores

En este anexo se presenta el catálogo de indicadores de desarrollo sustentable generado aplicable a proyectos energéticos, a partir de literatura disponible [47–56], y la huella asignada a cada uno para su identificación y posterior selección.

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
1	Calidad regulatoria	0	0	0	3
2	Estado de Derecho	0	0	0	3
3	Índice de democratización	0	0	1	3
4	Impactos sociales	0	0	2	1
5	Asesoramiento en la construcción de proyectos y asistencia a los ciudadanos en cuestiones energéticas por parte de la autoridad local	0	0	2	2
6	Participación activa del público en la formulación de políticas relacionadas a energía	0	0	2	2
7	Eficiencia energética pública	0	0	2	3
8	Promocionar la armonía y la cohesión social (Por ejemplo, mediante la creación y/o promoción de nuevas asociaciones o cooperativas)	0	0	2	3
9	Tasa de crecimiento poblacional	0	0	3	1
10	Población	0	0	3	2
11	Sector Social: Accidentes carreteros	0	0	3	2
12	Mujeres en el parlamento	0	0	3	3
13	Índice de libertad política	0	1	1	3
14	Estabilidad política y ausencia de violencia	0	1	1	3
15	Corrupción	0	1	2	3
16	Voz y responsabilidad	0	1	2	3
17	Viviendas y ocupación	0	1	3	1
18	Viviendas y características de ocupación	0	1	3	1
19	Tasa de población urbana	0	1	3	2
20	Tasa de desempleo	0	1	3	2
21	Número de hogares	0	1	3	2
22	Disponibilidad y limitaciones tecnológicas	0	2	0	1
23	Disponibilidad de información en relación con la energía en línea del gobierno electrónico	0	2	0	3
24	Afectaciones sociales: Costos externos	0	2	2	0
25	Afectaciones sociales: Beneficios externos	0	2	2	1

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
	Mejorar los recursos educativos (Por ejemplo, a través de donaciones de material escolar y/o de tecnologías de la				
<b>26</b>	información a escuelas puntuales; o a través de la asignación de recursos para ser gestionados por los ayuntamientos en partidas presupuestarias de educación)	0	2	3	1
<b>27</b>	Tasa de alfabetización	0	2	3	2
<b>28</b>	Indicador de trabajos nuevos	0	2	3	2
<b>29</b>	Sector Industrial: Población ocupada por sector	0	2	3	2
<b>30</b>	Sector Energía: Nuevos trabajos asociados al municipio	0	2	3	2
<b>31</b>	Sector Agropecuario: Acceso a servicios de salud (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	0	2	3	3
<b>32</b>	Sector Industrial: Número de empresas con cambios en procesos de producción	0	3	0	0
<b>33</b>	Valor presente neto (Análisis convencional)	0	3	0	1
<b>34</b>	Sector Industrial: Valor Agregado sectorial	0	3	0	1
<b>35</b>	Sector Industrial: Relación precios producto nacional y precio producto importado	0	3	0	1
<b>36</b>	Esquemas de financiamiento disponibles localmente para energías renovables y eficiencia energética	0	3	0	2
<b>37</b>	Deuda	0	3	0	3
<b>38</b>	Inversión en el cuidado de la salud	0	3	0	3
<b>39</b>	Gasto militar	0	3	0	3
<b>40</b>	Espacio requerido para la tecnología	0	3	1	0
<b>41</b>	Ahorro en costos de energía asociados a mayor eficiencia energética y disminución de la intensidad energética	0	3	1	0
<b>42</b>	Producto Interno Bruto per cápita	0	3	1	1
<b>43</b>	Porcentaje de viviendas que cumplen el estándar de vivienda 'decente'	0	3	1	1
<b>44</b>	Sector Agropecuario: Ahorro en insumos (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	0	3	1	1
<b>45</b>	Indicador de inversión de capital	0	3	1	1
<b>46</b>	Crecimiento del Producto Interno Bruto	0	3	1	2
<b>47</b>	Tasa de inflación	0	3	1	2
<b>48</b>	Inversión	0	3	1	2
<b>49</b>	Reducir la migración	0	3	1	2
<b>50</b>	Deuda externa	0	3	1	3
<b>51</b>	Involucrar universidades o centros de investigación locales para el desarrollo y/o uso y/o difusión de la tecnología	0	3	1	3
<b>52</b>	Sector Comercial: Facturación comercial total	0	3	2	0
<b>53</b>	Indicador económico comunitario	0	3	2	0
<b>54</b>	Sector Energía: Asociados a menores costos por prestación del servicio dentro del Sistema Interconectado Nacional	0	3	2	0
<b>55</b>	Productividad laboral	0	3	2	1
<b>56</b>	Número de empleos en la región	0	3	2	2
<b>57</b>	Coefficiente GINI	0	3	2	2
<b>58</b>	Aumentar el turismo local	0	3	2	2
<b>59</b>	Incrementar la formación técnica-profesional de los trabajadores locales	0	3	2	2
<b>60</b>	Fortalecer la actividad empresarial local	0	3	2	3
<b>61</b>	Acciones de los sectores en Producto Interno Bruto valor agregado	0	3	3	0
<b>62</b>	Red de internet	0	3	3	1

