



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración**

**Administración de tecnología con perspectiva sustentable en la industria  
espacial en México**

**T e s i s**

Que para optar por el grado de:

**Doctora en Ciencias de la Administración**

Presenta:  
**M.I. Lisette Farah Simón**

Comité Tutor

Tutor principal:

**Dr. Juan Alberto Adam Siade**  
Facultad de Contaduría y Administración

**Dr. Saúl Daniel Santillán Gutiérrez**  
Facultad de Ingeniería

**Dr. Carlos Romo Fuentes**  
Facultad de Ingeniería

Ciudad de México, junio de 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 la memoria de Sarkis A. Farah Jilwan por ser  
un hombre de corazón valiente y lleno de amor.  
Gracias por ser mi padre.*

## **Agradecimientos**

*Al Dr. Juan Alberto Adam Siade por ser un ejemplo de entrega, compromiso en la formación de seres humanos capacitados, y por fomentar la participación de los jóvenes en la vida académica y de investigación.*

*A mis tutores Dr. Saúl Santillán Gutiérrez y Dr. Carlos Romo Fuentes que me acompañaron durante este periodo, doy gracias por su apoyo y comentarios para poder concluir esta investigación.*

*A la Dra. María Hortensia Lacayo Ojeda y al Dr. Jorge Armando Juárez González por aceptar participar como parte de mi sínodo, por todo el apoyo que me han dado y sobre todo por ser un ejemplo de dedicación y entrega a sus alumnos.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser mi segundo hogar, donde he crecido como ser humano.*

*A la Facultad de Contaduría y Administración por la confianza recibida y al Comité del Fideicomiso UNAM-FCA por su valioso apoyo como becario del doctorado.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su apoyo a mi participación en el proyecto denominado “Red Temática de Ciencia y Tecnología del Espacio” (RedCyTe).*

*A los proyectos: Desarrollo de modelos de ingeniería para el satélite Quetzal (PAPIIT proyecto No. 101514); y al Laboratorio Nacional de Ingeniería Espacial (Proyecto CONACyT LN 2660); ya que gracias a ellos pude recabar información valiosa para la realización de este trabajo de investigación.*

## **Agradecimientos**

*A mi madre por ser mi cómplice en cada paso que he dado; por ser una mujer ejemplar que me ha enseñado a siempre levantarme y seguir adelante. Madre, gracias por escogerme para ser tu nena. Te amo madre.*

*Gracias Nadima Simón Domínguez por todas tus enseñanzas en este camino que no fue nada fácil; por estar siempre a mi lado; por no dejarme desistir de este sueño; y sobre todo por ser mi segunda madre.*

*A mi hermano Alejandro Farah por su apoyo incondicional y por ser mi consejero número uno.*

*A mis tíos, en especial a mi tía Maruca, tío Pepe y tío Chucho por todo el apoyo y amor que me han brindado*

*A mis primos por ser mis amigos y confidentes eternos.*

*A Jorge Rivas Coria, gracias por tus sonrisas en mis momentos difíciles y por el apoyo para la culminación de este proyecto.*

*A mis amigos, gracias por su amor y su apoyo; en especial a Hugo, Berenice, Rodrigo, Karla, Diana, Jenny, Pato, Raúl Mejía, Octavio Ávila, Paola Vera, Angélica Cruz y Patricia.*

## ÍNDICE

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
Justificación del estudio .....	1
Planteamiento del problema .....	5
Pregunta principal de investigación .....	9
Preguntas secundarias de investigación.....	9
Objetivo general de la investigación .....	10
Objetivos específicos de la investigación.....	10
Hipótesis de investigación .....	10
Hipótesis secundarias de investigación .....	11
Matriz de Congruencia de la investigación .....	12
Método.....	13
<b>CAPÍTULO 1. SUSTENTABILIDAD Y ADMINISTRACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>1.1 Orígenes y evolución del concepto de sustentabilidad .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2 Conceptos de desarrollo sustentable y sustentabilidad.....</b>	<b>25</b>
<b>1.4 Producción sustentable .....</b>	<b>36</b>
<b>1.5 Cadenas de valor y sustentabilidad.....</b>	<b>37</b>
<b>1.6 Administración sustentable en las cadenas de valor.....</b>	<b>39</b>
<b>1.7 Ciclo de vida del producto sustentable .....</b>	<b>40</b>
<b>1.8 Administración del ciclo de vida .....</b>	<b>41</b>
<b>1.9 Generación de valor sustentable .....</b>	<b>44</b>
<b>1.10 Etapas para la generación de valor sustentable.....</b>	<b>46</b>
1.10.1 Diagnóstico .....	47
1.10.2 Evaluación de oportunidades.....	47
1.10.3 Implementación.....	48

1.11 Generación de valor sustentable mediante la evaluación del ciclo de vida .....	49
<b>CAPÍTULO 2. ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD .....</b>	<b>52</b>
2.1 Tecnología y sustentabilidad.....	52
2.2 Administración, tecnología y sustentabilidad: un abordaje desde la transdisciplina .....	53
2.3 Fundamentos teóricos de la administración de la tecnología.....	54
2.4 Modelos de administración de tecnología.....	61
2.4.1 Modelo Nacional de Gestión Tecnológica e Innovación© del Premio Nacional de Tecnología e Innovación ® (2011) .....	62
2.4.2 El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología del Premio Nacional de Tecnología® (2010) .....	63
2.4.3 Modelo de Sumanth (1999) .....	70
2.4.4 Modelo de Hidalgo, León y Pavón (2002).....	71
2.4.5 Modelo Temaguide (COTEC, 1999a) .....	73
2.4.6 Modelo de Hidalgo (1999).....	76
2.4.7 Modelo de Ochoa, Valdés y Quevedo (2007) .....	77
2.4.8 Resultados del estudio de Solís y Palomo (2010).....	79
2.5 Análisis comparativo de las definiciones y modelos de administración de tecnología .....	80
2.6 Propuesta de una definición de administración de tecnología con perspectiva sustentable.....	89
<b>CAPÍTULO 3. ORGANISMOS REGULADORES Y NORMATIVOS DE LA INDUSTRIA ESPACIAL Y SU RELACIÓN CON LA SUSTENTABILIDAD .....</b>	<b>93</b>
3.1 La problemática de la sustentabilidad en el espacio .....	93
3.2 Organismos y agencias espaciales internacionales y su relación con la sustentabilidad .....	100

3.2.1 Comité sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS) .....	101
3.2.1.1 Definición de la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre, según COPUOS .....	103
3.2.1.2 Directrices de COPUOS relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre .....	103
3.2.1.3 Reflexión analítica sobre las directrices de COPUOS relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre .....	108
3.2.2 Comité Interinstitucional de Coordinación en Materia de Desechos Espaciales (IADC).....	109
3.2.3 Principales agencias espaciales en el nivel internacional .....	112
<b>3.3 Agencia Espacial Mexicana (AEM).....</b>	<b>114</b>
3.3.1 Objeto de la Agencia Espacial Mexicana .....	117
3.3.2 Líneas Generales de la Política Espacial de México .....	118
3.3.4 Programa Nacional de Actividades Espaciales (2011-2015) .....	120
3.3.5 Programa Nacional de Actividades Espaciales (2013-2018) .....	129
<b>CAPÍTULO 4. EL CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL DE LA INDUSTRIA ESPACIAL.....</b>	<b>139</b>
<b>4.1 Características de la industria espacial en el nivel global .....</b>	<b>139</b>
4.1.1 Cadena de valor de la industria espacial .....	144
4.1.2 Estructura empresarial de la industria espacial en el nivel global .....	145
<b>4.2 Características de la industria espacial mexicana .....</b>	<b>147</b>
4.2.1 Actividades económicas en la cadena de valor de la industria espacial en México .....	147
4.2.2 Problemática que enfrenta la industria espacial en México .....	152



4.2.3 Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para el sector espacial en México. ....	156
4.2.4 Evolución del desarrollo tecnológico de la industria espacial en México .....	161
4.2.5 El desarrollo de tecnología satelital en la UNAM .....	163
<b>CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE UN MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍA CON PERSPECTIVA SUSTENTABLE (ATpS) PARA LA INDUSTRIA ESPACIAL.....</b>	<b>171</b>
<b>5.1 Justificación de incorporar la perspectiva sustentable en la administración de tecnología en la industria espacial.....</b>	<b>171</b>
<b>5.2 Propuesta de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable para la industria espacial .....</b>	<b>175</b>
5.2.1 Principio para una administración de tecnología con perspectiva sustentable (ATpS). ....	179
5.2.2 Estrategias sustentables para ATpS: .....	179
5.2.2.1 Estrategias económicas.....	179
5.2.2.3 Estrategias sociales .....	180
5.2.3 Fases, etapas y actividades de la ATpS .....	181
5.2.3.1 Fase I. Formulación .....	181
5.2.3.2 Fase II. Desarrollo e implementación .....	183
5.2.3.3 Fase III. Evaluación .....	184
5.2.4 Herramientas para la ATpS.....	185
5.2.4.1 Benchmarking .....	187
5.2.4.2 Análisis de mercado. ....	188
5.2.4.3 Vigilancia e inteligencia tecnología. ....	189
5.2.4.4 Análisis de patentes.....	190
5.2.4.6 Metodologías de diseño.....	191

5.2.4.7 Evaluación del ciclo de vida del producto (LCA).....	191
5.2.4.8 Auditorías tecnológicas.....	192
5.2.4.9 Evaluación de proyectos.....	193
5.2.4.10 Matriz de posición tecnológica.....	193
5.2.4.11 Alianzas tecnológicas .....	194
5.2.4.12 Análisis de valor.....	194
5.2.4.13 Planeación tecnológica .....	194
<b>5.3 Generación de valor sustentable en la industria espacial y la ATpS .....</b>	<b>195</b>
5.3.1 Aspectos internos para la generación de valor de la industria espacial en el corto plazo (cuadrante I) .....	201
5.3.2 Aspectos externos para la generación de valor de la industria espacial en el corto .....	201
5.3.3 Aspectos internos para la generación de valor de la industria espacial en el largo plazo (cuadrante III) .....	202
5.3.4 Aspectos externos para la generación de valor de la industria espacial en el largo plazo (cuadrante IV).....	203
<b>Conclusiones.....</b>	<b>212</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>216</b>
<b>Anexo .....</b>	<b>230</b>

## **Introducción**

Esta tesis doctoral se realiza en el marco del macroproyecto de la Facultad de Contaduría y Administración (FCA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) titulado “Administración y Sustentabilidad” y forma parte de los proyectos de la Red Temática de Ciencia y Tecnología Espacial del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

## **Justificación del estudio**

La industria espacial es una de las más innovadoras en la historia de la humanidad, con grandes aportaciones a la solución de problemas globales, por ejemplo: la alerta temprana en catástrofes causadas por fenómenos naturales, el monitoreo y control de plagas, la seguridad del suministro alimentario y el fortalecimiento de la seguridad nacional mediante servicios de información, así como el apoyo a los servicios de inteligencia y defensa. El sector espacial puede definirse como “el segmento de la economía de los países que resulta de actividades de exploración, uso y explotación del espacio exterior como la investigación científica, el desarrollo tecnológico, el diseño, fabricación, manufactura y operación de sistemas de telecomunicaciones, la geolocalización y observación de la tierra y del cosmos que emplean objetos lanzados y ubicados en el espacio” AEM y Pro-México (2012:13).

El impacto de la industria espacial en la forma de vida de toda la población ha sido enorme, por sus contribuciones mediante diversas tecnologías que han revolucionado nuestro estilo de vida, como, por ejemplo: la internet, la telefonía celular, las telecomunicaciones inalámbricas, los servicios de posicionamiento global, el control de tráfico aéreo y los sistemas de monitoreo y pronóstico del clima.

La conquista del espacio se inicia con grandes inversiones en innovación, investigación y desarrollo tecnológico en los Estados Unidos de América (EUA) y en la Ex-Unión Soviética; dada la naturaleza global de la industria espacial, se han acelerado las transferencias tecnológicas y el consiguiente desarrollo de capacidades en diversas naciones creándose potencias espaciales en países emergentes como China, India y Brasil.



Dado que la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre deben realizarse en beneficio e interés de todos los países, es fundamental la cooperación internacional para dar acceso equitativo a dicho espacio, y promover el desarrollo económico y social de toda la población, a la vez de cuidar que las actividades espaciales tengan una mínima repercusión en el medio ambiente de la tierra y del espacio, aspectos fundamentales para el logro de un desarrollo sustentable.

Dicha cooperación puede adoptar diversas formas, como el intercambio de datos, las actividades de creación de capacidades en los ámbitos tecnológico y jurídico, así como el apoyo a los países emergentes interesados en formar y capacitar personal altamente calificado y especializado, así como en desarrollar una infraestructura industrial que les permita realizar actividades espaciales, incluyendo la creación de tecnologías que contribuyan a reducir al mínimo el impacto ambiental del lanzamiento de activos espaciales y potencien al máximo el uso de recursos renovables y la reutilización de los bienes existentes o su adaptación a otros fines.

