

**MODELO AMUVAM PARA LA VALUACIÓN DE ESPACIOS ECO-TECNOLÓGICOS. CASO DE ESTUDIO: VIALIDAD SOLAR PROYECTADA EN LA CIUDAD DE TIJUANA****AMUVAM MODEL FOR THE VALUATION OF ECO-TECHNOLOGY SPACES. CASE STUDY: PROJECTED SOLAR ROADS IN THE CITY OF TIJUANA**Jose Garcia Gomez<sup>1</sup>Ana Silvia Balderrama García<sup>2</sup>**Resumen**

Este trabajo identifica una metodología valuatoria adecuada para valorar espacios eco-tecnológicos atípicos y la valoración de una hipotética vialidad solar proyectada en la ciudad de Tijuana, Baja California. Para ello se consideró una vialidad solar sobre la Ave. Revolución, desde la calle Benito Juárez hasta Ignacio Zaragoza, con una longitud de 975 metros lineales y que estaría proyectada con módulos de concreto y paneles solares interconectados para formar una red que surta de energía eléctrica los servicios públicos de la zona.

La metodología identificada y aplicada es la del modelo AMUVAM que permite estimar un Valor Económico Total, integrado por variables económicas directas e indirectas y variables sociales. Para la ponderación de variables, primera etapa del modelo se realizaron 23 encuestas a expertos en las ciencias ambientales y urbanas, así como universitarios y profesionistas. En la segunda etapa, se investigaron precios unitarios para calcular los gastos en que incurre la vialidad y se calculó en base a las tarifas de la CFE y la energía producida un Valor de Uso Directo para tomarlo como valor pivote y llegar a un Valor Económico Total, el cual ascendió a 83, 150 000.00 (OCHENTA Y TRES MILLONES CIENTO CINCUENTA MIL PESOS 00/100 M.N.).

**Palabras clave:** Espacios Eco-Tecnológicos; Vialidad Solar.

**Abstract**

This work identifies an adequate valuation methodology to value atypical eco-technological spaces and the valuation of a hypothetical solar roadway projected in the city of Tijuana, Baja California. For this, a solar road was considered on Ave. Revolución, from Benito Juárez Street to Ignacio Zaragoza street, with a length of 975 linear meters; that would be projected with concrete modules and solar panels interconnected to form a network that supplies with electrical energy the public services of the area.

The methodology identified and applied is the AMUVAM model that allows estimating a Total Economic Value, composed of direct and indirect economic variables as well as social variables. For the weighting of variables, in first stage of the model, 23 surveys were carried out to experts in environmental and urban sciences, to university students and to professionals of varied

---

<sup>1</sup> Profesor de tiempo completo nivel B en la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales de Universidad Autónoma de Baja California (UABC), tiene Perfil Deseable PROMEP y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Es Ingeniero Civil con especialidad en Obras Urbanas por el Instituto Tecnológico de Tijuana (1990), Maestro en Administración Integral del Ambiente por el Colegio de la Frontera Norte (1998) y Doctor en Estudios del Desarrollo Global por la U.A.B.C (2008). E-mail: garcia.jose39@uabc.edu.mx

<sup>2</sup> Programa Maestría en valuación. E-mail: balderrama.ana@uabc.edu.mx

careers. In the second stage, unitary prices were investigated to calculate the expenses incurred by the road system, a direct use value was calculated based on the tariffs of the CFE and the energy produced to take it as a pivot value and reach a Total Economic Value, which amounted to \$83, 150, 000.00 (EIGHTY THREE MILLION ONE HUNDRED FIFTY THOUSAND PESOS 00/100 M.N.).

**Keywords:** Eco-Technology Spaces; Solar Road; Solar Avenues.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación tiene por objeto estimar el valor económico total mediante el método AMUVAM, que tendría una hipotética vialidad solar proyectada en la ciudad de Tijuana, Baja California. Sería una vialidad que contaría con tecnologías que permiten la captación, generación y uso de energía solar, que pudieran abastecer de energía la infraestructura y espacios públicos de la zona, futuras estaciones para la recarga de automóviles solares o eléctricos, así como la oportunidad de que la población en el área se beneficie de la misma. También se pretende investigar si los espacios como el objeto de estudio, pudieran ser grandes generadores de valor para la zona en la que se encuentran y por tanto tener un papel importante económicamente en la zona.

## SUSTENTABILIDAD URBANA

El concepto de desarrollo sustentable surge a raíz de las discusiones originadas al ligar el crecimiento económico y la conservación del medio ambiente. Tiene la visión de tener un crecimiento económico que aumente la riqueza y calidad de vida de la sociedad, que permita también terminar con la pobreza, sin degradar el medio ambiente y los recursos naturales, pues en ellos se sustentan todas las actividades humanas en general (ÁLVAREZ, 2008).

Por su parte, el urbanismo sustentable, es la planeación urbana de las ciudades conforme a sus nuevas necesidades, donde se integran las actividades que ahí se realizan, pretendiendo mejorar la calidad de vida y reducir la huella ambiental que las ciudades generan (HERNANDEZ, 2008).

Los planes para desarrollo urbano sustentable incluyen la mejora en la calidad arquitectónica y diseño urbano, peatonalización de las ciudades, infraestructura más eficiente y transporte inteligente, así como diversidad en materia de vivienda y usos de suelo (HERNÁNDEZ, 2008).

Los beneficios de una planeación urbana sustentable son el mejoramiento de la calidad de vida para sus habitantes, una vida con menor estrés y menor tránsito vehicular, mejores lugares de esparcimiento y trabajo, reducción de contaminación, reactivación económica por la peatonalización de las ciudades, transporte urbano más económico y ecológico, reducción de gastos por impacto ambiental, mayor estabilidad en cuanto al pago de impuestos, mejoramiento de la imagen de la ciudad, por nombrar algunos (HERNÁNDEZ, 2008).

Ser una ciudad ecológica requiere de una inversión económica muy grande, lo que en México supone un obstáculo, además de que el país cuenta con un atraso tecnológico y científico que dificulta esta necesaria actualización (HERNÁNDEZ, 2008).

Por otro lado, también se presenta la dificultad de que las políticas públicas y normatividades existentes no toman aun en cuenta este tipo de planeación, por no señalar los intereses políticos y económicos de terceros; y la rapidez con la que algunas ciudades crecen, mucho más rápido que los planes de desarrollo urbano (HERNÁNDEZ, 2008).

## SUSTENTABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Las ciudades son el mayor medio ambiente transformado que existe, definido por la concentración de medios de producción, densidad de población, diversidad de servicios, recursos financieros, políticos y administrativos, así como actividades sociales. Aun cuando las urbes no son consideradas parte de la naturaleza, son dependientes del medio ambiente y no solo del medio cercano, sino también del medio a escala global. Producen el mayor consumo de recursos naturales y se genera gran parte de los residuos contaminantes en el mundo (RAMÍREZ y SÁNCHEZ, 2009).

En ese sentido se reconoce, desde 1990 el uso de la energía en el mundo se ha duplicado, e incluso se prevé, la demanda energética siga creciendo. De la misma manera, se observa las ciudades son las más grandes consumidoras de energía eléctrica en el mundo, así como las generadoras de casi la mitad de la contaminación mundial (COMISIÓN GLOBAL SOBRE ECONOMÍA Y CLIMA, 2014).

Es por todo lo ya expuesto que es vital establecer políticas de desarrollo que aminoren los costos ambientales que conlleva su crecimiento y el desarrollo en general. Una política macroeconómica que integre criterios de sustentabilidad en toda su estructura, así como contemplar la transición hacia un régimen energético poshidrocarburos, que obligue a utilizar fuentes renovables de energía (ÁLVAREZ, 2008).

Se señala, el proceso de innovación tecnológica impulsado por la administración pública será lo que permita llegar a un desarrollo y urbanismo sustentables, pues proporciona las herramientas para la consecución de objetivos medioambientales, alcanzar las metas de ahorro de los recursos naturales y eficiencia energética, desarrollo de la economía con una menor huella ecológica (RAMÍREZ Y SÁNCHEZ, 2009).