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
63	Red telefónica	0	3	3	1
64	Sector Agropecuario: Productividades (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	0	3	3	1
65	Sector Industrial: Reducción en costos de tratamientos médicos	0	3	3	1
66	Desigualdad de ingresos	0	3	3	2
67	Sector Agropecuario: Nuevos productos (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	0	3	3	2
68	Sector Agropecuario: Medidas de pobreza (Tener ingresos por encima de la línea de pobreza) (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	0	3	3	2
69	Sector Industrial: Línea de pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	0	3	3	2
70	Los grupos vulnerables (como mujeres, indígenas, niños y niñas o personas con discapacidades) son específicamente e intencionalmente incluidos en el proceso de consulta del PDD ( <i>Project Design Document</i> ) y/o en otras actividades del proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio). Se desarrollan acciones específicas destinadas a alguno o varios de estos grupos	1	0	3	3
71	Sector Residuos: Reducción en costos de tratamientos médicos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	1	1	3	2
72	Precio de generación de electricidad	1	2	0	2
73	Sector Industrial: Número de certificados de eficiencia energética expedidos a raíz de la implementación de la medida	1	2	0	3
74	Sector Residuos: Número de proyectos aprobados y financiados (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	1	2	0	3
75	Uso de energía primaria per cápita	1	2	1	0
76	Actividad de transporte de mercancías: total, por modo	1	2	2	1
77	Uso de energía por unidad de Producto Interno Bruto	1	2	2	1
78	Relación entre el ingreso disponible diario per cápita del 20% de la población más pobre y los precios de la electricidad y los principales combustibles para el hogar	1	2	2	2
79	Indicador de diversidad y vitalidad	1	2	3	0
80	Población debajo de la línea de pobreza	1	2	3	1
81	Sector Industrial: Número de personas contratadas asociadas al proyecto Captura de Metano en Minas	1	2	3	1
82	Indicador de Desarrollo Humano	1	2	3	1
83	Sector Social: Calidad de vida	1	2	3	2
84	Hogares beneficiados	1	2	3	2
85	Retorno de la inversión del proyecto energético	1	3	0	0
86	Precios de la energía por combustible	1	3	0	2
87	Infraestructura ferroviaria (Longitud del ferrocarril, número de estaciones)	1	3	0	2
88	Propietarios de automóvil	1	3	1	0
89	Producto económico	1	3	1	0
90	Consumo anual de energía per cápita por categoría de uso principal	1	3	1	0
91	Sector Residuos: Porcentaje de ahorro de los usuarios por el pago de la tasa retributiva	1	3	1	0
92	Exportación	1	3	1	2