Se considera que, además de la cooperación internacional, se requieren también nuevas políticas públicas en los niveles internacional y nacional con enfoques y perspectivas para avanzar en el desarrollo sustentable. También se requieren mayores inversiones presupuestales tanto públicas como privadas por el alto costo de las misiones y de la exploración espacial, principalmente en aspectos relativos a infraestructura industrial, investigación y desarrollo científico y tecnológico. Asimismo, como señala Al Gore, citado en Hart (2007: 31), se requiere una “transformación completa de nuestra disposición mental, que debe pasar a ver nuestro planeta como una inversión a largo plazo y no como un negocio en liquidación”.

La industria espacial en México empieza a desarrollarse en 2010 con la creación de la Agencia Espacial Mexicana como organismo descentralizado del Estado, dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Nuestro país ya cuenta con infraestructura desarrollada en la industria aeronáutica que constituye potencialmente un complemento para el desarrollo del sector espacial.



Sin embargo, México está muy lejos de lograr una competitividad sustentable como país, como refleja el Índice de Competitividad Global publicado en el Reporte global de Competitividad 2011-2012 del Foro Económico Mundial (Schwab Klaus, *et al.*, 2011), donde se señala que nuestro país ocupa la posición 58 de 148 países, el cual lo cataloga como un país con economía débil en el nivel mundial; en el Reporte 2012-2013 del citado organismo (Schwab Klaus, *et al.*, 2012), se observa que México avanzó cinco lugares con respecto al año anterior, destacando sus posiciones en transferencia de tecnología (lugar 15), en colaboración universidad-industria en proyectos de investigación y desarrollo (lugar 42) y en la calidad de las instituciones de investigación científica (lugar 49).

Sin embargo, aún presenta debilidades como: insuficiente inversión en investigación y desarrollo; limitada capacidad de innovación; mala calidad del sistema educativo en general; deficiencias en las instituciones públicas en la adopción e implementación de políticas para impulsar la competencia interna, en particular en sectores estratégicos como tecnologías de información y comunicación, energía, comercio minorista, junto con las reformas laborales.

Cabe destacar que en el mismo Reporte correspondiente al periodo 2013-2014 (Schwab Klaus, *et al.*, 2013) , se observa que nuestro país avanzó en la confianza en la aplicación de normas financieras y de auditoría pasando del lugar 63 al 45, así como en el gasto de empresas en investigación y desarrollo avanzando del lugar 79 al 61; es notable el deterioro de la calidad del sistema educativo en general, pues México retrocedió hasta ocupar el lugar 119; otro aspecto que se considera grave es que nuestro país es de los que tienen mayor costo ocasionado a los negocios por la violencia y el aumento del crimen organizado, al ocupar el lugar 139 de 144 países.

Es preciso destacar que México tiene ventajas comparativas como su ubicación geográfica, sus recursos naturales, mano de obra calificada y una población relativamente joven, pero ha basado su competitividad en bajos salarios y en la explotación de los recursos naturales.

Se considera que México puede lograr el desarrollo de una industria espacial competitiva y sustentable, siempre y cuando se realicen alianzas estratégicas y



grandes esfuerzos conjuntos entre el gobierno, la iniciativa privada y las Instituciones de Educación Superior del país vinculadas a las de otros países con mayor desarrollo tecnológico.

Es importante resaltar que el desarrollo satelital en el nivel global involucra el desarrollo de productos y servicios, tanto de defensa como de uso civil; por lo tanto su uso es dual, lo que permite ser utilizados por sectores como el militar y de defensa nacional; el desarrollo de la industria espacial en nuestro país no se va a dar con la lógica de la defensa, se tienen intereses tanto comerciales como de seguridad, lo que requiere el apoyo gubernamental, dado que su desarrollo implica decisiones del gobierno, así como inversiones públicas y privadas.

Aun cuando en el nivel internacional existen grupos consolidados de empresas del sector espacial interesados en establecerse en nuestro país, la industria espacial mexicana todavía es incipiente. Cabe destacar que existen esfuerzos de organismos internacionales y nacionales por incorporar la sustentabilidad en dicho sector (véase capítulo 3 de este trabajo), pero es necesario que dichos esfuerzos sean compartidos por las empresas, quienes no deben contemplarlos sólo como mecanismos de defensa económica, sino que requieren considerar que el espacio ultraterrestre es un patrimonio de la humanidad y su contaminación tiene repercusiones globales; en particular, es necesario preservar la órbita baja, la cual se considera fundamental para las investigaciones y aplicaciones de alta tecnología espacial.

Se requiere una conciencia global a nivel internacional hacia la sustentabilidad, no sólo como un asunto ético, sino también de competitividad: si las empresas y los gobiernos entienden que se requiere un balance entre sus intereses económicos, la preservación del espacio y la satisfacción de las necesidades sociales será factible que en el largo plazo generen mayor valor sustentable y sean más competitivas.

Cabe destacar que, en la elaboración de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable para la industria espacial, es importante considerar las restricciones de seguridad nacional que existen en esta industria, así como la dificultad de hacer una validación del modelo en una investigación doctoral porque



las misiones espaciales requieren largos periodos de tiempo dada la naturaleza del ciclo de vida de sus productos.

Es indudable que con la creación de la Agencia Espacial Mexicana se propiciará el desarrollo de proyectos espaciales de alta tecnología; además, se considera fundamental realizar investigaciones basadas en el trabajo de equipos con académicos de diferentes disciplinas; en este sentido, se considera que las ciencias de la administración pueden aportar perspectivas y enfoques que permitan un mejor logro de los objetivos de los proyectos espaciales de innovación y desarrollo tecnológico; en particular, la presente tesis pretende hacer algunas aportaciones para que la administración de la tecnología con una perspectiva sustentable contribuya al desarrollo de la industria espacial en México, así como a la consolidación y generación de conocimientos en las ciencias de la administración y a la incorporación de procesos sustentables de adopción y ejecución de políticas, estrategias, planes y acciones relacionadas con el uso de la tecnología.

### **Planteamiento del problema**

Autores como Aktouf (2009), Hart (2007) y Simón y Rueda (2016) han señalado que en la teoría tradicional de la administración ha prevalecido la racionalidad económica, lo cual significa que se ha ocupado principalmente de los negocios, de sus utilidades y de la organización de sus industrias, dejando de lado sus impactos ambientales y socioeconómicos tanto presentes como futuros. Asimismo, plantean que se requieren nuevas formas de administrar las organizaciones públicas y privadas, para que éstas contribuyan a mitigar la contaminación de suelos, aire, agua y espacio, a eliminar la explotación irracional de recursos naturales y a generar una mejor calidad de vida para sus trabajadores y en general para todas las personas que participan en sus actividades.

Dichos autores también señalan que se requiere cambiar el paradigma económico de la administración, por otro sustentable que incorpore además de la perspectiva económica, la ambiental y la social; este nuevo paradigma de la administración plantea la necesidad de conciliar los objetivos económicos de las empresas con los intereses y beneficios de todos los actores sociales que participan en éstas, así como



la preservación y cuidado del medio ambiente y de los recursos naturales. Se refieren en otras palabras, a que las organizaciones y en particular las empresas se enfrentan a la inconsistencia aparente entre ser sustentables y generar valor para sus accionistas, por lo que sugieren se realicen investigaciones basadas en estudio de casos que analicen la problemática de empresas de diferentes sectores y de qué manera han intentado conciliar los objetivos económicos, con los ambientales y sociales. Tomando como base el paradigma sustentable, diversos autores señalados en el capítulo 1 han redefinido el concepto de administración, así como los de producción, cadenas de valor y ciclo de vida del producto, conceptos que se consideran básicos en este trabajo para analizar el concepto de administración de tecnología.

Los problemas ambientales del planeta están estrechamente relacionados con la industrialización y el desarrollo tecnológico, los cuales sin duda han permitido aumentar el estándar de vida de una buena parte de la población mundial mediante mayor producción de bienes y servicios y generación de empleos, así como ampliar la esperanza de vida con la disminución de una serie de enfermedades y resolver una mayor disponibilidad de recursos alimentarios, entre otras cuestiones. Estos impactos negativos y positivos necesariamente deben ser considerados en el desarrollo de nuevas tecnologías y en su aplicación.

Derivado de un análisis de la literatura revisada sobre administración de la tecnología, se destaca que en las definiciones y en los modelos analizados se utilizan denominaciones como administración tecnológica, administración de tecnología, gestión de tecnología o bien gestión tecnológica. Después de revisar los conceptos correspondientes a cada una de estas denominaciones, se concluye que éstas se utilizan indistintamente para referirse al mismo concepto. Además, se plantea que en las definiciones de dicho concepto no se han considerado de manera explícita los temas referentes a la sustentabilidad, en particular aquellos relacionados con el medio ambiente y las regulaciones internacionales al respecto, ni tampoco se incorporaron variables ambientales, tales como los desechos sólidos y líquidos, desperdicios, emisiones de gases contaminantes y reciclaje.





Asimismo, se plantea que hace falta investigación para determinar el buen funcionamiento de los elementos clave de dichos modelos bajo diferentes condiciones de producto/mercado y para diferentes industrias; también que todos los modelos se relacionan con los procesos y actividades referentes a la tecnología y la innovación; aun cuando dichos modelos contemplen diferentes fases y actividades, con algunas similitudes y diferencias, en ninguno de ellos se han considerado aspectos de sustentabilidad, y en particular con la relativa al uso de la tecnología para la preservación del medio ambiente y en especial, con el tratamiento de los desechos sólidos al fin de la vida de los productos.

En el caso de la industria espacial, se identificaron grandes impactos ambientales en el espacio ultraterrestre (descritos en el capítulo 3 de este trabajo) que fueron originados por numerosos desechos derivados principalmente de los satélites fuera de funcionamiento, de las etapas superiores de los vehículos de lanzamiento, de los cohetes portadores de múltiples cargas útiles, de los desechos liberados intencionalmente durante la separación de una nave espacial de su vehículo de lanzamiento, de los efluentes de motores de los cohetes, así como de escamas de pintura liberadas por el impacto de partículas pequeñas.

Según la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS, 2016), a partir de 2007, los desechos creados por colisiones tanto accidentales como deliberadas han aumentado considerablemente, generando fragmentos de gran tamaño que podrían provocar otras colisiones catastróficas creando situaciones inestables y no controladas. Incluso los desechos diminutos de diámetro inferior a 1 milímetro representan también un grave peligro, pues pueden dañar por ejemplo el cableado eléctrico expuesto de muchos objetos en funcionamiento, lo que puede ocasionar su deterioro o su desintegración.

Se considera relevante mencionar que es hasta después de 50 años de iniciada la conquista del espacio, cuando la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), hizo suyas en 2007 las Directrices para la Reducción de Desechos Espaciales elaboradas por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, las cuales representan el primer consenso



internacional sobre la necesidad de reducir los desechos espaciales y orientar a todos los países con capacidad espacial sobre la manera de mitigar dichos desechos. Por desgracia, dicho consenso se logró cuando los problemas que ocasionan los desechos son prácticamente irreparables, lo cual refleja una falta de planeación y previsión con perspectiva sustentable a largo plazo por parte de los organismos internacionales, los países y las empresas.

Romaniw y Bras (2012) reportaron los resultados de una encuesta para conocer las prácticas comunes en la industria manufacturera aeroespacial con respecto a la sustentabilidad y a la administración ambiental. Destacaron que la industria manufacturera aeroespacial es responsable de producir un número de productos que van desde aeroplanos militares y civiles, helicópteros y otros vehículos hasta cohetes, misiles, satélites y vehículos espaciales. La mayoría de la industria, sin embargo, se dedica a la producción de aeroplanos y helicópteros militares y civiles, que representa más del 70% del total de las empresas de esta industria y más del 90% de los ingresos por ventas. Además, dichos autores señalan que la industria aeroespacial es responsable de aproximadamente el 2% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero producidas por el hombre y una fracción similar de otras cargas ambientales causadas por el hombre; también señalan que la producción de productos como cohetes, misiles, satélites y vehículos espaciales representa una pequeña fracción de toda la industria aeroespacial y un porcentaje todavía menor de las cargas ambientales globales. No obstante, cabe destacar el enorme daño que éstas han ocasionado en el espacio ultraterrestre.

Los autores citados anteriormente, revisaron las prácticas ambientales desarrolladas por siete de las principales empresas de la industria espacial en el nivel global y recopilaron información de sus reportes ambientales. Entre los resultados de su investigación reportaron que en el proceso de manufactura se consumen grandes cantidades de energía y se producen muchos residuos durante el trabajo y formación del material y que en los procesos de acabado superficial se producen cantidades significativas de residuos químicos; asimismo, identificaron lagunas en las investigaciones sobre esta industria reportadas en la literatura referentes a:



1) La escasa atención que se presta a los componentes y al ensamblaje final, así como al reuso y reciclaje de componentes de sistemas retirados, los cuales pueden generar valor económico para la empresa, a la vez que reducen la contaminación de nuestro planeta.

2) No existe una metodología estándar para evaluar la sustentabilidad y en particular para medir el impacto ambiental de los procesos de producción de la industria aeroespacial.