En ese sentido y tomando como referencia los postulados principales de la denominada economía ecológica, particularmente lo referente a la integración de lo material en el análisis económico es pertinente revisar y modificar el intercambio de materia y energía que las ciudades mantienen con el ambiente, para lo cual el uso de ecotecnologías resulta fundamental.

## ECOTECNOLOGÍAS

Las ecotecnologías son el resultado de la combinación entre las ciencias ecológicas y tecnológicas para la producción de sistemas de ingeniería verde, promueven el uso sustentable de los recursos naturales y su principal objetivo es la disminución de la huella ecológica ; además minimizan el impacto en sus procesos y operación.

Las principales ventajas de la implementación de ecotecnologías es la disminución de la huella ecológica o impacto humano en la biosfera y por lo tanto, la conservación de los ecosistemas, el uso racional de los recursos naturales no renovables y el mejor aprovechamiento de los renovables; mejoras en la salud y calidad de vida; promueven el reciclaje y manejo de los desechos de forma adecuada así como el ahorro de energía y agua (COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS, 2016).

Según Schneider Electric de México (s.f), el 60% de la energía eléctrica del mundo se consume en edificios y viviendas, mientras que producen el 40% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial. Es por esta razón que las ecotecnologías se están implementando principalmente en el área de edificación, pero en los últimos años algunas empresas están desarrollando también ecotecnologías para el espacio público urbano.

No obstante, se observa una gran desventaja, para este último uso, la cual radica en que al parecer se requiere principalmente inversión gubernamental, puesto que el espacio público en su mayoría es propiedad federal y en algunos casos esto frena los proyectos.

Sin embargo y a pesar de la dificultad señalada, el uso de energías renovables como estrategia para proteger el medio ambiente y recursos naturales es una acción que están tomando varios países del mundo, como un avance hacia la sustentabilidad.

## ENERGÍAS Y ENERGÍAS RENOVABLES

La energía, se define "...como una «propiedad» de los cuerpos o sistemas materiales en virtud de la cual estos pueden transformarse (a sí mismos), modificando su estado o situación, así como actuar sobre otros cuerpos, originando transformaciones en ellos. La energía indica la capacidad de un cuerpo o sistema para producir transformaciones, con independencia de que éstas se produzcan o no." (CARTA, CALERO, COMENAR, y CASTRO, 2009).

En la Tierra, existen distintas fuentes de energía, pero estas se derivan de cuatro fuentes principales. La energía nuclear, que es la principal fuente de energía en la Tierra, la energía electromagnética que viene del Sol, la gravitacional que se da debido a la interacción de la Tierra con el Sol y la Luna y la energía geotérmica (CARTA, CALERO, COMENAR, y CASTRO, 2009).

A pesar de que la energía nuclear es la más abundante en la Tierra, no es la más fácil de explotar y transformar; en cambio de la energía solar se desprenden varios tipos de energía, tanto renovables como no renovables. Las fuentes de energía renovables utilizan recursos que son considerados inagotables por su capacidad de regenerarse a sí mismos, entre las cuales se encuentra la energía solar.

## ENERGÍA SOLAR Y SUS APLICACIONES

La energía solar es la energía radiante en forma de luz infrarroja, luz visible y luz ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra procedente del Sol. Su potencial energético depende de la época del año, la hora del día, situación atmosférica y situación geográfica, pues la radiación no es recibida de manera uniforme en todo el globo terráqueo (CARTA, CALERO, COMENAR, y CASTRO, 2009).

Según la Asociación para la Investigación sobre Energía Solar, la energía solar que alcanza la Tierra es de 1 Kilowatio por metro cuadrado, produce energía a una velocidad de 2,850 veces más de la que se necesita el día de hoy en todo el mundo, es decir, con la energía solar que llega a la Tierra en 1 día se podría producir energía para 8 años de demanda energética actual a nivel mundial, hay que tomar en cuenta que solo un porcentaje del potencial es técnicamente accesible, pero aun así es suficiente para generar 6 veces más de lo que se necesita (FINDER COMPONENTES LTDA, 2011).

Las aplicaciones de energía solar se encuentran principalmente en el sector industrial y el hogar. En la industria se puede observar en el sector agropecuario, en el de transporte, en la minería, en el alimentario, en el textil y en el químico. Como ejemplos se conocen los invernaderos solares para mejores cosechas, los secaderos agrícolas, plantas purificadoras o desalinizadoras de agua, sistemas de lavado y secado industrial y el más esencial de todos, la generación de energía eléctrica para una reducción de costes y contaminación (ECOACTIVATE, 2013).

En el hogar se puede aplicar en la generación de toda la energía que se necesita, sustituyendo la energía eléctrica de fuentes convencionales y el uso de gas como combustible. Existen calentadores solares de agua, celdas fotovoltaicas para almacenar energía, calefacción hidrónica alimentada con calentador solar, estufas solares e instrumentos de uso cotidiano más pequeños como relojes, cargadores, calculadoras solares, lámparas con celdas de captación y actualmente se están desarrollando paneles solares en la vestimenta y aditamentos tecnológicos para los celulares y laptops; con la intención de que no tengan que ser conectados para recargar la batería (ECOACTIVATE, 2013).

Lo más nuevo en innovación tecnológica solar incluye una impresora de celdas solares, pintura solar o en aerosol, ventanas de celdas solares traslucidas, paneles solares ultraligeros, que son los utilizados en fachadas (CEMAER, 2014).

Las energías aprovechables que se desprenden directamente de la luz del sol pueden englobarse en 2 grupos: energía solar fotovoltaica y energía solar térmica.

### **Energía solar térmica**

La energía solar térmica es la que proviene de capturar y transformar el calor que pueden atrapar los cuerpos, proveniente de la radiación directa del sol sobre ellos. Este calor puede transformarse en energía eléctrica o ser aprovechado directamente como energía calorífica.

Para producir potencia eléctrica se transforma la energía solar en energía térmica a altas temperaturas, el sistema consiste en dos partes, una donde se colecta la energía solar (los concentradores) y se convierte en calor (el receptor), y otra que convierte el calor en electricidad (bloque de potencia). Estos sistemas son llamados plantas de potencia de concentración solar y pueden ser lo suficientemente grandes como para producir energía eléctrica para un poblado pequeño. Algunas plantas pueden combinarse con sistemas que

operan con gas natural y las plantas híbridas resultantes ofrecen mayor capacidad en potencial energético. Este tipo de instalaciones son más aprovechadas en zonas del planeta que quedan dentro del cinturón solar de alta radiación, pues dependen de la cantidad de radiación solar directa (GASCA y BULNES, 2010).

### **Energía solar fotovoltaica**

La base principal de esta tecnología son las celdas solares sujetas al efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia de foto-voltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir un trabajo útil (GASCA y BULNES, 2010).

Existen dos maneras de emplear la energía solar fotovoltaica; con una instalación autónoma o aislada, o con una instalación conectada a la red eléctrica. La instalación autónoma está conectada directamente a la vivienda o destino (postes SOS, satélites etc.), que recibirá y consumirá la energía eléctrica (CARTA, CALERO, COMENAR, y CASTRO, 2009).

No menos importante, pero si con uso todavía menos frecuente, es el que se presenta en algunos países que ya están implementando tecnologías solares en el espacio público urbano y arquitectónico, como lo que implica las denominadas ciudades solares y/o la colocación de celdas solares en fachadas de grandes edificios y la construcción de vialidades solares con diversas tecnologías.

#### Hacia una ciudad solar

El concepto de ciudad solar se conforma de distintas iniciativas, políticas, actividades y la aplicación de tecnologías para la procuración de eficiencia energética en las ciudades, así como transporte sustentable, nuevos métodos de urbanización, innovación arquitectónica y salud ambiental (EROSKI CONSUMER, 2011).

La Iniciativa Internacional de Ciudades Solares o ISCI por sus siglas en inglés es una organización internacional sin fines de lucro. Fueron de los primeros en dar forma al concepto de ciudad solar y se dedican a promover nuevas políticas urbanas, planeación y prácticas que reduzcan las emisiones de carbono y otros gases contaminantes a la atmósfera por habitante, a límites aceptables (EROSKI CONSUMER, 2011).