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
<b>93</b>	Longitud de carreteras	1	3	1	2
<b>94</b>	Intensidad energética	1	3	1	2
<b>95</b>	Construir y/o mejorar infraestructuras locales: carreteras, puentes, edificios públicos como escuelas, centros comunales, centros de salud, etc.	1	3	1	3
<b>96</b>	Sector Transporte: Volumen de pasajeros del aeropuerto	1	3	2	0
<b>97</b>	Industrial: Demanda de energía comercial total entregada (Electricidad, otros combustibles)	1	3	2	0
<b>98</b>	Parte de los ingresos de los hogares gastados en combustible y electricidad	1	3	2	0
<b>99</b>	Sector Agropecuario: Número de quejas interpuestas entre los usuarios del distrito de manejo (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	1	3	2	0
<b>100</b>	Sector Industrial: Consumo de los hogares	1	3	2	1
<b>101</b>	Fracción de hogares fuertemente dependientes de energía no comercial y sin electricidad	1	3	2	1
<b>102</b>	Sector Doméstico: Demanda de energía suministrada (Por función: calefacción de espacios, calentamiento de agua, luces y electrodomésticos)	1	3	2	1
<b>103</b>	Modalidad combinada de transporte de pasajeros	1	3	2	1
<b>104</b>	Establecer espacios, mecanismos y/o herramientas, por parte del promotor del proyecto, para dar respuesta a las preocupaciones de los actores locales	1	3	2	2
<b>105</b>	Desarrollar, usar, mejorar y/o difundir una nueva tecnología	1	3	2	2
<b>106</b>	Crecimiento industrial	1	3	2	2
<b>107</b>	Sector Doméstico: Gasto de energía semanal en el hogar por combustible	1	3	3	0
<b>108</b>	Sector Doméstico: Demanda de energía doméstica entregada total (Electricidad, otros combustibles)	1	3	3	0
<b>109</b>	Generar empleo local de manera directa	1	3	3	1
<b>110</b>	Sector Agropecuario: Ingresos asociados a mayor productividad (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería) Mejorar económicamente las comunidades locales	1	3	3	1
<b>111</b>	(Por medio de la reducción de costos a nivel local, por el aumento de consumo de productos y/o servicios locales, y/o por el aumento de los ingresos)	1	3	3	2
<b>112</b>	Nuevos empleos creados por el proyecto energético	1	3	3	2
<b>113</b>	Sector Energía: Línea de pobreza NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas)	1	3	3	2
<b>114</b>	Emisiones de Gases Efecto Invernadero	2	0	1	0
<b>115</b>	Consumo de agua	2	0	1	1
<b>116</b>	Proporción de producción renovable local para el consumo local de energía y electricidad	2	0	1	1
<b>117</b>	Campañas de sensibilización sobre cuestiones energéticas	2	0	2	3
<b>118</b>	Sector Agropecuario: Reducción de los días de falta al trabajo asociados a enfermedades respiratorias (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	2	0	3	0
<b>119</b>	Sector Agropecuario: Reducción en el número de visitas al médico (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	2	0	3	1
<b>120</b>	Sector Industrial: Cambios en la salud de los habitantes que viven cerca de la industria y de la salud de los propios trabajadores	2	0	3	1