3) Existe una carencia significativa en el marco regulatorio con especificaciones para la industria manufacturera aeroespacial. Muchas regulaciones legales se dirigen a la industria manufacturera como un todo, y poco se adaptan específicamente a las necesidades únicas de la industria aeroespacial. Sugieren que los actos o reglamentos no siempre tengan que ser prohibitivos limitando o controlando las actividades de esta industria, sino que puedan ser voluntarios ofreciendo incentivos a las empresas de este sector para que las adopten.

Con base en el planteamiento del problema anteriormente expuesto, se formularon las preguntas de investigación, que se presentan a continuación:

### **Pregunta principal de investigación**

¿Cuáles son las características de la administración de tecnología que sirven de soporte a la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones que conforman la industria espacial en México y sobre los desechos generados por los desarrollos satelitales?

### **Preguntas secundarias de investigación**

- ¿De qué manera considera el Programa Nacional de Actividades Espaciales de México la perspectiva de sustentabilidad en sus tres esferas: económica, social y ambiental?
- ¿De qué manera se ha incorporado en la conceptualización de la administración de tecnología el impacto ambiental de los productos desde su diseño hasta el fin de su vida útil?



## **Objetivo general de la investigación**

Analizar las características de la administración de tecnología que sirven de soporte a la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones que conforman la industria espacial en México y sobre los desechos generados por los desarrollos satelitales.

## **Objetivos específicos de la investigación**

- Analizar de qué manera el Programa Nacional de Actividades Espaciales de México considera la perspectiva de sustentabilidad en sus tres esferas: económica, social y ambiental.
- Analizar de qué manera se ha incorporado en la conceptualización de la administración de tecnología el impacto ambiental de los productos desde su diseño hasta el fin de su vida útil.

## **Hipótesis de investigación**

Las características que la Administración de Tecnología contempla para dar soporte a la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones que conforman la industria espacial en México son:

- Desarrollo tecnológico e innovación;
- Competitividad;
- Generación de valor;
- Coordinación, integración funcional y estrategias;

pero no contemplan la visión de futuro y la sustentabilidad en los procesos de planeación, implementación y evaluación de los recursos tecnológicos de las organizaciones de la industria espacial en México para que éstas, además de ser económicamente viables, contribuyan a la satisfacción de las necesidades de la población y a la disminución de la contaminación del medio ambiente, en particular a la generada por los desechos sólidos espaciales.



## Hipótesis secundarias de investigación

- El Programa Nacional de Actividades Espaciales de México contempla estrategias económicas y sociales para fortalecer el crecimiento de la industria espacial y su contribución a satisfacer necesidades de la población, pero carece de estrategias de prevención y disminución de sus impactos ambientales, en particular los generados por desechos sólidos espaciales.
- La conceptualización de la administración de tecnología carece de consideraciones sobre el impacto ambiental de los productos y recursos tecnológicos desde el diseño hasta el fin de su vida útil.



**Tabla 1**

**Matriz de Congruencia de la investigación**

Pregunta	Objetivo General	Hipótesis
<p>¿Cuáles son las características de la administración de tecnología que sirven de soporte a la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones que conforman la industria espacial en México y sobre los desechos generados por los desarrollos satelitales?</p>	<p>Analizar las características de la administración de tecnología que sirven de soporte a la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones que conforman la industria espacial en México y sobre los desechos generados por los desarrollos satelitales.</p>	<p>Las características que la Administración de Tecnología contempla para dar soporte a la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones que conforman la industria espacial en México son: desarrollo tecnológico e innovación; competitividad; generación de valor; coordinación, integración funcional y estrategias; pero no contempla la visión de futuro y la sustentabilidad en los procesos de planeación, implementación y evaluación de los recursos tecnológicos de las organizaciones de la industria espacial en México para que éstas, además de ser económicamente viables, contribuyan a la satisfacción de las necesidades de la población y a la disminución de la contaminación del medio ambiente, en particular a la generada por los desechos sólidos espaciales</p>
Preguntas secundarias	Objetivo específico	Hipótesis secundarias
<p>¿De qué manera considera el Programa Nacional de Actividades Espaciales de México la perspectiva de sustentabilidad en sus tres esferas: económica, social y ambiental?</p>	<p>Analizar de qué manera el Programa Nacional de Actividades Espaciales de México considera la perspectiva de sustentabilidad en sus tres esferas: económica, social y ambiental.</p>	<p>El Programa Nacional de Actividades Espaciales de México contempla estrategias económicas y sociales para fortalecer el crecimiento de la industria espacial y su contribución a satisfacer necesidades de la población, pero carece de estrategias de prevención y disminución de sus impactos ambientales, en particular los generados por desechos sólidos espaciales.</p>
<p>¿De qué manera se ha incorporado en la conceptualización de la administración de tecnología el impacto ambiental de los productos desde su diseño hasta el fin de su vida útil?</p>	<p>Analizar de qué manera se ha incorporado en la conceptualización de la administración de tecnología el impacto ambiental de los productos desde su diseño hasta el fin de su vida útil.</p>	<p>La conceptualización de la administración de tecnología carece de consideraciones sobre el impacto ambiental de los productos y recursos tecnológicos desde el diseño hasta el fin de su vida útil.</p>



## **Método**

En la presente investigación se utiliza un estudio de caso sobre la industria espacial en México, para analizar de qué manera se incorpora la perspectiva de la sustentabilidad en la administración de tecnología, así como en los desarrollos tecnológicos y de innovación característicos de dicha industria. Como señala Yin (1994), la utilización del estudio de caso constituye un método y estrategia de investigación que permitirá el examen de la situación actual de la industria espacial, la problemática que enfrenta en relación a la sustentabilidad y en particular la derivada de los desechos sólidos espaciales, así como la manera que la administración de tecnología puede contribuir a su solución.

La incorporación de una perspectiva sustentable en la administración de tecnología requiere un abordaje desde la transdisciplina, la cual va más allá de las relaciones interdisciplinarias entre la administración y las ciencias relativas a la ingeniería que estudian la tecnología, así como el desarrollo tecnológico y la innovación.

## **Etapas de la investigación**

Las etapas que se siguieron en esta investigación son las siguientes:

- I. Revisión y análisis de la literatura especializada sobre administración y sustentabilidad, así como la relativa a la tecnología, administración y modelos de tecnología.
- II. Revisión y análisis de la normatividad y directrices relativas a la industria espacial, y en particular a los desechos sólidos espaciales, emitida por los principales organismos reguladores de la industria espacial en el nivel internacional, principalmente de la ONU (COPUOS).
- III. Revisión y análisis de los lineamientos de la política espacial de México, del Programa Nacional de Actividades Espaciales y de las características de la Agencia Espacial Mexicana, con base en documentos oficiales y en publicaciones especializadas.



- IV. Revisión y análisis de estudios previos sobre desechos sólidos espaciales, administración de tecnología, administración del ciclo de vida, de las cadenas de valor y generación de valor en diversas industrias y en particular en la espacial. Asimismo, se analizaron las publicaciones y estudios realizados por diversas agencias espaciales del mundo y en particular por la de México.
- V. Revisión y análisis de estadísticas relativa a la industria espacial y a la generación de desechos espaciales tanto en el nivel nacional como en el internacional.
- VI. Se diseñó un cuestionario (ver anexo) para conocer la opinión de investigadores y/o desarrolladores de tecnología aeroespacial en relación a la propuesta de una administración de tecnología que incorpora la perspectiva sustentable durante todo el ciclo de vida de los satélites, desde el diseño hasta el fin de su vida útil, que permita contribuir a la mitigación de desechos sólidos en el espacio.
- VII. El cuestionario fue entregado a una muestra de 20 investigadores participantes en el Congreso Internacional de la Industria Aeronáutica que se realizó en la ciudad de Guadalajara en el mes de septiembre de 2016, quienes se comprometieron a proporcionar la información contenida en el cuestionario vía correo electrónico. Lamentablemente, no se recibieron las respuestas esperadas, posiblemente debido a las restricciones de seguridad nacional existentes en la industria espacial; por lo anterior se utilizaron los resultados de encuestas a empresas de la industria aeroespacial reportadas en la literatura.
- VIII. Con base en los diversos análisis realizados durante la investigación, se elaboró una propuesta de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable que incorpora la administración del ciclo de vida en la cadena de valor de la industria espacial. Aun cuando la perspectiva sustentable se refiere a los aspectos económicos, ambientales y sociales, en esta propuesta se aborda principalmente la problemática ambiental de la industria espacial, en particular la relativa a los desechos sólidos espaciales.





## Resumen capitular

Esta tesis consta de una introducción, cinco capítulos y un apartado con las conclusiones de la investigación; al final se presentan las referencias bibliográficas y un anexo.

En el capítulo I titulado “Sustentabilidad y Administración” se presentan los orígenes y evolución de los conceptos de sustentabilidad y del desarrollo sustentable; también se analizan las propuestas de diversos autores que incorporaron el paradigma sustentable en la teoría de la administración, el cual permite definir conceptos tales como administración sustentable, producción sustentable, ciclo de vida del producto sustentable, administración sustentable de las cadenas de valor y administración del ciclo de vida. Asimismo, se describe y analiza el constructo multidimensional de Hart y Milstein (2003), el cual proporciona un marco analítico para la generación de valor sustentable en las esferas económica, social y ambiental. Asimismo, se presentan las etapas que deben seguirse para la generación de dicho valor, las cuales consisten en diagnóstico, evaluación de oportunidades e implementación. Al final, se presenta un marco analítico para la generación de valor sustentable incorporando la administración y evaluación del ciclo de vida, el cual será utilizado para mostrar cómo se puede generar valor sustentable en la industria espacial en México.

El capítulo 2 se refiere a la “Administración de tecnología y sustentabilidad”, temática que se aborda desde la transdisciplina, la cual supera las relaciones interdisciplinarias entre la administración y las ciencias relativas a las ingenierías, porque se incorpora en el análisis la perspectiva de la sustentabilidad.

En primer término, se analizan los aspectos positivos y negativos de la tecnología y sus impactos para la sustentabilidad. Con base en la revisión de la literatura, se describen las definiciones y modelos de administración de tecnología que se consideraron más relevantes, lo cual permitió analizarlas críticamente con el objetivo de conocer de qué manera incorporaron las siguientes categorías: desarrollo tecnológico e innovación; competitividad; generación de valor; coordinación, integración funcional y estrategias; visión de futuro; y sustentabilidad.



No obstante, los impactos ambientales negativos que se atribuyen a la industrialización y el desarrollo tecnológico, se observó que las definiciones y modelos de administración de tecnología no incorporan de manera explícita y adecuada la visión de futuro y los aspectos ambientales y sociales de la sustentabilidad, lo cual permite concluir que el paradigma dominante en dichos planteamientos teóricos es el racional económico y que no contemplan como temas centrales la administración del ciclo de vida y de la cadena de valor, aspectos que se consideran fundamentales para una administración eficaz de la tecnología.

Dicho análisis sirvió de base para proponer una definición de administración de tecnología con perspectiva sustentable, considerando sus implicaciones tanto teóricas como prácticas; asimismo, para fundamentar la propuesta de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable que se presenta en el capítulo 5 de esta tesis.

El análisis de los “Organismos reguladores y normativos de la industria espacial y su relación con la sustentabilidad” se aborda en el capítulo 3. Éste inicia con el análisis de la sustentabilidad en el espacio, observando que uno de los principales problemas se genera por los desechos sólidos derivados de las exploraciones y misiones espaciales, lo cual ha despertado gran preocupación de carácter internacional sobre cómo reducir la basura espacial y los efectos catastróficos que se generan, describiéndose éstos en forma detallada; se destaca la grave consecuencia originada por los choques de dichos residuos con satélites en funcionamiento que pueden afectar su superficie, los subsistemas que lo integran y los modos de operación de éstos.

En este capítulo también se presenta un panorama internacional de los esfuerzos que realizan diferentes organismos y agencias espaciales para coadyuvar a la sustentabilidad espacial y en particular para mitigar y prevenir los daños producidos por los desechos sólidos en las órbitas terrestres. Para ello, se presenta la estructura que rige las actividades espaciales junto con los diferentes organismos internacionales responsables de establecer la normatividad relativa a dichas actividades y a la protección del espacio ultraterrestre; se destaca que dicha



estructura está coordinada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la cual integró el Comité sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS).

Asimismo, se analizan tanto la definición de la sustentabilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre emitida por dicho Comité, como sus directrices de carácter voluntario para la reducción de los desechos sólidos espaciales; se menciona que no obstante estos esfuerzos, es de lamentar que no se hubieran emitido dichas directrices desde que se iniciaron las primeras misiones espaciales hace más de cincuenta años, pues se hubieran podido disminuir los riesgos que actualmente representan los desechos sólidos en el espacio. También se incluye en este capítulo la contribución que a este respecto ha realizado el Comité Interinstitucional de Coordinación en Materia de Desechos Espaciales (IADC) y se mencionan las principales agencias espaciales en el nivel internacional.

Con respecto al desarrollo de la industria espacial en México, se analizan las líneas generales y los instrumentos de la política espacial de nuestro país, así como la creación de la Agencia Espacial Mexicana (AEM) y del Programa Nacional de Actividades Espaciales, sobre los cuales se reflexiona al final de este capítulo.