En el año 2004, diecinueve ciudades de distintas partes del mundo se reunieron en el primer Congreso Internacional de Ciudades Solares, llevado a cabo en Daegu, Corea del Sur;

para presentar sus políticas y programas (INTERNATIONAL SOLAR CITIES INITIATIVE, 2004). Entre algunas de las ciudades que aspiran a convertirse en solares están algunas de países como China, Alemania, Argentina, España, Japón, Australia, Estados Unidos, Reino Unido, Irlanda y México.

## MÉXICO

En México el programa de Ciudades Solares de la ISCI, es promovido por la organización Gobiernos Locales por la Sustentabilidad y estarían por participar ciudades como Playa del Carmen, Izamal, Villahermosa, Ciudad de México, Tampico, entre otras.

Por ejemplo, Izamal es un municipio de Yucatán en el que se proyecta que el desarrollo urbano y alumbrado sean alimentados con energía solar fotovoltaica. Se indica, se producirá 1.46 Mega watts a partir de una instalación de 4860 módulos, que equivalen al consumo anual de 4,594 personas; instalados en un terreno de una hectárea que fue donado por el gobierno municipal (RAMOS, 2014). Lo anterior, significaría una reducción en las emisiones de dióxido de carbono, pues se dejarán de emitir 955 toneladas de CO<sub>2</sub> al año (RAMOS, 2014).

En general a nivel nacional, el programa pretende que 10 % de la energía para alumbrado público y 25 % de la energía para edificios gubernamentales sea producida mediante instalaciones de celdas solares fotovoltaicas. Para lo cual, se observa, se requiere de inversión extranjera y de los ayuntamientos locales, así como ayuda de la SEMARNAT o Banobras. La dificultad del proyecto estriba en que el gobierno debe garantizar la permanencia del programa pese a cambios de administración y la CFE debe dar su consentimiento para que el alumbrado público pueda ser alimentado por otros medios (COLÍN, 2010).

No obstante las dificultades, como una alternativa se han desarrollados nuevas tecnologías para la mejor explotación de fuentes de energía renovables. En razón de ello, actualmente la energía solar fotovoltaica cuesta un 80% menos que lo que costaba en 2008 y las plantas de energía eólica han crecido 100 veces su tamaño y en cuanto a la cantidad de energía producida (COMISIÓN GLOBAL SOBRE ECONOMÍA Y CLIMA, 2014). La energía solar al por menor ya compite como una opción más económica que la energía eléctrica de la red convencional y que otras opciones de generación con base en combustibles fósiles.

Se señala, la economía mundial depende de la explotación de recursos, al borde de una crisis ambiental, organizaciones internacionales y los gobiernos de varios países del mundo están implementado instalaciones y tecnologías para la generación de energías limpias, así



como invirtiendo en investigación para la innovación científica y tecnológica (COMISIÓN GLOBAL SOBRE ECONOMÍA Y CLIMA, 2014).

Estas innovaciones ya han llegado al entorno urbano en forma de fachadas solares en los edificios, carreteras solares, jardines verticales y demás aplicaciones vanguardistas, con la intención de crear espacios que satisfagan las necesidades del mundo actual de forma eficiente, sustentable y ecológica.

Entre las iniciativas urbanas que pretenden reducir el impacto ambiental por el uso de recursos para la producción y uso de energía están las identificadas como vialidades solares.

## VIALIDADES SOLARES

Son vialidades inteligentes o con tecnologías cuyo objetivo es aumentar la seguridad vial y mejorar la eficiencia energética de la ciudad. Alrededor del mundo se investiga cómo desarrollar y explotar las propiedades de los más vanguardistas materiales de construcción y tecnologías para la generación de energías limpias. Las más conocidas y exitosas ciclo vías y vialidades vehiculares están en Holanda, Francia, Corea del Sur y Estados Unidos:

La carretera N329 en la ciudad de Oss, además de incrementar la seguridad vial, se puede ahorrar energía eléctrica y sustituir el alumbrado público convencional. Cuenta con medio kilómetro en el que las bandas de los carriles están pintadas con un polvo luminiscente que se carga con la energía del sol durante el día y al anochecer se ilumina (el proyecto recibió el premio de Diseño Holandés en el año 2012) (GAETE, 2014)

En las afueras de Ámsterdam, en el poblado de Krommenie, se instalaron setenta metros de carretera solar en una ciclo vía, la Ciclo vía SolaRoad. Consiste en un sistema de placas solares injertadas en placas de vidrio, goma, y concreto, que según sus desarrolladores puede soportar doce toneladas de peso para el paso de vehículos (PUERTO, 2015).

Se espera que genere 70 KWh por metro cuadrado al año; en los primeros seis meses desde su instalación ha generado 3,000 KWh. Las placas solares son independientes para que puedan encenderse o apagarse sin afectar toda la instalación y están conectados a sensores que optimizan la recolección de energía, que sirve para iluminar la carretera y para alimentar la red eléctrica de la ciudad (PUERTO, 2015).

La ruta RD5 es una vialidad ubicada en Normandía, en el poblado de Tourouvre-au-Perche, cuenta con un área de 2,800 metros cuadrados de paneles solares. Es la primera instalación de este tipo diseñada para vehículos, el diseño de los paneles soporta dos mil

vehículos diariamente y se cree podría surtir electricidad a todo el alumbrado público del pueblo de unos 3,400 habitantes. Los paneles solares están recubiertos con láminas de silicio para que soporten el peso de los vehículos y sea eficiente en captar la luz solar (ÁLVAREZ, 2016).

En Corea del Sur, se espera reducir en un 70% las emisiones contaminantes para el año 2030, y para lograrlo han iniciado una serie de proyectos para el aprovechamiento de energías renovables. Entre ellos está la construcción de la ciclovía más grande del mundo, la Ruta Sejong-Daejeon, el proyecto cuenta con 350 kilómetros de longitud, que consiste en un carril techado por placas solares. Su energía podría abastecer todo el alumbrado público de la carretera en la que se encuentra y además 15 estaciones para la carga de vehículos eléctricos. A su vez, los paneles protegen a los usuarios del sol y lluvia (ÁLVAREZ, 2015).

## PLUSVALIA Y ELEMENTOS GENERADORES DE VALOR

La plusvalía es el incremento de valor de un bien por causas extrínsecas al propietario y sin haber realizado inversiones en ella (ENCICLOPEDIA FINANCIERA, s.f). Mientras que una revalorización económica puede deberse a remodelaciones o mejoras que tenga una propiedad, con la inversión del propietario. Que un bien incremente su plusvalía está determinada por distintos factores, en bienes inmuebles está determinada principalmente por su ubicación, accesibilidad, demanda, infraestructura y equipamiento urbano, vista y plan de desarrollo urbano para la zona donde se encuentre (TINSA MEXICO, 2016). La demanda puede generar plusvalía, pues entre más escaso es un bien, más valioso es con el tiempo. Es más común que la plusvalía generada sea alta, en zonas densamente pobladas o cuando el bien cuenta con una característica muy deseada y escasa, más allá de su ubicación. Cuanto mayor sea la infraestructura, mayor será la plusvalía. Es fundamental contar con servicios de agua potable, alcantarillado, alumbrado público, recolección de basura, red eléctrica y transporte (TINSA MEXICO, 2016; ARQUINETPOLIS, 2015).

Los esfuerzos alrededor del mundo para reducir la contaminación ambiental han rendido sus frutos y están impactando el mercado de soluciones y productos ecológicos, sobre todo los dirigidos al sector inmobiliario (GENERACION VERDE, 2017). Los inmuebles con ecotecnologías se están revalorizando, ya que la demanda de viviendas ecológicas va en aumento en un intento por cuidar el medio ambiente, pero sobre todo por economizar en energía y ahorrar en el pago de las tarifas cada vez más caras. Desarrolladoras de vivienda de

interés social en México han comenzado a incluir calentadores solares en los techos de sus viviendas, pero existen más y variadas opciones ecológicas para aumentar el valor de las viviendas, con una inversión de los propietarios.

Algunas opciones son la instalación de azoteas verdes y jardines verticales, colocación de fachadas de piedra, pisos de madera e instalaciones de celdas fotovoltaicas (GENERACION VERDE, 2017). Las propiedades con celdas fotovoltaicas se venden 20% más rápido y a mayor precio; de todas las opciones antes mencionadas, la más redituable son los paneles solares, ya que además se puede alcanzar un ahorro de energía del 100% (GENERACION VERDE, 2017).