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
121	Sector Residuos: Cambios en la salud de los habitantes que utilizan el agua del río (Asociados a tasas de mortalidad-morbilidad en la zona) Tratamiento anaeróbico de aguas residuales	2	0	3	2
122	Eficiencia eléctrica energética Eficiencia total energética Eficiencia eléctrica exergética Eficiencia total exergética	2	1	0	0
123	Producción de energía a partir de la microgeneración en relación con el consumo	2	1	0	1
124	Vida útil probada de las reservas de combustibles fósiles	2	1	0	2
125	Emisiones de contaminantes atmosféricos de actividades de transporte	2	1	1	0
126	Sector Energía: Desarrollo de nueva infraestructura	2	1	1	3
127	Distancia recorrida: Total y por transporte urbano	2	1	2	1
128	Sector Residuos: Proyectos asociados a la mejora de la calidad de vida de los habitantes cercanos a los rellenos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	1	2	3
129	Existe una percepción positiva, por parte de los actores locales involucrados, sobre contribución del proyecto a la generación de mejoras en las condiciones de vida	2	1	2	3
130	Mejorar las condiciones laborales de los trabajadores en relación a la situación existente antes de la implantación del proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio)	2	1	3	1
131	Sector Residuos: Cambios en la salud de los habitantes que viven cerca de los rellenos sanitarios. (Asociados a tasas de mortalidad-morbilidad en la zona) (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	1	3	2
132	Acceso a transporte público	2	1	3	3
133	Eficiencia de generación	2	2	0	0
134	Disponibilidad del recurso energético	2	2	0	2
135	Fracción de la capacidad de explotación hídrica técnicamente explotable que actualmente no se utiliza	2	2	0	2
136	Dependencia de importación neta de energía o importaciones y exportaciones de energía neta	2	2	0	3
137	Intensidad energética en manufactura	2	2	0	3
138	Intensidad energética en agricultura	2	2	0	3
139	Intensidad energética en el sector comercial y servicios	2	2	0	3
140	Gasto en el sector energético	2	2	1	1
141	Valor de fabricación agregado por industrias intensivas en energía seleccionadas	2	2	1	1
142	Relación entre la producción local y el consumo local de energía y electricidad	2	2	1	1
143	Uso de suelo	2	2	1	1
144	Intensidad energética en el sector residencial (Punta de la energía final y kWh de electricidad per cápita o por hogar; punta de la energía utilizada para la calefacción de espacios por unidad de área de origen)	2	2	1	3
145	Fracción del ingreso disponible entre el gasto de combustible y electricidad en consumo doméstico	2	2	2	2
146	Intensidad energética en transporte	2	2	2	3

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
147	Esperanza de vida	2	2	3	1
148	Sector Industrial: Percepción de calidad de vida de los beneficiarios	2	2	3	1
149	Mejorar la exposición sanitaria (Por ejemplo, financiando campañas de vacunación de y/o campañas de salud y seguridad; o comprando nuevos equipos o suminitros para los hospitales locales)	2	2	3	2
150	Sector Social: Pobreza energética	2	2	3	2
151	Sector Transporte: Viajes diarios promedio por modo	2	2	3	2
152	Respuestas a consultas públicas de proyectos relacionados con la energía	2	2	3	3
153	Sector Agropecuario: Empleos generados por reducción de conflicto de uso (Contratación de jornaleros para agricultura) (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	2	2	3	3
154	Generación de energía por el proyecto energético	2	3	0	0
155	Sector Industrial: Utilización de energía producida a través del gas producido en la industria. Autoconsumo	2	3	0	0
156	Sector Residuos: Precio de venta de productos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	3	0	0
157	Sector Residuos: Toneladas de productos derivados de los tratamientos primario y/o secundario de la PTAR (Planta de Tratamiento Anaeróbico de Aguas Residuales)	2	3	0	0
158	Participación de energía renovable en energía y electricidad	2	3	0	1
159	Indicador de recursos de combustible	2	3	0	2
160	Carretera (Kilómetros construidos)	2	3	0	2
161	Costos de la energía del proyecto energético	2	3	0	2
162	Indicador de recursos de acero al carbón	2	3	0	3
163	Indicador de recursos de cobre	2	3	0	3
164	Indicador de recursos de aluminio	2	3	0	3
165	Competencia en los mercados eléctricos y gas	2	3	0	3
166	Sector Comercial: Demanda total de energía entregada para el transporte (Electricidad, otros combustibles)	2	3	1	0
167	Consumo de energía final por sector	2	3	1	0
168	Sector Residuos: Mejoras producción compostaje (Calidad) (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	3	1	0
169	Sector Residuos: Insumos generados en el proceso de tratamiento de los residuos utilizables en otros procesos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	3	1	0
170	Valor presente neto incluyendo externalidades ambientales	2	3	1	1
171	Inversión en la industria energética (I+D y stock de capital)	2	3	1	1
172	Sector Doméstico: Demanda de energía entregada por combustible	2	3	1	1
173	Sector Energía: Demanda de energía industrial total entregada (Electricidad, otros combustibles)	2	3	1	1
174	Sector Energía: Aumento de la oferta energética disponible	2	3	1	2
175	Repartir equitativamente los ingresos procedentes de los CER ( <i>Certified Emission Reduction</i> ), con fondos que llegan a las comunidades locales	2	3	1	3