En el capítulo 4 titulado “El contexto internacional y nacional de la industria espacial” se describen las características de esta industria en el nivel global, así como las de su estructura empresarial. Asimismo, se presenta la conformación de su cadena de valor y las actividades económicas que se realizan en el nivel global; también se analiza la problemática que enfrenta la industria espacial mexicana, identificando sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Al final de este capítulo se presenta una descripción de los orígenes y evolución de la tecnología espacial en México, así como de los desarrollos tecnológicos satelitales que se realizan en la UNAM.

Se concluye en el capítulo 4, que no obstante los incipientes esfuerzos relativos al desarrollo de alta tecnología e innovación en el sector espacial mexicano, éstos no han sido suficientes, se han dado de manera aislada y no han contado con apoyo y financiamiento adecuados por parte del gobierno mexicano; se considera



imprescindible que éste destine mayor presupuesto a los proyectos de alta tecnología e innovación que se realizan en las universidades públicas y centros de investigación del país y que se fortalezca la vinculación universidad-industria espacial-gobierno para fortalecer la generación de conocimientos, el desarrollo tecnológico y la competitividad de la industria espacial mexicana.

Con base en los planteamientos teóricos de los dos primeros capítulos de esta tesis, en el análisis de la normatividad de los organismos reguladores de la industria espacial nacional e internacional y en su contexto nacional e internacional, se presenta en el capítulo 5 la “Propuesta de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable para la industria espacial”. Dicha propuesta incluye el establecimiento de un principio y la formulación de estrategias en las tres esferas de la sustentabilidad: económica, ambiental y social.

También se describen las tres fases del modelo propuesto: formulación, desarrollo e implementación y evaluación y para cada una de las fases se describen sus etapas y actividades.

Cabe destacar que se considera una aportación relevante la incorporación de la administración del ciclo de vida de manera transversal en las tres fases de dicho modelo, lo cual puede realizarse mediante una serie de actividades y la aplicación de diversas herramientas que se definen brevemente, tales como benchmarking, análisis de mercado, vigilancia e inteligencia tecnológica, análisis de patentes, matrices de correlación, metodologías de diseño, evaluación del ciclo de vida del producto, auditorías tecnológicas, evaluación de proyectos, matriz de posición tecnológica, alianzas tecnológicas, análisis de valor y planeación tecnológica.

También se presenta en este capítulo un marco analítico multidimensional de generación de valor sustentable para la industria espacial, así como la contribución de la administración de tecnología para la creación de dicho valor, considerando: el corto y largo plazo, así como los aspectos internos y externos a la empresa. En cada una de las dimensiones de este marco analítico se identifican criterios, estrategias, participación de las funciones de negocio, factores que impactan la sustentabilidad (conductores) y cuáles son los valores del negocio que se pueden lograr.



De lo expuesto en este capítulo se desprende que el desafío de la sustentabilidad es complejo y multidimensional. El principal reto para la sustentabilidad de la industria espacial es minimizar los desechos sólidos en el espacio ultraterrestre mediante una administración de tecnología con perspectiva sustentable que permita reorientar sus competencias y habilidades hacia tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente.

Las empresas que logren implementar estrategias con visión de corto y largo plazo incorporando las regulaciones y expectativas de las partes interesadas en sus funciones principales estarán en mejor posición para conciliar sus objetivos económicos, con los ambientales y los sociales, y así generar valor sustentable; además, pueden tener ventajas como: ser mejores sujetos de financiamiento; ser proveedores preferidos por los clientes clave como el gobierno por ejemplo; atraer inversionistas, atraer y retener talentos; así como influir en quienes formulan políticas públicas por su compromiso y credibilidad.

Al final de la tesis se presentan las referencias bibliográficas, un apartado con las conclusiones de la investigación, así como un anexo que incluye el cuestionario diseñado y aplicado a una muestra de expertos del sector espacial.



# Capítulo 1

---



## CAPÍTULO 1. SUSTENTABILIDAD Y ADMINISTRACIÓN

En el capítulo I titulado “Sustentabilidad y Administración” se presenta en primer lugar la evolución de los conceptos de la sustentabilidad y del desarrollo sustentable; también se analizan las propuestas de diversos autores que incorporaron el paradigma sustentable en la teoría de la administración, particularmente en la administración del ciclo de vida y en el análisis de las cadenas de valor. Asimismo, se define la producción sustentable y se describe y analiza el constructo multidimensional de generación de valor sustentable de Hart y Milstein (2003), el cual servirá de base para proponer un modelo integral que incorpore la sustentabilidad en las estrategias y prácticas de la industria espacial para la generación de valor sustentable y en particular en un modelo de administración de la tecnología que contemple la administración del ciclo de vida del producto y el análisis de la cadena de valor.

### 1.1 Orígenes y evolución del concepto de sustentabilidad

El término sustentable se refiere al equilibrio que existe entre el hombre y los recursos de su entorno, es decir, la armonía entre los recursos económicos, sociales y naturales. Los orígenes del concepto de sustentabilidad están conectados a los movimientos sociales y políticos de las décadas de los 60 y 70 del siglo pasado, en específico con el movimiento ambientalista desencadenado por el libro de Rachel Carson titulado *Silent Spring*, publicado en 1962, en el cual se exponía que el uso de los pesticidas provocaba un grave daño a la salud humana, sobre todo por una contaminación constante en la cadena de alimentos para el consumo humano (Ricketts, 2010).

Seis meses antes de la publicación del libro de Rachel Carson, Murray Bookchin, bajo el seudónimo de Lewis Herber, publicó un libro titulado *Our Synthetic Environment* donde se explicaba que el saqueo ambiental estaba inevitablemente conectado a otros males sociales; fue así que, en 1964, acuñaría el término de ecología social fundando de esta manera el movimiento ambientalista íntimamente ligado a formas radicales de justicia social, pues este autor reconocía la profunda relación del problema ambiental con problemas sociales de diversa índole como los



económicos, los étnicos, los culturales e incluso conflictos de género (Ricketts, 2010).

Cabe destacar al Club de Roma como una organización vinculada a la evolución del concepto de la sustentabilidad que nace por las inquietudes de Aurelio Peccei, empresario italiano y Alexander King, científico escocés, en relación al desarrollo socioeconómico, la degradación ambiental y la cada vez mayor distancia económica entre el hemisferio Norte y el Sur; en 1968, tras una reunión realizada en Roma con 30 científicos, economistas y empresarios europeos, el economista Erich Jantsch expuso un documento tachado de controvertido, abstracto y complicado, el cual originó que se formaran círculos de debates que derivaron en la creación del Club de Roma en 1969 con el objetivo principal de comprender la problemática de los desafíos interconectados que enfrentaba la humanidad a fin de planificar el futuro (The Club of Rome, 2016).

Estos trabajos abrieron camino a otros como *The Historical Roots of Our Ecological Crisis* de Lynn White de 1967, *The Population Bomb* de Paul Ehrlich de 1968, y *The Closing Circle* de Barry Commoner de 1971; estas obras abordaban el tema de la problemática ambiental desde diversas perspectivas, sin embargo, coincidían con Carson en la necesidad de reorientar el entendimiento del ser humano dentro de su medioambiente, es decir reorganizar a la sociedad para un correcto uso y distribución de los recursos naturales, bajo el entendido de que todo está conectado al todo, base del movimiento que daría pie a la sustentabilidad (Ricketts, 2010).

En el año de 1972 el Club de Roma produjo su primera publicación, desarrollada con un enfoque sistémico a cargo de Jay Forrester y supervisada por Dennis L. Meadows, la obra titulada *Los límites del crecimiento (The limits of growth)*, la cual marcó un hito mundial al cuestionar la viabilidad de un crecimiento continuo con una huella ecológica humana; este informe concluye que:

*Si las actuales tendencias de crecimiento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos, y el agotamiento de los recursos siguen sin cambios, los límites del crecimiento en este planeta se alcanzarán en algún momento dentro de los próximos cien*





*años. El resultado más probable será un declive bastante repentino e incontrolable en la población y la capacidad industrial.*

*Es posible alterar estas tendencias de crecimiento y establecer una condición de estabilidad ecológica y económica que sea sustentable en el futuro. El estado de equilibrio global podría ser diseñado de manera que las necesidades materiales básicas de cada persona en la tierra sean satisfechas y que cada persona tiene la misma oportunidad de darse cuenta de su potencial humano individual.*

*Si la gente de todo el mundo decide luchar por este segundo resultado más que el primero, antes de comenzar a trabajar para alcanzar dicho objetivo, mayor será su probabilidad de éxito. (Meadows, et al., 1972:23-24)*

Con base en este informe, Robert Solow inició un debate sobre si es posible el crecimiento óptimo sin afectar el bienestar en el futuro, concluyendo que es imposible lograr un crecimiento mediante el uso de recursos no renovables (Ricketts, 2010); lo anterior fue confirmado por John Hartwick quien, a su vez, se apoyó en un estudio realizado por Harold Hotelling, economista estadounidense el cual argumentaba que:

*La contemplación de la desaparición en el mundo de los suministros minerales, los bosques y otros activos no renovables ha dado lugar a la demanda para regular su explotación. La sensación de que estos productos son ahora demasiado baratos para el bien de las generaciones futuras, que están siendo explotados egoístamente a una tasa demasiado rápida y que a consecuencia de su precio excesivamente bajo están siendo producidos y consumidos inútilmente, ha dado lugar al movimiento conservacionista. (Hotelling, 1931:137)*

Schlör, et al., (2015) demostraron que la persistencia de problemas ambientales y sociales estaban interconectados; argumentaban que la degradación ambiental debía ser atribuida a una serie de factores relacionados sistémicamente que exigían una reorientación del entendimiento del lugar de la humanidad dentro del medioambiente; ello fue un fuerte impulso para que en 1972 el filósofo sueco Arne



Naess, seguido por académicos como William Devall, George Sessions y Warwick Fox, acuñara el término Ecología Profunda (*Deep Ecology*) el cual fundamentaba la crisis ecológica en el antropocentrismo que se había convertido en la orientación teológica occidental, científica y epistemológica extendida por la tradición de la filosofía griega (Ricketts, 2010).

La Ecología Profunda se basa en una visión biocéntrica, donde se señala la importancia de los valores en la relación entre ser humano con los procesos de la naturaleza; la cual se reforzó con una plataforma de ocho principios que permitieron sistematizar y crear líneas de acción para el movimiento ambientalista, dichos principios son (Naess y Sessions, 1984:3-7):

- 1. El bienestar y el florecimiento de la vida humana y no humana en la Tierra tienen valor en sí mismos. Estos valores son independientes de la utilidad del mundo no humano para fines humanos.*
- 2. La riqueza y diversidad de formas de vida contribuyen a la realización de estos valores y también son valores en sí mismos.*
- 3. Los seres humanos no tienen derecho a reducir esta riqueza y diversidad excepto para satisfacer necesidades vitales.*
- 4. Se hace patente que la interferencia humana con el mundo no humano es excesiva y la situación está empeorando rápidamente.*
- 5. El florecimiento de la vida humana y cultural es compatible con una disminución sustancial de la población humana. El florecimiento de la vida no humana requiere tal disminución.*
- 6. Por lo tanto, las políticas deben ser cambiadas. Los cambios en las políticas afectan a las estructuras económicas, tecnológicas e ideológicas básicas. La situación resultante será profundamente diferente de la actual.*
- 7. El cambio ideológico consiste principalmente en la apreciación de la calidad de vida (vivienda en situaciones de valor inherente) en lugar de adherirse a un nivel cada vez más alto de vida. Habrá una profunda conciencia de la diferencia entre grande y bueno.*



8. *Los que se suscriben a los criterios antes mencionados tienen la obligación directa o indirectamente, a participar en el intento de poner en práctica los cambios necesarios.*

## **1.2 Conceptos de desarrollo sustentable y sustentabilidad**

A la par del esfuerzo académico se inició un esfuerzo político que llegó a su cenit con la celebración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, o Conferencia de Estocolmo, de la cual emanaría la Comisión Mundial sobre Medioambiente y Desarrollo, o Comisión Brundtland, conocida por su reporte *Nuestro Futuro Común (Our Common Future)* de 1987, dirigida por la primera ministra noruega Gro Harlem Brundtland, en el cual se introducía de manera inaugural el término sustentabilidad en el ámbito político, pero sobre todo, se entendía que las crisis que afectaban a la sociedad estaban interconectadas (Ricketts, 2010), tal y como se observa en el siguiente extracto del reporte:

*Hasta hace poco, el planeta era un mundo grande en el que las actividades humanas y sus efectos fueron compartimentadas perfectamente dentro de las naciones, dentro de los sectores (energía, agricultura, comercio), y dentro de amplias áreas de interés (medio ambiente, economía, sociedad). Estos compartimentos han comenzado a disolverse. Esto se aplica en particular a las diversas "crisis" globales que se han apoderado de la preocupación pública, sobre todo en la última década. Éstas no son crisis separadas: una crisis ambiental, una crisis de desarrollo, una crisis energética. Son todas una. (Brundtland, et al., 1987:13).*

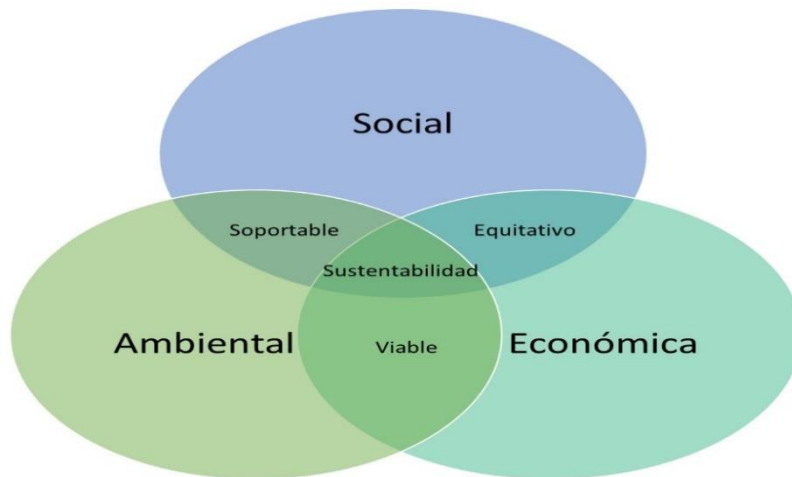
Es importante aclarar, como lo hace Ricketts (2010), que el término sustentabilidad, (*sustainability*) no es un término acuñado por la Comisión Brundtland, pues, en realidad es un vocablo proveniente de la logística militar que hace referencia al hecho de mantener a las tropas suministradas con los pertrechos propios de sus actividades; al respecto Starik y Kanashiro (2013) mencionan que desde sus raíces, "mantener" (*sustain*) y "capacidad" (*ability*), el término se ha ligado de manera general a la capacidad de mantener, también podría significar la capacidad de soportar y adaptarse, sin aclarar qué debe mantenerse.