Conforme a estudio llevado a cabo por The Appraisal Journal para determinar si las viviendas que utilizan energía solar se venden con una ganancia adicional se encontró que los compradores están dispuestos a pagar \$ 3.78 dls por watt instalado, lo que representa un 3.74% más de los precios de venta promedio (RAMÍREZ, 2016).

En México, la energía solar representa el 19 % de la energía renovable del país y podría convertirse en el séptimo mercado más grande a nivel mundial para el año 2021, cuando se estima que podrían estar instalados 14.1 Giga Watts, solo atrás de China, India, Estados Unidos, Japón, Alemania y Australia. Se prevé que para el año 2024 del 25 al 35 % de la energía producida sea solar, y un 50% para el año 2050 (HERNÁNDEZ, 2017).

Es pertinente hablar también de la plusvalía del suelo urbano al ser rescatados espacios públicos como parques, jardines, vialidades y plazas. Según el director de Rescate de Espacios Públicos de la SEDATU, Edgar Olaiz Ortiz, la plusvalía podría oscilar entre un 10 % y 15 %, debido a la mejora en la calidad de vida de los habitantes de la zona (VALDÉS, 2017). Según la consultora TINSA, tras el rescate de las calles Madero y 16 de septiembre en el Centro Histórico de la Ciudad de México, el precio por metro cuadrado aumento en un 14% (VALDÉS, 2017).

Tras los resultados arrojados por los estudios mencionados, donde se observa que las ecotecnologías revalorizan los inmuebles y el rescate de espacios públicos da plusvalía a la zona, es posible concluir que un espacio público, como una vialidad o parque que ha sido restaurado y que está siendo acondicionado con tecnologías de energía limpia podría incrementar el valor del suelo de la zona.

## JUSTIFICACIÓN

Conforme a lo ya manifestado, se presume mejorar la producción y el consumo energético requiere del apoyo gubernamental tanto como de la colaboración del sector

privado. En general se advierte es menester que la administración pública instrumente mejores políticas respecto del rubro de la energía: será lo que permita llegar a un desarrollo y urbanismo sustentables, alcanzar las metas de ahorro de los recursos naturales y eficiencia energética y el propio desarrollo en general con una menor huella ecológica. Para lo cual es también necesario la valoración o mejor valoración de iniciativas, acciones, proyectos y espacios públicos y privados que contribuyan a un uso más eficiente de los recursos y reduzcan asimismo las emisiones contaminantes.

En ese sentido es de vital importancia, identificar que métodos son los que más acertadamente pueden estimar un valor y determinar que variables y factores son los de mayor influencia en la generación de valor de los elementos y espacios señalados, pues no sería lo ideal valuarlos con los métodos tradicionales solamente, ya que los mismos (incluso las iniciativas, proyectos y espacios privados) tienen un efecto social y económico diferente al de los bienes inmuebles o espacios públicos más tradicionales; y aunque hoy en día este tipo de elementos no son tan abundantes, llegará un momento en que estén por todas partes.

Como ya se ha indicado, mejorar el proceso por el cual las ciudades se apropian de materiales y energía, los transforma y se deshace de los materiales que no aprovecha requiere la eliminación o al menos la reducción de externalidades, es decir valorar los elementos urbanos de manera más integral.

## **OBJETIVO PRINCIPAL**

A través de la valoración de una hipotética vialidad solar demostrar la pertinencia de la misma desde el punto de vista económico.

## **Objetivos secundarios**

Presentar una metodología idónea para estructuras, elementos o espacios que aún son considerados atípicos en el mundo, por su vanguardia en la aplicación de tecnologías limpias y eco-sustentables.

## Alcances y limitaciones

El caso de estudio será una proyección en la Ciudad de Tijuana, ya que en México no existen actualmente vialidades solares; por tanto, las variables y factores que ayudarán a estimar el valor serán determinadas a partir del análisis de vialidades de este tipo existentes en otras partes del mundo.

Se considerará para efectos de este trabajo, que la vialidad proyectada en la ciudad de Tijuana contaría con la infraestructura necesaria para el aprovechamiento y distribución de la energía generada, así como la normatividad que se podría llegar a requerir.

## METODOLOGÍAS DE VALUACIÓN

Existen diversos métodos para la valuación de bienes tangibles e intangibles, las Normas Internacionales de Valuación proponen tres métodos (INTERNATIONAL VALUATION STANDARDS, 2013).

1. Métodos de comparación de mercado
2. Métodos de actualización de rentas
3. Métodos del costo

Estos son los más utilizados y están basados en los principios económicos de equilibrio de los precios, anticipación de beneficios y sustitución de los bienes. De la misma manera, las normas recomiendan utilizar más de un método para valorar, cuando la información es insuficiente o se observan inconsistencias en un método que podría producir una conclusión poco confiable (INTERNATIONAL VALUATION STANDARDS, 2013).

Asimismo, en la categoría de bienes públicos no únicamente se encuentran los bienes y servicios ambientales, como flora, fauna, áreas protegidas, parques públicos o cuerpos de agua, también son bienes públicos la infraestructura urbana, como alumbrado, instalaciones para proveer servicios públicos, plazas, vialidades peatonales, vehiculares y ciclovías.

No obstante, a diferencia de los bienes y servicios ambientales, la mayoría de la infraestructura y equipamiento urbano antes mencionado si se pueden valorar económicamente de forma directa, puesto que no son recursos naturales, sino que son fabricados por el hombre y comercializados de forma común, por lo que cuentan con un valor comercial.

Sin embargo, hoy en día existen espacios públicos con instalaciones ecotecnológicas que proveen un servicio ambiental y energético; además de los servicios típicos como

recreación y esparcimiento; en los cuales el enfoque por costo no es suficiente para estimar de forma efectiva cual es el valor del bien. Es decir, que no se le puede asignar un valor por su utilidad, porque no todos los usuarios estarían dispuestos a pagar la misma cantidad o podrían no pagar por ello y todos gozarían de la misma utilidad de igual manera (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2003).

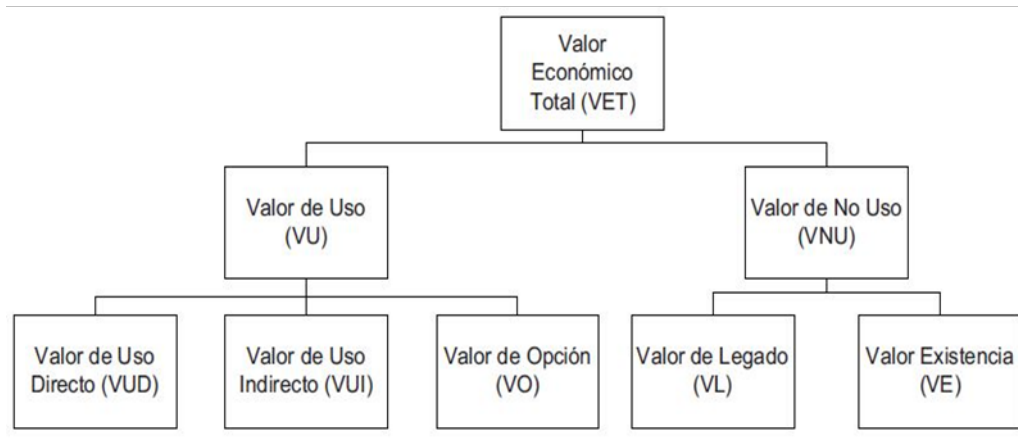
Los métodos de costo, comparación de mercado y rentas, son los principales, más no los únicos utilizados en la valuación. Algunos métodos basados en la teoría de decisión multicriterio, los cuales toman en cuenta aspectos intangibles de los activos a valorar (AZNAR Y GUIJARRO, 2012) son los siguientes:

1. Método CRITIC
2. Método de la Entropía
3. Método de la Ordenación simple
4. Programación por metas (Goal Programming, GP)
5. Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)
6. Método de Valuación Multicriterio (Multicriteria Valuation Method, MAVAM)
7. Proceso Analítico en Red (Analytic Network Process, ANP)
8. Método de Valuación Multicriterio Analítico (Analytic Multicriteria Valuation Method, AMUVAM).