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
<b>176</b>	Sector Transporte: Volúmenes de carga (En el aeropuerto y por carretera)	2	3	2	0
<b>177</b>	Sector Agropecuario: Utilización de residuos utilizados provenientes de la ganadería y de los productos agrícolas (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	2	3	2	1
<b>178</b>	Consumo de energía por el sector transporte	2	3	2	1
<b>179</b>	Sector Residuos: Toneladas de productos asociados a una mejora en el aprovechamiento de los residuos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	2	3	2	1
<b>180</b>	Relación entre trabajos relacionados con la energía y población	2	3	3	1
<b>181</b>	Indicador de capital	2	3	3	1
<b>182</b>	Sector Residuos: Número de personas contratadas asociadas a la ampliación de la planta de tratamiento (Tratamiento anaeróbico de aguas residuales)	2	3	3	1
<b>183</b>	Ingresos y gastos semanales del hogar	2	3	3	2
<b>184</b>	Sector Energía: Ingreso per cápita del municipio entre ingreso per cápita nacional	2	3	3	3
<b>185</b>	Porcentaje de producción orgánica	3	0	0	0
	Horas de sol				
	Velocidad del viento				
<b>186</b>	Latitud y longitud	3	0	0	0
	Temperatura				
	Luvia				
<b>187</b>	Reducir el riesgo de deslizamiento de tierras	3	0	0	2
<b>188</b>	Emisión de dióxido de carbono (CO2)	3	0	1	0
<b>189</b>	Irrigación	3	0	1	0
<b>190</b>	Emisiones de precursor de lluvia ácida	3	0	1	0
<b>191</b>	Emisión de metano	3	0	1	1
<b>192</b>	Reducir malos olores	3	0	1	1
<b>193</b>	Reducir el riesgo de fuego y/o explosiones	3	0	1	1
<b>194</b>	Descargas en la cuenca hidrográfica: petróleo en aguas costeras	3	0	1	2
<b>195</b>	Sector Residuos: Cambios en los índices de contaminación, olores (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	0	1	2
<b>196</b>	Evitar la deforestación, la degradación forestal y la erosión de la tierra	3	0	1	2
<b>197</b>	Mejorar la biodiversidad local	3	0	2	2
<b>198</b>	Sector Energía: Reducción en la contaminación de ruido	3	0	2	2
<b>199</b>	Incrementar la conciencia en relación a los aspectos medioambientales	3	0	2	3
<b>200</b>	Consumo de fertilizantes	3	1	0	0
<b>201</b>	Fracción renovable (Proporción de electricidad generada por recursos de energía renovable entre la generación total de electricidad)	3	1	0	0
<b>202</b>	Generación de desechos sólidos	3	1	0	1
<b>203</b>	Emisión anual de UHC (Hidrocarburos No Quemados)	3	1	0	1
<b>204</b>	Tierras fértiles	3	1	1	0
<b>205</b>	Sector Agropecuario: Disponibilidad a pagar por el recurso (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	3	1	1	0
<b>206</b>	Emisiones de dióxido de azufre (SO2) y dióxido de nitrógeno (NO2)	3	1	1	1
<b>207</b>	Dióxido de carbono (CO2) producido por la planta del proyecto energético	3	1	1	1