La representación gráfica de la sustentabilidad fue realizada por Edward Barbier en su artículo titulado “*The Concept of Sustainable Economic Development*” (El Concepto del desarrollo económico sustentable) de 1987, quien ideó, mediante un diagrama de Venn (figura 1.1), una imagen en la que relaciona las áreas de interés descritas en el reporte de la Comisión Brundtland y que desde entonces ha sido popular y políticamente emblemática (Ricketts, 2010).

**Figura 1.1**

**Sustentabilidad diagrama de Venn**



Fuente: Ricketts, G. (febrero 2010). The roots of sustainability. Academic Questions. No. 23, p. 44

El triunvirato establecido por las tres dimensiones de la sustentabilidad, según David Orr, permitía la fusión de la distribución económica y la justicia social, lo cual Andres Edwards explica mediante un acercamiento holístico de la sustentabilidad como las Tres E (*Three E's*), es decir, ecología/medioambiente, economía/empleo y equidad/igualdad; este enfoque retoma la idea de la interconexión entre el ambiente, la economía y la sociedad con problemas como el calentamiento global, la contaminación y la pobreza, entre otros, lo que obliga a la sociedad en general a buscar y aplicar soluciones más duraderas, que den paso a un desarrollo sustentable (Ricketts, 2010).



Por ello se considera que la planeación y organización de las estrategias gubernamentales deben razonar la dimensión macro de la sustentabilidad, en la cual interactúan de manera compleja la sociedad, la economía y el ambiente, con implicaciones éticas, de ecoeficiencia y de ambiente sano, entre otras. (Kates, *et al*, 2005).

De este modo, y teniendo en cuenta la triple cuenta de resultados, Dyllick y Hockerts (2002) argumentan que la existencia de tres tipos de capital: 1) el capital económico -que incluye, capital financiero, capital tangible e intangible- el cual crea una sustentabilidad económica que se define como un flujo monetario suficiente para asegurar la liquidez de la empresa; 2) el capital natural -recursos naturales renovables y no renovables, y servicios del ecosistema- que da lugar a una sustentabilidad ambiental, ésta hace referencia a un uso adecuado de los recursos por debajo de su tasa de reproducción natural o la de desarrollo de sustitutos sin degradar los servicios ambientales; y 3) el capital social -incluye al capital humano y las relaciones humanas- genera una sustentabilidad social, es decir, valores humanos y empresariales que interactúan en un sistema favorable tanto para los individuos y sus comunidades como para los empresarios.

Así, el desarrollo sustentable promovido por la Comisión Brundtland se convirtió en alternativa para remediar las crisis interconectadas a las cuales se ve confrontada la humanidad, entendiendo que:

*La humanidad tiene la capacidad de hacer que el desarrollo sustentable asegure las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. El concepto de desarrollo sustentable sí implica límites, no límites absolutos sino limitaciones impuestas por el estado actual de la tecnología y la organización social de los recursos ambientales y por la capacidad de la biósfera para absorber los efectos de las actividades humanas.*

*Sin embargo, la tecnología y la organización social pueden ser las que gestionen y mejoren para dar paso a una nueva era de crecimiento económico. La Comisión cree que la pobreza generalizada ya no es inevitable.*



*La pobreza no es sólo un mal en sí mismo, sino que el desarrollo sustentable requiere la satisfacción de las necesidades básicas de todos y que extiende a toda la humanidad la oportunidad de cumplir sus aspiraciones de una vida mejor. Un mundo en el que la pobreza es endémica será siempre propenso a las catástrofes ecológicas y a otras. (Brundtland, et al., 1987:16)*

En el Informe Brundtland se define el desarrollo sustentable como “*aquel que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades*” (Informe Brundtland, 1987 citado en Naciones Unidas, 2010: 19).

Por proceso sustentable se entiende aquél que en sus diferentes etapas contempla principios, estrategias, políticas y metas que contribuyen a desarrollar e implementar una visión de una sociedad sustentable. Los procesos sustentables incluyen interconexiones entre protección ambiental, desempeño económico y bienestar social guiados por un plan estratégico basado en principios éticos y ecológicos.

Se observa de esta manera un dinamismo propio del concepto de la sustentabilidad, y por ende del desarrollo sustentable, que le ha otorgado diferentes acepciones, en gran medida por el protagonismo que ha ganado en las últimas dos décadas, incluso se ha vinculado a términos como producción limpia (*cleaner production*), prevención de la contaminación (*pollution prevention*), control de la contaminación (*pollution control*), minimización del uso de recursos (*minimization of resource usage*), ISO 14001, huella ecológica (*ecological footprinting*), capitalismo natural y diseño ecológico (*eco-design*), entre otros, que son usados indistintamente en diversos foros generando confusión sobre la calidad, diferencias y vínculos entre términos y herramientas (Glavic y Lukman, 2007; Robert, et al, 2002).

Ante la situación anterior diversos autores han realizado numerosos ejercicios, aplicando una amplia gama de metodologías para lograr, sino un consenso, un entendimiento más claro tanto del término sustentabilidad como del desarrollo sustentable, con el objetivo de eliminar el uso inapropiado e inequívoco de diversos términos.



Bajo este objetivo Robert, *et al* (2002) con un enfoque sistémico investigaron las relaciones entre diversas herramientas para la promoción del desarrollo sustentable estratégico, generando un sistema jerárquico de cinco niveles interrelacionados, los cuales se describen a continuación:

- I. Principios para la constitución del sistema, simboliza el sistema general, al que se centra el modelo, representado por la sociedad y los ecosistemas circundantes.
- II. Principios para un resultado favorable de la planificación dentro del sistema, enmarcados dentro de los principios de la sustentabilidad; tomando como referencia a la Comisión Brundtland, en este nivel se consideran cuatro condiciones del sistema: 1) en la primera condición se encuentran recursos abundantes o renovables; 2) en la segunda condición se tienen compuestos naturales fácilmente degradables (estas dos primeras condiciones se refieren a la desmaterialización o sustitución de ciertos flujos, en otras palabras la reducción del uso de ciertos recursos para evitar concentraciones en la naturaleza que puedan ocasionar contaminación); 3) en la condición número tres se encuentra la desmaterialización de procesos de explotación y la sustitución de rutinas de gestión por unas que sean conscientes de los impactos ambientales; 4) la cuarta condición busca la desmaterialización y sustitución con una perspectiva social que incluye una amplia gama de aspectos de salud y culturales orientados a adquirir una responsabilidad de toda la humanidad en la Tierra.
- III. Principios para el proceso de logro de metas o resultados, en éstos se encuentran los principios para el desarrollo sustentable; se trata de un proceso de desmaterialización y sustitución general en las cuatro condiciones del sistema, lo cual se traduce en estrategias y políticas económicas y sociales - tanto locales como internacionales- hacia la sustentabilidad.
- IV. Las acciones, es decir, las medidas concretas que se ajusten a los principios para que el proceso llegue a un resultado favorable en el sistema, éstas deben ser elegidas y examinadas con una perspectiva completa de la



sustentabilidad, pues, sólo el cumplimiento de todas las condiciones del sistema permitirá una planificación estratégica, con herramientas y mediciones diseñadas con la misma perspectiva.

- V. Herramientas de seguimiento y auditoría, pretenden en un primer momento prestar atención a la conveniencia de las acciones con referencia a los principios para el proceso, en un segundo momento observan las acciones con indicadores de los flujos y las cifras clave para cumplir con los principios de sustentabilidad; es en esencia el monitoreo del estado del sistema en sí y del impacto de las acciones estratégicamente planificadas de la sociedad.

El modelo jerárquico de cinco niveles demuestra una interconexión de diversos elementos, es decir, una perspectiva sustentable, que son la base para el desarrollo sustentable; es importante señalar que en este modelo se observa una diferenciación clara entre la sustentabilidad vista desde un plano conceptual, o una visión filosófica emanada de la Comisión Brundtland, y el desarrollo sustentable comprendido como un proceso integral que requiere de programas estratégicos para una gestión consciente y planificación futura de políticas y ayuda económica que evite el colapso ecológico (Robert, *et al.*, 2002).

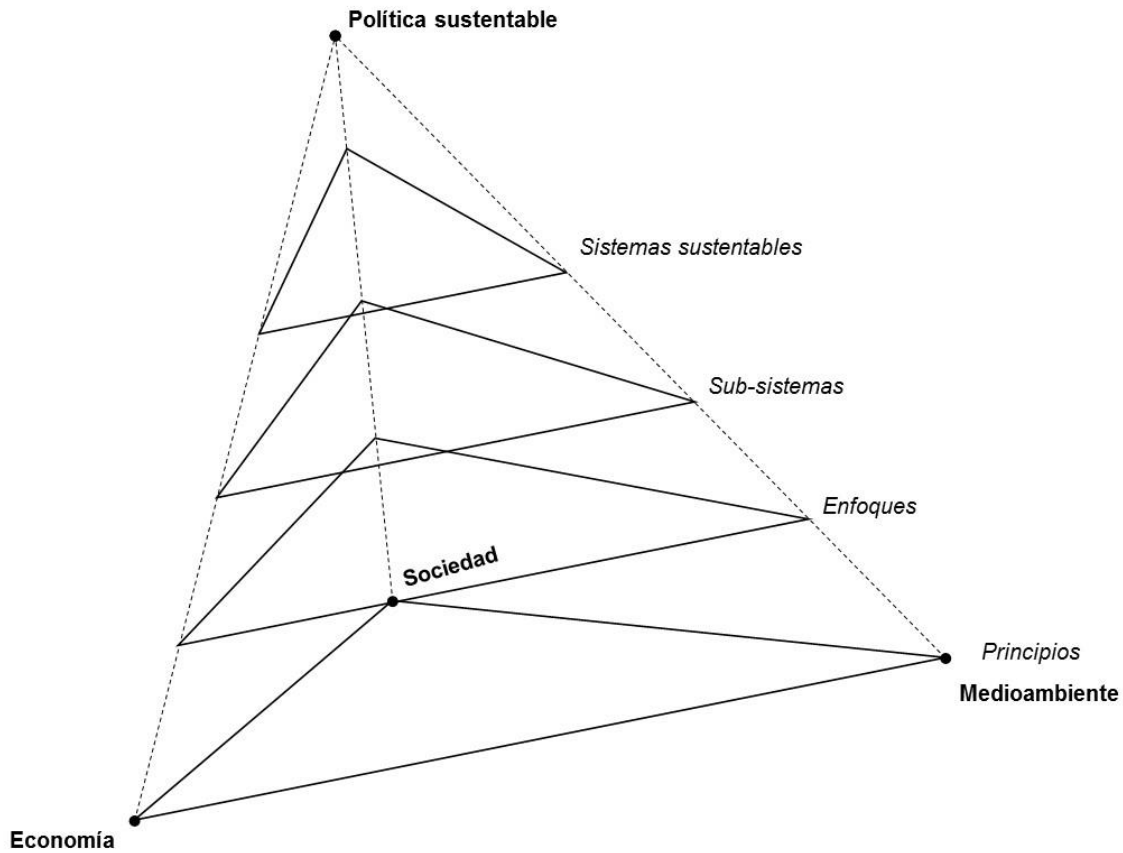
Un trabajo similar es realizado por Glavic y Lukman (2007), en éste se resalta el uso de diversos términos, relacionados con la sustentabilidad, para describir diferentes estrategias, fenómenos, efectos y acciones; su método consistió en la identificación de términos y sus alcances con un enfoque de sistemas, lo cual dio como resultado una estructura jerárquica de principios (ecológicos, económicos y ambientales), medidas ambientales (tácticas) y sub-sistemas ambientales (estrategias) creando así una clasificación orientada de los términos relacionados con la sustentabilidad (ver figura 1.2).