Para este trabajo, se consideró pertinente seleccionar el método de Valuación Multicriterio Analítico (AMUVAM). El AMUVAM, es un método que se genera del uso compuesto del Proceso Analítico Jerárquico y del método de Actualización de Rentas (AZNAR Y GUIJARRO, 2012). Se selecciona este método porque cuenta con todas las características necesarias para valorar un activo que brinda servicios ambientales o ecológicos, pero no está limitado a la valuación de recursos naturales. Otra razón para seleccionar este método es que el proceso posibilita usar o no flujos de caja o ingresos, que el activo o bien pudiera generar de forma directa o indirecta.

Valorar económicamente este tipo de activos no es para obtener un valor de mercado, ya que no se va a vender o comprar, si no para obtener un valor social, por el beneficio o bienestar que proporciona (AZNAR y GUIJARRO, 2012). El valor que se busca obtener se denomina Valor Económico Total (VET) y está compuesto por un conjunto de valores que pueden contener los activos que prestan servicios ambientales. En figura 1 se muestra este conjunto de valores según su clasificación.

Figura 1: Componentes del VET.



Fuente: Aznar y Guijarro, 2012.

El valor de uso directo (VUD) es el valor que se obtiene debido a la explotación de sus recursos, para la satisfacción humana y que tiene un valor de mercado o beneficio económico directo.

El valor de uso indirecto (VUI), es el valor que se obtiene por sus usos no retribuidos, pero que se derivan directamente de las funciones que desempeña el activo, pero el mercado no lo detecta, como conservación de los ecosistemas, fijación de CO<sub>2</sub>, disfrute de zonas recreativas.

Valor de opción (VO), es el que se obtiene al garantizar que en un futuro se podrá disponer o disfrutar de los beneficios de un activo, aunque no los esté disfrutando en el presente y también es el valor generado por la incertidumbre de saber cuáles podrían ser los usos futuros y beneficios de un activo. Es decir, se especula un poco con el avance tecnológico, creyendo que tal vez en un futuro será algo redituable o beneficioso.

El valor de existencia (VE) es el valor que tiene un activo por ser un recurso esencial para la conservación de activos tangibles, como flora o fauna o único para la conservación de valores culturales, paisajes, etc.

Valor de Legado (VL), también denominado Valor de Herencia es el valor que obtiene un activo al poder legarse los beneficios que éste ofrece a futuras generaciones que tengan la oportunidad de disfrutarlo.

El VUD es el único componente del VET que puede ser valorado directamente en términos monetarios, ya que es el único detectado por el mercado, por esta razón será el valor

a partir del cual se estimarán los valores restantes que componen el VET (AZNAR y GUIJARRO, 2012).

## MÉTODO AMUVAM

Como se mencionó anteriormente, el AMUVAM está conformado por dos métodos de valoración: Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) y Actualización de Rentas.

Para comenzar la valuación, antes que nada, se utiliza el PAJ para la ponderación de los componentes del VET. Se han de comparar en pares y se obtendrá una matriz de 5 por 5.

Si se comprueba que la matriz es consistente, el vector propio de cada valor del VET tendrá ya una ponderación (AZNAR y GUIJARRO, 2012).

Para ponderar se puede proceder de dos maneras, la primera sería utilizando una sola jerarquía, donde todos los valores se ponderan en una misma matriz, la segunda sería separando en dos jerarquías; valores de uso y valores de no uso; y este tipo de ponderación daría como resultado 3 matrices, la de ponderación entre las dos jerarquías de valor de uso y no uso, y la matriz de ponderación de los valores que integran cada una (AZNAR y GUIJARRO, 2012).

Para obtener el vector propio final se habrán de multiplicar la matriz de ponderación de valor de uso y no uso, por la matriz de ponderación de los valores que integran todo el VET. A continuación, con los componentes del VET ya ponderados, se utiliza el VUD como valor inicial, y se utiliza el Método de actualización de Rentas para obtener el flujo de caja.

$$FC = \sum \text{Ingresos} - \sum \text{Gastos}$$

El siguiente paso es determinar una tasa medioambiental o social y actualizar el flujo de caja obtenido para obtener el valor de VUD.

$$\text{VUD} = FC / \text{Tasa medioambiental}$$

El VUD se multiplica por las ponderaciones de cada componente y la suma de todos resulta en el VET (AZNAR y GUIJARRO, 2012).

Se recomienda que, para la ponderación de los valores en el PAJ, se utilicen varios expertos y se determinen utilizando la media aritmética para cada uno.

Cuando no hay un VUD, se utiliza el VUI, determinando en que costos incurriría la sociedad si tuviera que conseguir por otros medios el servicio o funciones del activo (cuadro 1).



**Caso de estudio: valuación de vialidad solar proyectada en Tijuana**

Cuadro 1: Cálculo final del VET		
Componentes del VET		Valor
VUD	VUD	X %
VUI	VUD x Ponderación VUI	X %
VO	VUD x Ponderación VO	X %
VE	VUD x Ponderación VE	X %
VL	VUD x Ponderación VL	X %
VET		100%
Fuente: Elaboración propia		

**Descripción de la vialidad proyectada**

La vialidad a valuar es una arteria vehicular proyectada sobre la Avenida Revolución, zona centro de la ciudad de Tijuana, Baja California. La vialidad se proyecta con una superficie de 6,825 m<sup>2</sup>, con una longitud de 975 metros lineales, que recorre desde la calle Benito Juárez (calle segunda) a la calle Ignacio Zaragoza (calle novena).

La particularidad de esta vialidad es que estaría construida con tecnologías SolaRoad, de paneles solares para tránsito pesado. Para formar la superficie de la vialidad se necesitan elementos o placas de 2.5 metros de ancho por 3.5 metros de largo que se instalan sobre el suelo, una tras otra formando una red de paneles solares. Estos módulos cuentan con paneles solares en ellas que permiten que durante el día se almacene energía que podría transformar a energía eléctrica y ser utilizada después para alimentar la infraestructura pública.

Para estimar el valor económico total de dicha vialidad será necesario calcular la energía que produciría en un periodo de un año; y con las tarifas oficiales de la Comisión Federal de Electricidad estimar el costo directo por la energía generada.

**INFORMACIÓN TÉCNICA Y DESCRIPTIVA DE LA TECNOLOGÍA UTILIZADA**

A continuación, en cuadro 2 se muestran los componentes del módulo solar así como información de la tecnología utilizada, como lo son medidas, materiales de fabricación, energía producida y cantidad de módulos necesarios.

Cuadro 2: Componentes del módulo e información del mismo.			
Componentes	Dimensiones	Unidad	Material
Base modular de 5 toneladas	2.5x3.5x0.30	M <sup>2</sup>	Concreto

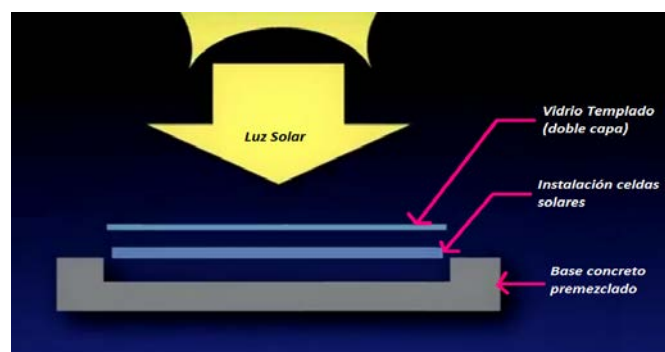
			premezclado
4 Paneles solares por modulo y circuitos	2.10x3.10x0.20	piezas	Información confidencial
2 Microinversores con función MPPT dual, adecuada para una red eléctrica de 230 VAC/50 Hertz		Piezas	Información confidencial
Tablero para conectar los Microinversores		Piezas	Información confidencial
Medidor de energía solar		Piezas	Información confidencial
Doble capa protectora	Espesor 0.01	M	Vidrio templado
Energía eléctrica producida			
Fuente: Elaboración propia.			