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
<b>208</b>	Óxido de nitrógeno (NO) producido por la planta del proyecto energético	3	1	1	1
<b>209</b>	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) producido por la planta del proyecto energético	3	1	1	1
<b>210</b>	Emisión anual de PM10 (Materia particular de un diámetro de hasta 10 m)	3	1	1	1
<b>211</b>	Sector Residuos: Cambios en los índices de contaminación, olores, calidad del agua de la fuente hídrica afectada (Tratamiento anaeróbico de aguas residuales)	3	1	1	2
<b>212</b>	Reducir la contaminación atmosférica (Con contaminantes que no sean los de GEI recogidos en el Protocolo de Kioto)	3	1	1	2
<b>213</b>	Uso de pesticidas	3	1	2	0
<b>214</b>	Indicador de ambiente de desechos	3	1	2	1
<b>215</b>	Emisión anual de monóxido de carbono (CO)	3	1	2	1
<b>216</b>	Emisión anual de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	3	1	2	1
<b>217</b>	Disminuir la presión sobre los recursos naturales locales	3	1	2	1
<b>218</b>	Concentración ambiental de contaminantes en áreas urbanas	3	1	2	2
<b>219</b>	Promover la gestión de residuos (Incluyendo reutilización y reciclaje)	3	1	2	2
<b>220</b>	Sector Agropecuario: Cambios en biodiversidad (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	1	3	1
<b>221</b>	Reducir la exposición a factores que afectan a la salud y la seguridad (Por ejemplo, el agua no potable, y/o el humo), y/o promocionar cambios que mejoran estilos de vida	3	1	3	2
<b>222</b>	Muertes causadas por accidentes con ruptura por cadena de combustible	3	2	0	0
<b>223</b>	Área	3	2	0	0
<b>224</b>	Eficiencia de conversión del proyecto energético	3	2	0	0
<b>225</b>	Sector Agropecuario: Disponibilidades a pagar por conservación y/o mejoras en recursos ambientales (Agua, suelos) (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	2	0	0
<b>226</b>	Recursos renovables internos de agua dulce per cápita	3	2	0	1
<b>227</b>	Mezcla de energía ( <i>Energy mix</i> )	3	2	0	2
<b>228</b>	Reservas probadas de combustibles fósiles recuperables	3	2	0	2
<b>229</b>	Producción de energía autóctona	3	2	1	1
<b>230</b>	Sector Industrial: Número de industrias sin energía que llegan a tener energía	3	2	1	1
<b>231</b>	Suelo arado	3	2	1	1
<b>232</b>	Sector Energía: Porcentaje de energía renovable utilizada dentro del total utilizada	3	2	1	2
<b>233</b>	Sector Residuos: Generación de cadenas de valor para los bienes y procesos productivos	3	2	1	3
<b>234</b>	Consumo de energía	3	2	2	0
<b>235</b>	Intensidad de uso de los recursos forestales como leña	3	2	2	0
<b>236</b>	Sector Agropecuario: Hectáreas utilizadas según su vocación (Ej. Reducción de Conflictos en el Uso de Suelo en Ganadería)	3	2	2	0
<b>237</b>	Recuperar el suelo y/o mejorar la fertilidad del suelo	3	2	2	0
<b>238</b>	Forestación	3	2	2	1
<b>239</b>	Sector Residuos: Mejores prácticas en el uso de los rellenos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	2	2	1