Figura 1.2

Clasificación orientada de los términos relacionados con la sustentabilidad



Fuente: Elaborado con base en Glavic, P., y Lukman, R. (2007: 1877). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*. 15.

Los principios son conceptos fundamentales que sirven como base para las acciones, están relacionados a una sola actividad o método que proporciona una guía de trabajo futuro; los enfoques se relacionan a un mismo tema y al ser unidimensionales se conectan a las tres dimensiones de la sustentabilidad; los sub-sistemas introducen las estrategias que se han de implementar para la conservación ambiental y contribuir, así, al bienestar humano; el nivel del sistema sustentable funciona como un todo donde se realizan actividades de alto nivel en pro del desarrollo sustentable, lo cual exige un cambio en patrones de pensamiento y



comportamiento, finalmente en la punta del sistema se encuentra la política sustentable que es un conjunto de planes o programas acordados oficialmente por gobiernos y organizaciones; considerando lo anterior dichos autores realizan la siguiente clasificación (Glavic y Lukman, 2007):

- Principios
  - Medioambientales: los términos relacionados son la minimización de los recursos renovables y no renovables (desmaterialización), el reciclado, la reutilización, la reparación, la regeneración, la recuperación, la depuración, los cuales están dispuestos para controlar de forma preventiva daños al medioambiente.
  - Económicos: contiene los términos como contabilidad ambiental, eco-eficiencia y las inversiones éticas.
  - Sociales: se componen de términos tales como responsabilidad social, seguridad y salud, impuestos (principio de “quien contamina paga”) y presentación de informes a las partes interesadas.
  
- Enfoques
  - Medioambientales: se orientan a conceptos que abarcan el control de la contaminación, producción más limpia, la química verde, eco-diseño, la evaluación del ciclo de vida, la reducción de residuos y basura cero; términos que incorporan los principios y las actividades primarias, que muestran cómo aplicar prácticas específicas con el fin de contribuir a mejorar el rendimiento industrial.
  - Económicos y sociales: incluyen la legislación ambiental, los acuerdos ambientales voluntarios y la gestión de la cadena de suministro.
  
- Sub-sistemas
  - Medioambientales: en éstos influye una cada vez mayor conciencia sobre las actividades humanas y sus impactos negativos sobre el



medioambiente global, lo que ha fomentado estrategias que hacen uso de la tecnología e ingeniería ambiental/verde, la prevención y el control de la contaminación y la ecología industrial, cabe señalar que existe en estas estrategias una interrelación con las otras dimensiones.

- Económicos y sociales: se introducen a través del Sistema de Gestión Ambiental, ISO 14000, también conocido por sus siglas en inglés EMAS (*Environmental Management System*) que implantan la gestión y la auditoría medioambiental, así como el sistema de servicio de los productos.
- Sistema sustentable: incorpora los términos de cuidado responsable, el consumo sustentable y la producción sustentable.
- Política sustentable: estrechamente relacionada a la legislación ambiental, se refiere a políticas o programas, locales o internacionales, que abordan cuestiones hacia el desarrollo sustentable como la Agenda 21 y la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, los Principios de Melbourne, la Carta de la Tierra, el Sistema del Paso Natural y los Objetivos del Milenio de la Organización de Naciones Unidas (ONU).

La sustentabilidad, parte conceptual, sólo puede ser entendida por las interconexiones de sus dimensiones, a través de principios y acciones que permitirán llegar al desarrollo sustentable; en lugar de aislar se debe complementar un sistema sustentable en el que las interconexiones entre la protección del medio ambiente, el rendimiento económico y el bienestar social, tengan como guía una voluntad política y los imperativos éticos y ecológicos (Robert, *et al.*, 2002; Glavic y Lukman, 2007).

Lo antepuesto ha sido criticado, por autores como Freeman Dyson quien menciona que la sustentabilidad, sus conexiones y los problemas ambientales son una “mesa de tres patas”, incluso Robert Conquest señala que el término se ha convertido en “la idea” -la cosa, el sistema, la creencia que abarca y explica todo- (citado por Ricketts, 2010:53); aunado a lo anterior, Sharachchandra (1991) menciona que se ha transformado en un eslogan con gran fuerza política, sin que ello signifique una



verdadera coherencia en su interpretación, sobre todo una percepción incompleta de la pobreza y la degradación ambiental, generando contradicciones en la formulación de políticas caracterizadas por una falta de rigor intelectual y de claridad.

Con el argumento de que la sustentabilidad no puede abordar de manera integral todos los temas, se ha seguido una tendencia a observarla o estudiarla sólo desde uno u otro aspecto, olvidando así lo que la Comisión describía como problemas interconectados. Véase Nuthall, *et al* (2010); Smith (2008a); Smith (2008b); Dyllick y Hockerts (2002).

Para evitar el sesgo anterior debe desarrollarse una perspectiva de sustentabilidad que dé como resultado un desarrollo sustentable; la sustentabilidad debe entenderse como una situación teórica donde interactúan los ámbitos económicos, sociales y ambientales, cada uno con sus propias problemáticas; a la esfera económica le concierne lo relacionado a la eficacia, el crecimiento y la estabilidad; a la esfera ambiental le conciernen los tópicos de biodiversidad/resiliencia, recursos naturales y contaminación; finalmente la esfera social se encarga de las cuestiones de pobreza, consulta/empoderamiento, cultura/herencia, calidad de vida de los trabajadores y sus comunidades (Vera, 2014).

Por otra parte, el desarrollo sustentable debe entenderse como un proceso de transformación, el cual se define a partir de los siguientes postulados (Cabrera, 2007: 13-14):

- a) *El desarrollo debe incluir la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.*
- b) *Debe incluir acceso a los recursos y la distribución racional de costo-beneficio.*
- c) *Tomará en cuenta la igualdad social entre generaciones y la igualdad dentro de cada generación.*
- d) *Considerará el desarrollo en todos los países, desarrollados o en desarrollo, de economía de mercado o centralizada.*



- e) *El desarrollo sustentable es global.*
- f) *El desarrollo incluye a todos los seres humanos respetando su diversidad cultural, lingüística y de costumbre, o sea, con respeto a todas las comunidades de la humanidad.*
- g) *El desarrollo sustentable implica acceso a la justicia de todos los seres humanos y de todas las comunidades, incluyendo los indígenas.*

Se puede concluir que el concepto de la sustentabilidad es en realidad un constructo que requiere ser analizado desde diferentes niveles y el modo en que éstos interactúan de manera horizontal y vertical generando un todo interconectado. Bajo esta perspectiva el desarrollo sustentable supera la definición de la Comisión Brundtland, al enfatizar la relación del bienestar humano con una responsabilidad económica en concordancia con los procesos naturales; no obstante los esfuerzos anteriores, aún se observa la falta de una metodología que logre evaluar significativamente el impacto de las acciones institucionales y de las empresas en cada una de las dimensiones de la sustentabilidad desde un enfoque de administración sustentable.

### **1.3 Concepto de administración sustentable**

Simón y Rueda (2016) señalan que en la teoría tradicional de la administración ha prevalecido la racionalidad económica, lo cual significa que se ha ocupado principalmente de los negocios, de sus utilidades y de la organización de sus industrias, dejando de lado los impactos ambientales y socioeconómicos que producen, tanto presentes como futuros. Asimismo, plantean que se requieren nuevas formas de administrar las organizaciones públicas y privadas, para que éstas contribuyan a mitigar la contaminación de suelos, aire, agua y espacio, a eliminar la explotación irracional de recursos naturales y a generar una mejor calidad de vida para sus trabajadores y en general para todas las personas que participan en sus actividades.



Dichas autoras plantean, de acuerdo con Aktouf (2009) y Hart (2007), que se requiere cambiar la racionalidad económica prevaleciente en la teoría de la administración por otra basada en la sustentabilidad. Por consiguiente, definen la administración sustentable, retomando a Starik y Kanashiro (2013), como: “la formulación, implementación y evaluación de las decisiones y acciones relacionadas con la sustentabilidad ambiental y socioeconómica, en los niveles individual, organizacional y social” (Simón y Rueda, 2016: 34); asimismo, mencionan que la administración sustentable incluye valores, estrategias, entradas, procesos, salidas, retroalimentación y conexiones con diversos sistemas político-económicos, socioculturales y naturales. Este nuevo paradigma de la administración plantea cómo las empresas pueden obtener beneficios económicos, a la vez que generan mejoras sociales y contribuyen a la preservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

A continuación, se presentan los conceptos de producción, cadenas de valor, ciclo de vida del producto y generación de valor, considerando el paradigma de la administración sustentable.

#### **1.4 Producción sustentable**

Según Romaniw y Bert (2012), la sustentabilidad puede definirse con las Reglas Daly, llamadas así en honor al Profesor y Economista Herman E. Daly. Dichas reglas definen algo como sustentable cuando tiene tres características:

- El elemento consume recursos renovables más lentamente que el medio ambiente es capaz de reponer estos recursos.
- El elemento consume recursos no renovables a un ritmo más lento que la generación e implementación de alternativas renovables.
- Los contaminantes y los residuos no pueden ser liberados a una velocidad mayor a la que el medio ambiente puede procesarlos y hacerlos benignos.

Estos autores señalan que es imposible eliminar las cargas ambientales de un sistema, pero es posible manejarlas de manera que sean más benignas para el



medio ambiente. Asimismo, señalan que la sustentabilidad no es una medida absoluta, sino más bien relativa. No hay un sistema perfectamente sustentable, sólo un sistema relativamente sustentable y de la misma manera ninguno es totalmente benigno para el medio ambiente. Dichos autores retoman la definición de producción sustentable de la Administración de Comercio Internacional (ITA, del inglés, *International Trade Administration*) del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, la cual se refiere principalmente a la creación de productos económicamente redituables que utilizan procesos de manufactura que minimizan los impactos ambientales negativos, preservan los recursos naturales, representan seguridad para los trabajadores, las comunidades y los consumidores,

Del análisis de esta definición, cabe destacar que menciona elementos como el consumo de recursos y los impactos ambientales negativos, entre los cuales se puede ubicar la producción de residuos; otros elementos que la definición de ITA adiciona a los establecidos en las Reglas Daly, se refieren a la seguridad a diversas partes interesadas y al aspecto económico.

### **1.5 Cadenas de valor y sustentabilidad**

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han alcanzado un progreso y una difusión sin precedentes en las últimas décadas y han propiciado grandes transformaciones de procesos económicos y sociales, notable aumento de las capacidades de procesamiento y el desarrollo de una amplia gama de aplicaciones electrónicas y herramientas clave para el crecimiento económico y la competitividad, que han hecho indisoluble el binomio digitalización y desarrollo.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) destaca que en los próximos años se producirá una aceleración de cambios tecnológicos e innovaciones científicas con base en las TIC, biotecnología, nanotecnologías y neurociencias o ciencias cognitivas, que han conducido al surgimiento de nuevos campos del conocimiento que se aplican a la producción a gran velocidad, acortando el ciclo de desarrollo de los productos y de las estrategias empresariales.



Asimismo, señala que dichos cambios tecnológicos afectan también la logística, el transporte, la seguridad y la trazabilidad de los bienes y, por ende, el comercio internacional; acentuando así, la dinámica de la innovación; la convergencia de estándares internacionales y estrategias empresariales; y la tendencia a organizar la producción en torno a redes o cadenas mundiales de valor. Estas dan lugar a una fragmentación geográfica de los procesos productivos, aprovechando la digitalización creciente de muchas actividades, la mayor internacionalización de los servicios y la reducción de los costos de transporte y logística.

Estos impactos en la estructura productiva revelan la importancia del desarrollo tecnológico e innovación como eje articulador de las políticas públicas para la competitividad, por lo que dicha Comisión propone concretar acciones conjuntas en los niveles nacional y regional en materia de innovación, difusión tecnológica y cierre de la brecha digital, de apoyo a la creación y consolidación de clústeres y cadenas de valor internacionalmente competitivas y sustentables; asimismo, señala que se requieren de iniciativas regionales o subregionales que mejoren la presencia de las empresas y centros tecnológicos de la región en las redes mundiales del conocimiento y la tecnología (CEPAL, 2014).

El concepto de cadena de valor va más allá de las organizaciones individuales, está intrínsecamente conectado a las cadenas completas de suministro, redes de distribución, clientes y consumidores finales. Las interacciones de las cadenas de valor locales con otras empresas en el mundo, crean una cadena de valor global de la industria (UNEP/SETAC, 2009).

Kaplinsky y Morris (2001) definen la cadena de valor como “la variedad total de actividades requeridas para conducir un producto o servicio desde su concepción, hasta la entrega al consumidor, la disposición y el desecho final a través de diversas fases intermedias de producción” (Kaplinsky y Morris, 2010: 8).