El cuadro 3 contiene información descriptiva y detallada del proyecto en análisis

Cuadro 3: Información descriptiva de proyecto.				
Medidas	Ancho	Largo	Área (m <sup>2</sup> )	Energía producida (KWh anual)
Placa Solaroad	3.5	2.5	8.75	875
Avenida Revolución	7	975	6825	-----
Instalación Solar	2 placas	390 placas	780 placas totales	682 500.00
Fuente: Elaboración propia.				

De la misma manera, la figura 2 describe de manera gráfica los componentes del módulo solar.

Figura 2: Componentes del módulo

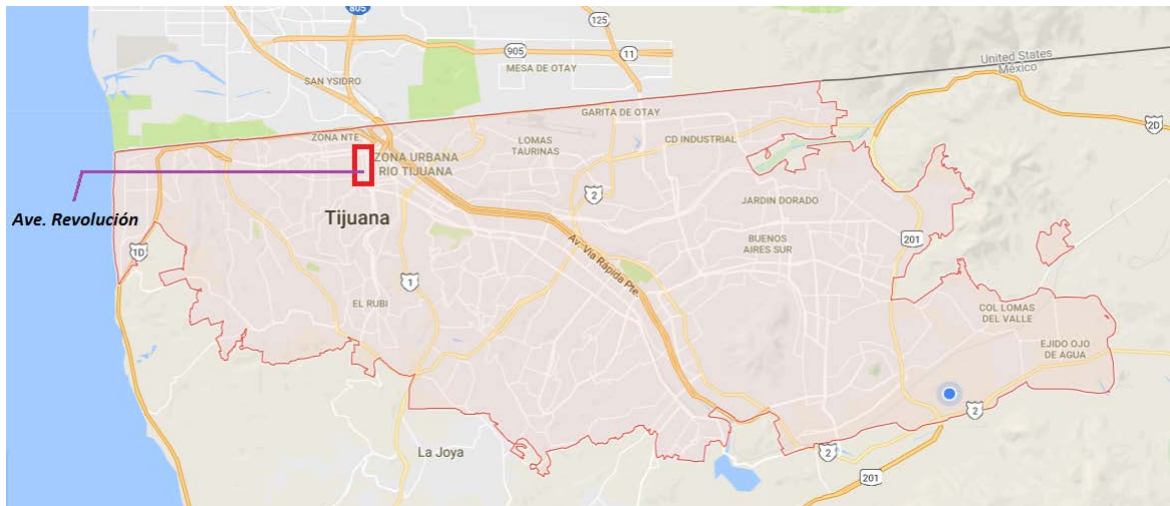


Fuente: Elaboración propia.

### PROCESO VALUATORIO

El proyecto en estudio se ubica en la ciudad de Tijuana, en el extremo Noroeste de los Estados Unidos mexicanos (México). Específicamente en la delegación Centro de la señalada ciudad.

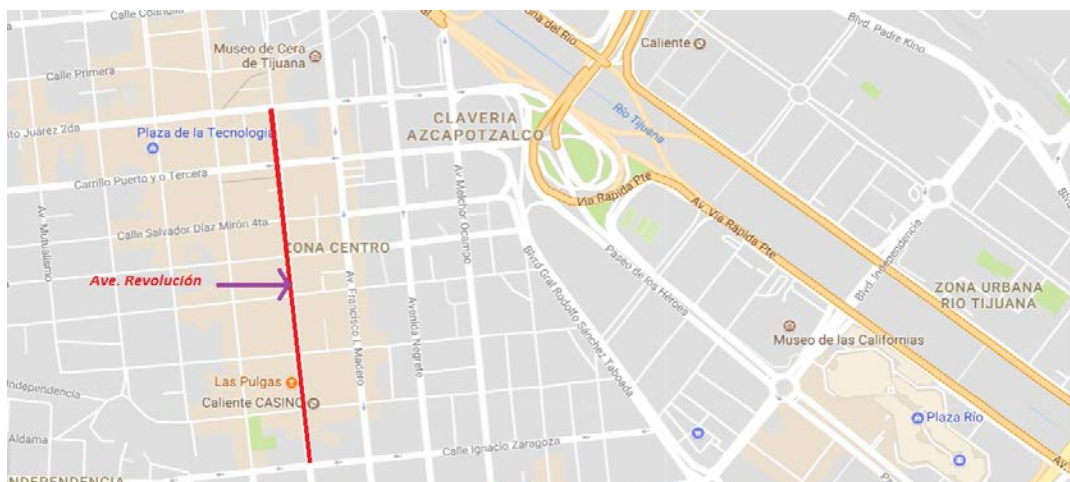
Figura 3: Macrolocalización de proyecto



Fuente: Elaboración propia y Google Maps.

De la misma manera, la figura 3 nos señala la microlocalización; en la Avenida Revolución; dentro de la Colonia Centro en la delegación del mismo nombre en la ya mencionada ciudad de Tijuana.

Figura 4: Microlocalización de proyecto



Fuente: Elaboración propia y Google Maps.

## DEFINICIONES

La paridad empleada fue la definida por el Banco de México, al cierre de las operaciones cambiarias del día 20 de noviembre de 2017: \$ 18.85 pesos mexicanos por dólar americano.

Para la ponderación de variables se encuestó a un grupo de expertos en distintas ramas de las ciencias ambientales y urbanas, así como un grupo variado de profesionistas y un par de estudiantes universitarios. Se asume que el grupo encuestado está conformado por personas capaces según sus credenciales y grados de estudios; así como también se presume contestaron las ponderaciones de manera reflexiva y responsable.

Los precios unitarios por mantenimientos mensuales fueron calculados con información proporcionada por un profesional técnico en instalación y mantenimiento de paneles solares del estado de California, Estados Unidos.

El precio unitario para la limpieza anual fue calculado considerando precios similares por trabajos de limpieza en obra y por el uso de lavadoras hidráulicas de agua caliente.

Los análisis y conclusiones son profesionales, además de ser imparciales y apegadas a la normatividad.

## VALUACIÓN

### AMUVAM etapa 1

Para la ponderación de los valores componentes del VET, se realizaron 23 encuestas a un grupo variado de expertos en las ciencias ambientales y urbanas, profesionistas de distintas áreas y un par de estudiantes universitarios. A continuación, se muestra la relación de personas encuestadas:

1. 3 Arquitectos
2. 2 Ingenieros Civiles
3. 1 Abogado
4. 1 Licenciado en Administración en Negocios
5. 2 Ingenieros en Sistemas Computacionales
6. 1 Contador Publico
7. 2 Estudiantes Universitarios

- 8. 1 Maestro en Ciencias Químicas con especialidad en celdas solares, Ingeniería en Nanotecnología
- 9. 1 Maestro en Ciencias Químicas con especialidad en polímeros, Ingeniería en Nanotecnología
- 10. 1 Maestro en Ciencias Químicas con especialidad en polímeros, Licenciatura Q.F.B.
- 11. 1 Físico
- 12. 6 Doctores de las áreas en ciencias ambientales y urbanas

En Anexo se muestra la encuesta E1 como ejemplo de vaciado de las mismas y el respectivo cálculo del vector propio de cada variable.

Enseguida se presenta el resumen de vectores propios, por jerarquía; resultantes de las encuestas y la media geométrica de los mismos (cuadros 4, 5 y 6).

Cuadro 4: Vectores propios de Uso/No Uso (VU /VNU)		
Expertos	VU	VNU
1	0.833333	0.166667
2	0.833333	0.166667
3	0.833333	0.166667
4	Ratio inconsistente	
5	0.500000	0.500000
6	0.666667	0.333333
7	Ratio inconsistente	
8	0.800000	0.200000
9	0.500000	0.500000
10	0.250000	0.750000
11	0.888889	0.111111
12	0.833333	0.166667
13	0.833333	0.166667
14	0.500000	0.500000
15	0.875000	0.125000
16	0.833333	0.166667
17	0.875000	0.125000
18	Ratio inconsistente	
19	0.900000	0.100000
20	0.750000	0.250000
21	0.166667	0.833333
22	0.875000	0.125000
23	0.500000	0.500000
Media Geométrica	0.702361	0.297639
Fuente: Elaboración propia		

Se aclara que de las 23 encuestas realizadas se descartaron 3 debido a que el ratio de consistencia era mayor a 5% (límite superior valido establecido por la metodología).