	<b>Indicador</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
<b>240</b>	Sector Residuos: Número de personas contratadas asociadas al aprovechamiento de residuos (Reducción de la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los Rellenos Sanitarios)	3	2	3	1
<b>241</b>	Sector Residuos: Reducción en costos de tratamientos médicos asociados a las mejoras en salud (Tratamiento anaeróbico de aguas residuales)	3	2	3	1
<b>242</b>	Sector Industrial: Aumento de la oferta energética disponible	3	3	0	1
<b>243</b>	Sector Energía: Producción total de energía	3	3	0	2
<b>244</b>	Favorecer el acceso y/o el uso sostenible de la energía	3	3	0	2
<b>245</b>	Sector Energía: Exportaciones totales de energía	3	3	0	3
<b>246</b>	Sector Energía: Importaciones totales de energía	3	3	0	3
<b>247</b>	Sector Agropecuario: Ahorro en costos asociados a una menor disolución de las concentraciones (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	3	3	1	1
<b>248</b>	Indicador económico de eficiencia	3	3	2	1
<b>249</b>	Sector Energía: Demanda primaria total	3	3	2	2
<b>250</b>	Sector Agropecuario: Reducción en los costos de tratamiento (Ej. Manejo del agua en el cultivo de arroz)	3	3	3	1

## C | Generación Matriz $J^0$

Las preguntas de la encuesta de percepción de desarrollo sustentable están seccionadas de acuerdo con la matriz de interacción  $J^0$ , el orden es el siguiente:

Ambiental → Económico Preguntas 1-4  
Ambiental → Social Preguntas 5-8  
Ambiental → Institucional Preguntas 9-12

Económico → Ambiental Preguntas 13-16  
Económico → Social Preguntas 17-20  
Económico → Institucional Preguntas 21-24

Social → Ambiental Preguntas 25-28  
Social → Económico Preguntas 29-32  
Social → Institucional Preguntas 33-36

Institucional → Ambiental Preguntas 37-40  
Institucional → Económico Preguntas 41-44  
Institucional → Social Preguntas 45-48

El proceso de generación de la matriz  $J^0$  inicia cuando las respuestas de las personas encuestadas toman valores numéricos según sea el caso: completamente en desacuerdo (-2); en desacuerdo (1); sin opinión (0); de acuerdo (1); completamente de acuerdo (2). Por ejemplo: en caso de haber respondido *completamente de acuerdo* el valor que se otorga es 2. Este paso se realiza para todas las respuestas obtenidas. En el Cuadro C.1. se muestra un ejemplo de como se realiza este paso con una serie de respuestas.

Respuesta	Valor numérico
Completamente de acuerdo	2
Sin opinión	0
En desacuerdo	-1
En desacuerdo	-1
Completamente de acuerdo	2
En desacuerdo	-1
De acuerdo	1
De acuerdo	1

Cuadro C.1: Respuestas encuesta en valor numérico.

Posteriormente, se hace el conteo de las respuestas por pregunta, es decir, el número de -2, -1, 0, 1 y 2 obtenidos. En el Cuadro C.2. se muestra con los resultados del Cuadro C.1. como se realiza dicho procedimiento.

Valor numérico	Repetición
-2	0
-1	3
0	1
1	2
2	2

Cuadro C.2: Conteo de respuestas.

Se identifica el valor respondido más común y si el impacto de la pregunta es positivo (se multiplica por 1) o negativo (se multiplica por -1), para que de esta forma se obtenga el valor final.

En el caso del impacto por pregunta se muestran un par de ejemplos. En la pregunta uno “*Los cultivos permanentes o monocultivos **impulsan** la economía de la región*”, al ser los cultivos positivos en la economía de la región. En cambio, la pregunta cinco menciona “*La calidad del aire **perjudica** a la población de la región*”, por lo que el impacto es negativo al ser el aire perjudicial para la población.

Al seguir con el ejemplo, el valor más común es -1 y el impacto de la pregunta es positivo, por lo tanto, el valor final es -1.

Finalmente, se suman los valores de las preguntas por sección de interacción (como se especificó al inicio). En el caso de la interacción Ambiental  $\rightarrow$  Económico, la suma es de los valores de la pregunta 1 a 4 y se divide entre dieciséis, al ser el número total de interacciones en la matriz.