Como puede verse en la definición anterior, la cadena de valor engloba a la cadena de suministro, aun cuando en ocasiones se utilizan como sinónimos, por lo que se considera relevante plantear que la cadena de suministro se refiere a la planificación





y control de materiales, de los flujos de información y de las actividades logísticas dentro y fuera de las empresas (Ahí y Searcy, 2013).

### **1.6 Administración sustentable en las cadenas de valor**

La incorporación de la sustentabilidad en todas las fases de la producción y en toda la cadena de valor requiere ser coordinada y administrada y además que las empresas que controlan la cadena y los organismos reguladores difundan y propicien la adopción de prácticas sustentables, lo cual implica repensar los objetivos organizacionales para que además de incluir los aspectos económicos se incorporen los ambientales y sociales.

Con base en una investigación documental que abarcó a los autores relevantes del tema, Vera (2016) presentó una síntesis de los elementos conceptuales de cadenas de valor y de la gestión de cadenas de suministro sustentables, para proponer el constructo de administración en la sustentabilidad de las cadenas de valor, el cual incluye los siguientes elementos:

- a) La identificación de incentivos y barreras para adoptar la administración de la sustentabilidad en la cadena de valor,
- b) El análisis del poder y control de la cadena (gobernanza).
- c) La consideración de qué se administra.
- d) La identificación de procesos.
- e) El análisis de los mecanismos que posibilitan su adopción.

Los productos o procesos sustentables suponen las fases que van desde el diseño hasta la disposición del producto al fin de su vida útil, por lo que involucra a todos los participantes de la cadena de valor e incluso de cadenas secundarias, ya que como señalan Glavic y Lukman (2007) se trata de un sistema compuesto de subsistemas en los cuales intervienen diversos procesos simultáneamente. Las empresas líderes que ejercen el control y el poder en la cadena y los organismos reguladores, son quienes deben coordinar los esfuerzos de aplicación de prácticas de sustentabilidad:



que van desde la regulación formal expresada en leyes y normas hasta la elaboración y aplicación de estrategias y actividades sustentables.

### **1.7 Ciclo de vida del producto sustentable**

Hablar del ciclo de vida del producto es contemplar todas las etapas del sistema que lo conforma, desde la obtención de la materia prima, manufactura, distribución, uso, fin de su vida útil, reutilización y disposición final. Por ello, las decisiones tomadas para el diseño determinan el uso de importantes cantidades de recursos materiales, económicos y humanos.

Desde el punto de vista del ciclo de vida, lo que se requiere es la selección de procesos adecuados para cada una de las etapas del ciclo de vida, siendo cuatro las principales: extracción, producción, operación y retiro, dentro de las cuales se puede tener uno o más procesos. Así que, para poder incorporar el desarrollo sustentable en el ciclo de vida de un producto es necesario que los diseñadores no sólo diseñen la estructura física del producto, sino también la estructura de su ciclo de vida. Mientras que el diseño del producto tradicional se centra en las funcionalidades del producto, calidad y costos para cumplir con los requerimientos del cliente, el desarrollo del producto sustentable integra sistemáticamente requerimientos funcionales, ambientales y económicos (Calvente, 2007; Lu, *et al.*, 2011). Cada uno de estos requerimientos tiene como sus correspondientes objetivos: plantear la necesidad del cliente, reflejar la necesidad de la sociedad por protección de los recursos naturales y proteger los intereses de la empresa.

Actualmente existen herramientas metodológicas que permiten evaluar el impacto ambiental causado por las actividades económicas -desde la extracción de la materia prima hasta el fin de su vida- basadas principalmente en la búsqueda de conocimiento de los tres pilares de la sustentabilidad: economía, sociedad y medioambiente (ISO, 2006).

La Organización Internacional de Estandarización (ISO, del inglés, *International Organization for Standardization*) describe los principios para la evaluación del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés, *Life Cycle Assessment*) en los estándares



ISO 14040 y en la ISO 14044, en los cuales se establecen los elementos requeridos y las recomendaciones para la Evaluación del Ciclo de Vida Medioambiental (E-LCA, por sus siglas en inglés, *Environmental-Life Cycle Assessment*), donde establece tres fases para llevar a cabo el LCA: definición de metas y alcance; análisis del inventario; y evaluación de impacto, las cuales son sujetas a interpretación para su aplicación (UN, 1987). Lo anterior se refleja directamente en: el desarrollo y mejoras del producto, la planificación de las estrategias para la toma de decisiones y el desarrollo de políticas, entre otras. Cada una de ellas permite establecer la estructura metodológica que proporciona la evaluación de los impactos potenciales sobre la base de una unidad, estableciendo así, una metodología basada en el intercambio e impacto generado entre el producto (por ejemplo, el satélite en la industria espacial) y el medio ambiente.

Las estrategias que se pueden plantear, a partir de la incorporación del ciclo de vida del producto sustentable dentro del proceso de diseño en el caso de satélites pequeños, permitirán identificar modos más eficientes y directos de satisfacer las necesidades planteadas en la misión espacial, destacando el beneficio producido en ésta más que del satélite en sí. El diseñar las plataformas satelitales de forma sustentable permitirá minimizar el uso de recursos no renovables y la producción de desperdicios al final de la vida útil de los satélites, exigiendo así lograr que el impacto ambiental sea mínimo.

### **1.8 Administración del ciclo de vida**

La producción de bienes y servicios supone una carga ambiental y socioeconómica significativa en el mundo. Las formas de producción y distribución son complejas dado que los diseñadores, productores, sus proveedores y consumidores, así como los minoristas utilizan procesos interrelacionados que se afectan entre sí y al entorno global. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, del inglés, *United Nations Environment Programme*) junto con la Sociedad Europea de Toxicología Ambiental y Química (SETAC, del inglés, *Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe*) (UNEP/SETAC, 2009) señalan que la administración del ciclo de vida (LCM, por sus siglas en inglés *Life Cycle*



*Management*) es un enfoque adecuado para abordar y administrar estas interconexiones y redes y que el LCM es un marco para analizar y administrar el desempeño de bienes y servicios en relación a la sustentabilidad. Es un enfoque de negocio que mejora el desempeño de las organizaciones y genera valor en el corto y largo plazo y que contribuye a que las cadenas de valor sean más sustentables. Para lograr lo anterior, se requiere que las empresas contemplen lo que sucede en toda su cadena de valor y superen el enfoque tradicional de contemplar las condiciones de producción únicamente en el nivel local; para generar valor se pueden utilizar diversas herramientas de sustentabilidad como: la evaluación del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés, *Life Cycle Assessment*), el costo del ciclo de vida (LCC, por sus siglas en inglés *Life Cycle Costing*), métodos de ecodiseño, por enumerar algunos.

Como señalan UNEP/SETAC (2009), es necesario responder al cuestionamiento de cómo garantizar proyectos empresariales más sustentables al tiempo que se aumente la eficiencia y productividad de los recursos y se genere valor para los accionistas y para todas las partes interesadas en el corto y largo plazo. Destacan que LCM es la respuesta para que las empresas integren la sustentabilidad en todo el ciclo de vida del producto y de toda la cadena de valor. Asimismo, señalan que LCM puede ser utilizado por todo tipo de organizaciones para mejorar sus productos, así como su desempeño sustentable y el de las cadenas de valor asociadas; asimismo, puede utilizarse para orientar, organizar, analizar y gestionar la información y las actividades relacionadas con los productos para lograr una mejora continua a lo largo de su ciclo de vida. Reportan la aplicación del LCM en varias empresas para prevenir la contaminación y disminuir los materiales que la ocasionan y para analizar los riesgos de seguir operando ante las presiones de las organizaciones no gubernamentales (ONG), de la sociedad civil y las crecientes demandas de la normatividad y legislación ambiental; también destacan que el LCM sirvió de apoyo para importantes decisiones de inversión tales como selección de tecnologías y desarrollo de productos y servicios que les permitan aumentar la eficiencia y la eficacia de sus procesos, reduciendo el uso de energía, materiales y



consumo de agua y al mismo tiempo ahorrar dinero, así como para proporcionar información en las fases de uso o fin de vida de sus productos.

Con base en los estudios de caso analizados, UNEP/SETAC (2009) concluyen que una administración eficaz del ciclo de vida contribuye a que las organizaciones propicien consecuencias positivas económicas, ambientales y sociales. Asimismo, establecen que la asociación y cooperación con clientes y proveedores para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad genera valor para los accionistas y todas las partes interesadas; por lo anterior proponen un enfoque de cadena de valor sustentable para que las organizaciones puedan hacer frente a desafíos como el cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales, la escasez de agua, los cambios demográficos y la pobreza, por citar algunos. También mencionan que un aspecto clave de la cooperación es la incorporación de la sustentabilidad en los proyectos de investigación y desarrollo y en los procesos subsecuentes de ingeniería y mantenimiento.

El método propuesto por UNEP/SETAC (2009) para que las empresas apliquen LCM es el siguiente:

- Explorar lo que otras empresas están haciendo al respecto, así como identificar los esfuerzos internos para hacer las cadenas de valor más sustentables. Es recomendable hacer una lluvia de ideas con la participación de personas dentro y fuera de la empresa para identificar casos exitosos de aplicación de LCM y los beneficios potenciales y los riesgos de su aplicación en la empresa, así como discutir con la alta dirección el camino a seguir.
- Crear conciencia en todos los niveles de la empresa de lo que significa el LCM, lo cual propicia que los programas internos de la empresa promuevan la sustentabilidad en toda la cadena de valor; asimismo, de que el LCM promueve la alineación del plan estratégico de la empresa con los clientes y expectativas del público y en general de todas las partes interesadas.
- Ampliar la comunicación con clientes, consumidores, proveedores y con todos los que participan en la cadena de valor, principalmente con quiénes pueden ayudar a hacer la diferencia para un mejor desempeño sustentable.



- Dar cuenta de los resultados de la sustentabilidad en sus tres esferas: económica, social y ambiental. Se requiere revisar cómo las empresas líderes reportan los resultados de sus esfuerzos en relación con la sustentabilidad y cómo les permitieron generar valor y ventajas competitivas.
- Promover el consumo sustentable, mediante la innovación de productos y servicios, el uso de campañas de mercadotecnia para sensibilizar a los clientes y consumidores a elegir y utilizar bienes y servicios de manera sustentable, así como la eliminación del mercado de bienes y servicios no sustentables mediante mecanismos de mercado como la asociación con minoristas.

En los apartados anteriores se ha destacado la importancia de las cadenas de valor y del ciclo de vida del producto en la producción y competitividad en los niveles nacional e internacional; asimismo, se argumentó que tanto las cadenas de valor como el ciclo de vida del producto requieren ser administrados de manera eficaz y eficiente para incorporar los pilares fundamentales de la sustentabilidad: económico, social y ambiental. A continuación, se presenta de qué manera se puede generar valor sustentable en las organizaciones y en particular en las empresas industriales, incorporando los conceptos de evaluación del ciclo de vida del producto y de cadenas de valor.

### **1.9 Generación de valor sustentable**

Hart y Milstein (2003) plantean que los gerentes tradicionales no contemplan el desarrollo sustentable como una oportunidad multidimensional, sino como una carga para las empresas que representa altos costos ante las regulaciones ambientales; ante esta circunstancia, dichos autores desarrollaron un marco de valor sustentable que relaciona los desafíos de la sustentabilidad global con la generación de valor en las empresas, con el objetivo de identificar estrategias y prácticas que contribuyan a un mundo más sustentable, así como a la creación de valor para los accionistas y otras partes interesadas de las empresas. Dichos autores definen a la empresa sustentable como aquella que contribuye al desarrollo sustentable generando al mismo tiempo beneficios económicos, sociales y ambientales (triple cuenta de resultados). También señalan que el problema del consumo irracional, la basura y la



contaminación asociados con la industrialización, presenta una oportunidad para que las empresas puedan disminuir sus costos y riesgos mediante el desarrollo de capacidades y habilidades que contribuyan al desarrollo sustentable y a enfrentar los desafíos que éste plantea.