Expertos	UD	VI	VO
1	0.104729	0.258285	0.636986
2	0.636986	0.104729	0.258285
3	0.658630	0.262753	0.078617
4	Ratio inconsistente		
5	0.142857	0.142857	0.714286
6	0.549746	0.209844	0.240211
7	Ratio inconsistente		
8	0.156182	0.658644	0.185174
9	0.271776	0.661198	0.067026
10	0.683340	0.116850	0.199810
11	0.499506	0.085991	0.414503
12	0.113972	0.480640	0.405388
13	0.090909	0.454545	0.454545
14	0.454545	0.090909	0.454545
15	0.773171	0.139162	0.087667
16	0.658644	0.156182	0.1858174
17	0.739594	0.166593	0.185174
18	Ratio inconsistente		
19	0.075057	0.333216	0.591727
20	0.084144	0.210092	0.704936
21	0.169200	0.443429	0.387371
22	0.636986	0.104729	0.258285
23	0.271776	0.067026	0.661198
Media Geométrica	0.388598	0.257425	0.353977
Fuente: Elaboración propia			

Expertos	VU	VNU
1	0.250000	0.750000
2	0.750000	0.250000
3	0.750000	0.250000
4	Ratio inconsistente	
5	0.900000	0.100000
6	0.500000	0.500000
7	Ratio inconsistente	
8	0.666667	0.333333
9	0.833333	0.166667
10	0.200000	0.800000
11	0.666667	0.333333
12	0.500000	0.500000

13	0.750000	0.250000
14	0.500000	0.500000
15	0.833333	0.166667
16	0.875000	0.125000
17	0.750000	0.250000
18	Ratio inconsistente	
19	0.875000	0.125000
20	0.500000	0.500000
21	0.500000	0.500000
22	0.833333	0.166667
23	0.125000	0.875000
Media Geométrica	0.627917	0.372083
Fuente: Elaboración propia		

De la misma manera, en cuadro 7 se presenta el cálculo de las ponderaciones finales.

	Jerarquía 1		Jerarquía 2		Ponderación final
	Uso/No Uso		Valores VET		
	Vector media geométrica	Vector normalizado	Vector media geométrica	Vector normalizado	
VUD	0.702361	0.702361	0.388598	0.388598	0.272936
VUI			0.257425	0.257425	0.180805
VO			0.353977	0.353977	0.248620
			1		
VE	0.297639	0.297639	0.627917	0.627917	0.186689
VL			0.372083	0.372083	0.110746
	1	1	1		1
Fuente: Elaboración propia					

## AMUVAM etapa 2

El costo de tarifas eléctricas para servicios públicos de diciembre 2016 a diciembre 2017 se muestra en cuadro 8.

Tensión	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media	3.146	3.161	3.176	3.191	3.206	3.221	3.237	3.253	3.269	3.285	3.301	3.317	3.333
Baja	3.742	3.760	3.778	3.796	3.814	3.832	3.851	3.870	3.889	3.908	3.927	3.946	3.965
Fuente: Elaboración propia con datos de C.F.E.													

A continuación en cuadro 9, se muestra un desglose de gastos para el cálculo del flujo de caja en el cálculo del VUD.

Cuadro 9: Gastos por mantenimiento semestral						
# servicio	# Técnicos	Hrs/día	Días	Horas totales	Precio Unitario (Dólares)	Costo
1er servicio	4	6	5	120	70.00	8 400.00
2do servicio	4	6	5	120	70.00	8 400.00
Total = 16 800.00						
Tipo de cambio = 18.85 pesos / dólar.      \$ 316 680.00 pesos						
Fuente: Elaboración propia.						

Igualmente, en cuadro 10 se exhiben los costos por limpieza mensual y anual.

Cuadro 10: Costo por limpieza mensual				
# Servicios	# personas	Días	P. U./Jornada (Pesos)	Costo (pesos)
Primer mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Segundo mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Tercer mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Cuarto mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Quinto mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Sexto mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Séptimo mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Octavo mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Noveno mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Décimo mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Onceavo mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Doceavo mes	2	2	2 500.00	10 000.00
Total = 120 000.00				
Fuente: Elaboración propia.				

A su vez en cuadro 11 se ostentan la actualización de rentas (Ingresos – Costos) y el cálculo del Valor de Uso Directo (VUD).

Cuadro 11: Actualización de rentas y cálculo de VUD		
Componente	Monto (pesos)	Origen
Ingresos	2 706 112.50	Generación de energía eléctrica
Gastos	316 680.00	Servicio técnico
	120 000.00	Limpieza mensual
Total	436 680.00	
Flujo de caja	2 269 432.50	
Tasa de descuento social (México)	10 %	
VUD= Flujo de Caja / Tasa de descuento social		
VUD	2 269 432.50 / 10 % = \$ 22 694 325.00	
Nota: Se consideró la tasa social de descuento de un 10%, pues es la que está oficialmente establecida en México, para proyectos sociales o ambientales (Ver Anexo).		
Fuente: Elaboración propia		



Asimismo, en cuadro 12 se exhibe el cálculo del Valor Económico Total (VET) con base en los valores de ponderación total obtenidos anteriormente.

Cuadro 12: Cálculo del VET con la ponderación obtenida anteriormente.			
Componentes VET	Ponderación final (%)	Operación	Valores en pesos
VUD	27.2936		22,694,325.00
VUI	18.0805	$= (22,694,325 / 27.29\%) \times 18.0805\%$	15,033,783.10
VO	24.8620	$= (22,694,325 / 27.29\%) \times 24.8620\%$	20,672,484.95
VE	18.6892	$= 22,694,325 / 27.29\% \times 18.6892\%$	15,539,909.50
VL	11.0746	$= (22,694,325 / 27.29\%) \times 11.0746\%$	9,208,453.34
		Valor Económico Total (VET)	83,148,955.89
Fuente: Elaboración propia			

## VALOR ECONÓMICO TOTAL

El Valor Económico Total se estimó con la metodología AMUVAM, partiendo del Valor de Uso Directo como valor pivó y con las ponderaciones obtenidas del cálculo del vector propio de los valores componentes del VET y asciende a: \$ 83 148 955.89.

Al redondear al millar más próximo, se obtiene el siguiente valor: VALOR ECONÓMICO TOTAL: \$ 83' 150, 000.00 (OCHENTA Y TRES MILLONES CIENTO CINCUENTA MIL PESOS 00/100 M.N.)

## CONCLUSIÓN

El objetivo de este trabajo terminal era identificar la metodología más adecuada para valuar espacios eco sustentables y atípicos en el mundo, que permitiera estimar un valor que tome en cuenta variables sociales y no solo económicas.

Se identificó como una posible metodología el modelo AMUVAM y se estimó el Valor Económico Total de \$ 83, 150,000.00 M.N. que engloba el valor de uso directo, indirecto, valor de opción, de existencia y legado, tomando en cuenta una tasa de descuento social del 10% establecida para México.

Se puede concluir que este método es apto para este tipo de valoraciones, pero sólo se debería utilizar de manera fiel, cuando se desconoce el valor de reposición de la tecnología

aplicada o cuando explícitamente se requiere únicamente el valor social; de otro modo sería necesario hacer ajustes al modelo para agregar al valor el costo físico, que a su vez lleva una vida útil finita y por lo tanto se deprecia al cabo de unos años y no capitalizaría a perpetuidad como se hizo para este trabajo.

#### Recomendaciones

Una vez concluido este trabajo, se recomienda investigar más a fondo como calcular una tasa de descuento medioambiental para México, pues con el paso de los años, grandes proyectos y activos estarán ligados a proteger el medio ambiente y recursos en peligro de extinción; y la necesidad de valuarlos siempre estará presente.

También sería oportuno recomendar que se estudie más el modelo AMUVAM utilizado en este trabajo y tal vez otros modelos existentes para la valuación de activos que no tienen un valor comercial al no poderse vender o comprar, también de activos que se desconoce su valor neto de reposición, pero que son valiosos por su existencia, por sus aportaciones y beneficios no cuantificados a la sociedad.

#### BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, R. **Este no es un Carril Bici Cualquiera, Ya que También Está Cubierto por Paneles Solares**. Xataka. 03 de agosto de 2015. Recuperado el 15 de agosto de 2017 de: <https://www.xataka.com/energia/este-no-es-un-carril-bici-cualquiera-ya-que-tambien-esta-cubierto-por-paneles-solares>

ÁLVAREZ, R. **Francia es Oficialmente el Primer País del Mundo en Tener una Carretera Solar**. Xataka. 22 de diciembre de 2016. Recuperado el 21 de abril de 2017 de: <https://www.xataka.com/energia/francia-es-oficialmente-el-primer-pais-del-mundo-en-tener-una-carretera-solar>

ÁLVAREZ, U. C. **Economía de México y Desarrollo Sustentable**. Red Académica Iberoamericana Local - Global. 2008.

ARQUINETPOLIS. **¿Qué es la Plusvalía y qué Factores Determinan su Valor?** Arquinetpolis. 13 de septiembre de 2015. Recuperado el 06 de septiembre de 2017 de: <http://arquinetpolis.com/plusvalia-factores-determinan-valor/>

AZNAR, J., y GUIJARRO, F. **Nuevos Métodos De Valoración, Modelos Multicriterio**. Valencia: Universitat Politècnica de València. 2012.

CEMAER: aprende y domina las energías renovables. **Lo Último en Tecnologías Solares**. 17 de septiembre de 2014. Recuperado el 13 de mayo de 2017 de: <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2014/09/17/lo-ultimo-en-tecnologias-solares/>

CARTA, J. A., CALERO, R., COMENAR, A., y CASTRO, M. A. **Centrales de Energías Renovables: Generación Eléctrica con Energías Renovables**. Madrid: Pearson Prentice Hall. 2009.

COLÍN, L. **Ciudades solares, una opción para México**. Expansión. 29 de marzo de 2010. Recuperado el 12 de mayo de 2017 de: [http://expansion.mx/obras/2010/03/29/ciudades-solares-mexico-iclei-del-carmen?internal\\_source=PLAYLIST](http://expansion.mx/obras/2010/03/29/ciudades-solares-mexico-iclei-del-carmen?internal_source=PLAYLIST)

COMISIÓN GLOBAL SOBRE ECONOMÍA Y CLIMA. **Mejor Crecimiento, Mejor Clima**. United Nations. Washington, DC. 2014.

COMISIÓN NACIONAL DE VIVIENDA. **Las 10 Ecotecnologías que Darán Más Confort a Tu Hogar**. 28 de agosto de 2016. Recuperado el 20 de julio de 2017 de: <https://www.gob.mx/conavi/articulos/que-son-y-para-que-sirven-las-ecotecnologias-en-el-hogar?idiom=es>

COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDIGENAS. **Ecotecnias. 016**. Recuperado el 28 de junio de 2017 de Gobierno de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/173389/ecotecnias-comunidades.indigenas-2016.pdf>

ECOACTIVATE. **Energía Solar Aplicaciones Domesticas e Industriales**. 2 de julio de 2013. Recuperado el 2 de septiembre de 2017 de: <http://ecoactivate.co/energia-solar-aplicaciones-domesticas-e-industriales/>

ENCICLOPEDIA FINANCIERA. Plusvalia. **Enciclopedia financiera**. (s.f.). Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de: <http://www.encyclopediainanciera.com/definicion-plusvalia.html>

EROSKI CONSUMER. **Ciudades solares. Eroski Consumer**. 08 de septiembre de 2011. Recuperado el 20 de mayo de 2017 de: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/energia\\_y\\_ciencia/2011/09/08/203071.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2011/09/08/203071.php)

FACUA. **La Huella Ecológica, Hábitos del Consumo Responsable**. Facua. 2009. Recuperado el 23 de agosto de 2017 de: <https://www.facua.org/es/guia.php?id=105>

FINDER COMPONENTES LTDA. **El Mundo Sustentable De Las Energías Renovables**. White Paper(001). septiembre de 2011. Recuperado el 21 de junio de 2017 de: [https://www.findernet.com/sites/all/files/user\\_70/ar\\_wp\\_energias\\_\\_renovables.pdf](https://www.findernet.com/sites/all/files/user_70/ar_wp_energias__renovables.pdf)

GAETE, C. M. **"Smart Highway"**: Se estrena primer tramo de una carretera solar en Holanda. Plataforma Urbana. 6 de Junio de 2014. Recuperado el 7 de Mayo de 2017 de: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/06/06/smart-highway-se-estrena-primer-tramo-de-una-carretera-solar-en-holanda/>

GASCA, C. A., y BULNES, C. A. **Las energías renovables: la energía solar y sus aplicaciones**. Revista Digital Universitaria, 11(8). 1 de Agosto de 2010. Recuperado el 4 de Septiembre de 2017 de: <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art96/#a>

GENERACION VERDE. **5 Soluciones Ecológicas para Aumentar la Plusvalía de tu Inmueble**. Generación Verde. 21 de abril de 2017. Recuperado el 22 de agosto de 2017, de:

<https://generacionverde.com/blog/arquitectura-sustentable/5-soluciones-ecologicas-para-aumentar-la-plusvalia-de-tu-inmueble/>

HERNÁNDEZ, S. **Introducción al urbanismo sustentable o nuevo urbanismo.** Espacios Públicos, 11(23). diciembre de 2008. Recuperado el 26 de septiembre de 2017 de: <http://www.redalyc.org/html/676/67611217015/>

HERNÁNDEZ, L. **México se perfila como potencia en energía solar.** El Financiero. 17 de septiembre de 2017. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de: <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/mexico-se-perfila-como-potencia-en-energia-solar.html>

INTERNATIONAL SOLAR CITIES INITIATIVE. **Daegu Declaration.** International Solar Cities Initiative. 2004. Recuperado el 13 de junio de 2017 de: <http://iscities.org/dgd.htm>

INTERNATIONAL VALUATION STANDARDS. **Valuation Approaches.** International Valuation Standards. 2013.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. **Metodologías para la Valoración Económica de Bienes, Servicios Ambientales y Recursos Naturales.** Bogotá, Colombia: Gobierno de Colombia. 2003. Recuperado el 25 de septiembre de 2017 de: [http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/569\\_guiavaloracion.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/569_guiavaloracion.pdf)

PUERTO, K. **El primer carril bici solar está generando más energía de lo esperado:** SolaRoad. Xataka. 11 de Mayo de 2015. Recuperado el 21 de Mayo de 2017 de: <https://www.xataka.com/energia/el-primer-carril-bici-solar-esta-generando-mas-energia-de-lo-esperado-solaroad>

RAMÍREZ, A., y SÁNCHEZ, J. Enfoques de desarrollo sostenible y urbanismo. **Revista Digital Universitaria**, 10(7). 1 de Julio de 2009.

RAMÍREZ, K. **Study:** Home values increase when solar panels get installed. Housingwire. 29 de marzo de 2016. Recuperado el 8 de agosto de 2017 de: <https://www.housingwire.com/articles/36636-study-home-values-increase-when-solar-panels-get-installed>

RAMOS, X. **Descubre el primer municipio de México que se alumbrará con energía solar.** Veo Verde. 29 de Mayo de 2014. Recuperado el 3 de Junio de 2017 de: <https://www.veoverde.com/2014/05/el-primer-municipio-de-mexico-que-se-alumbrara-con-energia-solar/>

Schneider Electric. (S.F). **Pregúntale al experto. Todo sobre edificios sustentables.** <https://www.schneider-electric.com.mx/documents/solutions/preguntale-al-experto/preguntale-al-experto-todo-sobre-edificios-sustentables.pdf>

TINSA MEXICO. **7 factores clave que generan plusvalía en un inmueble.** Tinsa Mexico. 15 de diciembre de 2016. Recuperado el 06 de septiembre de 2017, de: <https://www.tinsamexico.mx/26988/>

VALDÉS, A. L. **Rescate de espacios públicos genera plusvalía inmediata.** Metros Cúbicos. 7 de marzo de 2017. Recuperado el 23 de agosto de 2017 de: <http://www.metroscubicos.com/articulo/consejos/2017/02/28/el-rescate-de-espacios-publicos-genera-plusvalia-a-tu-casa>

*Trabalho enviado em 23 de abril de 2018.*  
*Aceito em 01 de junho de 2018.*