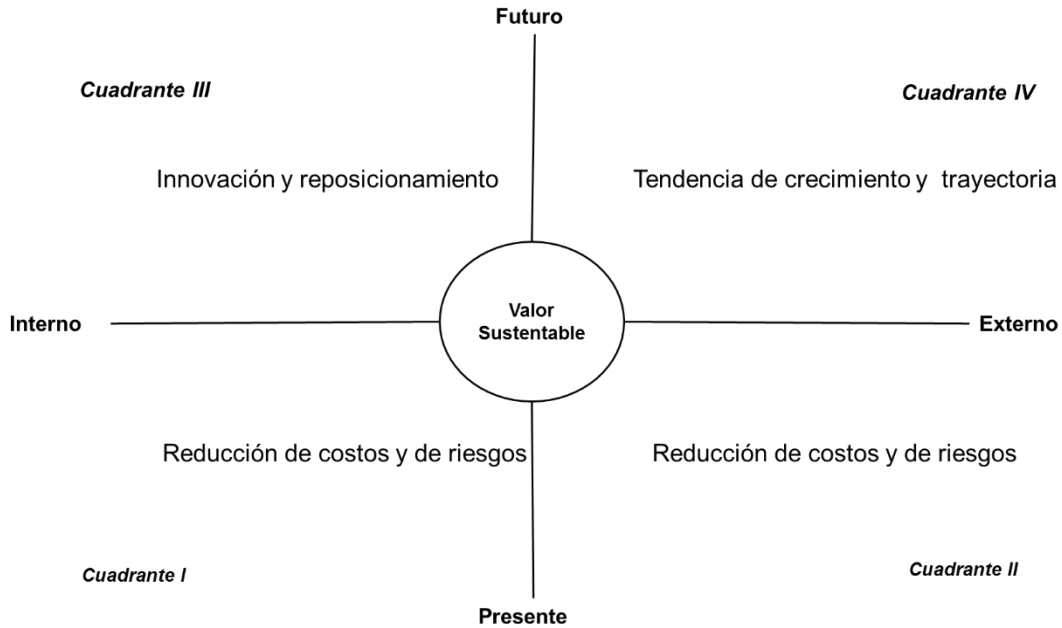
La medición de la generación de valor sustentable en las empresas ha sido poco abordada; cabe destacar la aportación de Cruz (2015), quien generó una metodología para identificar los factores críticos que generan valor sustentable en la agroindustria, así como para medirlos mediante un índice; no obstante, dicha medición rebasa el objetivo de este trabajo.

Hart y Milstein (2003), mencionan que la generación de valor sustentable consiste en la identificación de estrategias y prácticas que contribuyen a un mundo más sustentable contemplando los retos globales asociados con la sustentabilidad mediante un conjunto apropiado de perspectivas de negocio y la utilización de dichas estrategias y prácticas para generar valor para los accionistas. También muestran el constructo multidimensional del marco de valor sustentable que tiene dos dimensiones (figura 1.6) : 1) en el eje vertical se balancean los resultados de corto plazo tales como mejoras financieras mientras se progresa para el crecimiento del negocio en el largo plazo y el éxito en un escenario tecnológico competitivo y disruptivo; 2) en el eje horizontal (cuadrantes I y II) se muestran las necesidades de la firma para administrar e incrementar las habilidades y capacidades organizacionales internas, mientras se atienden las nuevas perspectivas, conocimiento y retos de las partes interesadas externas. Asimismo, refleja la tensión experimentada por la necesidad de seguir operando con las tecnologías existentes, y al mismo tiempo, permanecer abiertos a nuevas perspectivas y nuevas tecnologías.



**Figura 1.6**

**Marco analítico para la generación de valor sustentable**



Fuente: elaborado con base en Hart, S., y Milstein, M. (2003). *Creating sustainable value. Academy of Management Executive*. 17(2), p. 57

Así como la creación de valor de los accionistas requiere el desempeño de las organizaciones en múltiples dimensiones, el desarrollo sustentable también es un reto multidimensional. No obstante, en las empresas todavía se sigue viendo la sustentabilidad no como una oportunidad, sino más bien como algo que les produce molestia. En este trabajo se plantea, de acuerdo con Hart y Milstein (2003) que los retos globales y nacionales de la industria espacial pueden ayudar a identificar estrategias y acciones que mejoren su desempeño en los cuatro cuadrantes mencionados en la figura 1.6 y a la vez facilitar la creación de valor sustentable para las empresas.

**1.10 Etapas para la generación de valor sustentable**

Hart y Milstein (2003) concluyen que el desarrollo sustentable es un desafío multidimensional, pero que las empresas tradicionalmente no lo han visto así, sino





como algo que produce costos y cargas innecesarias; para cambiar esta visión recomiendan los siguientes pasos en la búsqueda del valor sustentable: diagnóstico (inventario de los productos de la empresa), evaluación de oportunidades (fortalezas y debilidades de las capacidades existentes) e implementación (diseño de proyectos y experimentos), los cuales se explican a continuación:

### **1.10.1 Diagnóstico**

El marco analítico para la generación de valor sustentable de Hart y Milstein, (2003) considera una sencilla e importante herramienta de diagnóstico: al evaluar una empresa, los gerentes pueden saber si sus productos guardan desequilibrio en relación a los cuatro cuadrantes, en cuyo caso podrían tener oportunidades perdidas y vulnerabilidad; dichos autores destacan que muy pocas empresas explotan toda la gama disponible de oportunidades sustentables, la mayoría enfoca su atención sólo en las soluciones a corto plazo vinculadas con los productos existentes y con las partes interesadas y muy pocas han explotado las oportunidades relativas al desarrollo de nuevas capacidades y mercados.

### **1.10.2 Evaluación de oportunidades**

Hart y Milstein (2003) reportan que pocas empresas establecidas han explotado las oportunidades asociadas con los cuadrantes III y IV; de hecho, la mayoría de los emprendimientos de tecnologías limpias han sido iniciados por ONG y pequeñas empresas, no por las grandes corporaciones que poseen los recursos para financiarlos; de hecho, mencionan que muy pocas empresas han logrado implementar estrategias en los cuatro cuadrantes. Las competencias de algunas empresas hacen que sean más eficaces que otras en la administración de productos y en la prevención de la contaminación, estando algunas corporaciones multinacionales mejor posicionadas que otras en relación a la tecnología para trabajar con socios no convencionales, hacer innovaciones disruptivas, eliminar negocios obsoletos y productos existentes.



### 1.10.3 Implementación

La oportunidad para las empresas de crear valor sustentable es enorme según Hart y Milstein (2003), a la par de contribuir a un mundo más sustentable; el marco analítico que se ha presentado se caracteriza por su simplicidad, pero no debe confundirse con la facilidad de su ejecución, es decir, una cosa es entender sus elementos fundamentales y sus interconexiones y otra cosa es implementar exitosamente las estrategias y prácticas involucradas, lo cual es un reto desafiante y complejo, que implica visión, creatividad y conocimientos.

Dichos autores sugieren organizar el rango de actividades posibles en proyectos específicos y que, en lugar de hacer inversiones de gran escala, es preferible financiar proyectos más pequeños; estas nuevas iniciativas deben ser evaluadas utilizando un conjunto de métodos y criterios específicos, dado que casi nunca se obtendrá la misma rentabilidad de los negocios actuales ni se recuperará la inversión en el corto plazo. En el mismo sentido, recomiendan el método de opciones reales en lugar de los métodos tradicionales de evaluar proyectos de inversión, como el de flujos de efectivo descontados; para mayor entendimiento sobre estos métodos, véase Adam, *et al.* (2002). Las opciones reales contemplan un periodo de recuperación de 5 a 7 años, en vez de inversiones de capital de muy corto plazo o del excesivo largo plazo asociado con los proyectos tradicionales de investigación y desarrollo que se justifican por el desarrollo de nuevas capacidades tecnológicas y de innovación. También recomiendan crear fondos especiales para dichos proyectos específicos y que se desarrollen en entidades diferentes a la empresa, lo cual puede evitar su fracaso ante la imposibilidad de justificar la inversión en términos de mayores ingresos.

En un mundo global en el cual los retos ambientales, sociales y de obtención de recursos tales como el cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales y condiciones cada vez más precarias de trabajo, las organizaciones se enfrentan a la inconsistencia aparente entre ser sustentables y generar valor para sus accionistas y otras partes interesadas.



### 1.11 Generación de valor sustentable mediante la evaluación del ciclo de vida

Manda, *et al.* (2016) mostraron cómo se puede crear valor en las empresas integrando la sustentabilidad ambiental con la evaluación del ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés de *Life Cycle Assessment*), especialmente en la industria química, proporcionando un procedimiento de implementación de la creación de valor en las empresas basado en el LCA, relacionando de manera directa la sustentabilidad y el valor de los accionistas. Dichos autores señalan que los diversos aspectos de la sustentabilidad cambian de empresa a empresa dependiendo del contexto, del tipo de industria y de su interdependencia con otras industrias, del tipo de productos, de la situación geográfica y de los conductores sociales y ambientales; por lo anterior, concluyen que la integración de la sustentabilidad en las empresas es compleja y destacan que se requiere un modelo que capture esta complejidad y que proporcione una comprensión holística de cómo se genera valor en las organizaciones.

Asimismo, mencionan que LCA es una herramienta que puede mejorar el desempeño ambiental de los productos en toda la cadena de valor, proporcionando información para la toma de decisiones en selección de procesos y materiales; asimismo, señalan que las normas internacionales no proporcionan una guía sobre cómo contextualizar la aplicación del LCA en diversos contextos e industrias y como integrar sus puntos de vista en las funciones de las empresas para generar valor. También sugirieron que la integración de la sustentabilidad en los negocios debería empezar con las funciones primarias de las empresas como investigación y desarrollo e innovación, operaciones, abastecimiento, mercadotecnia y ventas. Asimismo, establecieron criterios que deben considerarse para desarrollar un marco teórico adecuado para la generación de valor mediante la evaluación del ciclo de vida, el cual debe:

- i) Ser capaz de capturar las tendencias actuales y futuras y los conductores de sustentabilidad.
- ii) Considerar la visión más amplia de las partes interesadas y otras preocupaciones en el corto y mediano plazo.



- iii) Tener un amplio significado de creación de valor que incluya aspectos económicos, ambientales y sociales.
- iv) Demostrar una relación directa entre estrategias del negocio y generación de valor sustentable.
- v) Identificar los roles y la participación de las principales funciones del negocio para la creación de valor sustentable.
- vi) Dar cuenta desde la perspectiva del ciclo de vida de los procesos tecnológicos, productos y servicios ofrecidos por las empresas.

Después de una amplia revisión de la literatura, Manda, *et al.* (2016) refieren que el marco de valor sustentable de Hart y Milstein (2003) cubre muchos aspectos de los criterios mencionados, porque establece la relación entre conductores de sustentabilidad, estrategias posibles y valor del negocio y porque distingue diferentes dimensiones de integración de la sustentabilidad en las empresas.

Siguiendo con las aportaciones de Hart y Milstein (2003) y con base en lo expuesto en este capítulo, se presenta en este trabajo en el capítulo 5, una propuesta que incluye cómo la industria espacial en México puede generar valor sustentable y cómo la administración de tecnología con perspectiva sustentable puede contribuir a dicha generación de valor integrando los conceptos de administración de cadenas de valor y del ciclo de vida del producto.



# Capítulo 2

---



## CAPÍTULO 2. ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍA Y SUSTENTABILIDAD

### 2.1 Tecnología y sustentabilidad

La tecnología, según Ochoa *et al* (2007:3), "... es el conjunto de conocimientos científicos y empíricos, habilidades, experiencias y organizacionales requeridos para producir, distribuir, comercializar y utilizar bienes y servicios. Incluye tanto conocimientos teóricos como prácticos, medios físicos, *know how*, métodos y procedimientos productivos, gerenciales y organizativos, entre otros, así como la identificación y asimilación de éxitos y fracasos anteriores, así como la capacidad y destrezas de los recursos humanos".

Los principales problemas ambientales que enfrenta la humanidad son la contaminación y la explotación no sustentable de los recursos naturales del planeta. La contaminación surge cuando los desechos, residuos u omisiones derivados de la actividad humana se emiten de forma descontrolada, sin considerar la capacidad del sistema de recuperarse del daño que les ocasiona. Trupia (2017) argumenta que los problemas ambientales están estrechamente relacionados con la industrialización y el desarrollo de tecnologías, los cuales sin duda han permitido aumentar el estándar de vida de una buena parte de la población mundial (mayor producción de bienes y servicios, generación de empleos, por ejemplo), así como ampliar la esperanza de vida con la disminución de una serie de enfermedades y resolver una mayor disponibilidad de recursos alimentarios, entre otras cuestiones. Estos impactos negativos y positivos de la industrialización y el desarrollo tecnológico constituyen dos caras de la misma moneda, por lo cual dicho desarrollo debe ser analizado indiscutiblemente considerando ambos impactos.

Es importante reflexionar sobre cómo se puede combinar el desarrollo tecnológico y la innovación que generan nuevos productos y servicios y una mayor industrialización de la economía con el desarrollo sustentable en sus tres aspectos: ambiental, económico y social; asimismo, es necesario reflexionar sobre cuáles son los riesgos tecnológicos y efectos ambientales que estamos dispuestos a aceptar en el nivel de la sociedad, organizacional e individual.



Si bien es fundamental la función del Estado para reforzar los controles ambientales para que las empresas cumplan las leyes ambientales, es imperativo que las empresas se responsabilicen en el cuidado del medio ambiente desde la alta dirección y sus estrategias y que tengan conciencia de que la tecnología debe estar al servicio del desarrollo sustentable, en sus tres esferas, económica, social y ambiental.

## **2.2 Administración, tecnología y sustentabilidad: un abordaje desde la transdisciplina**

La investigación científica y tecnológica para la generación de nuevos productos y servicios ha implicado la colaboración entre la ciencia, la tecnología y la industria para la innovación y desarrollo de tecnologías, productos y servicios; por su parte, la administración de la tecnología ha implicado una relación interdisciplinaria entre las ciencias de la administración y las ciencias relativas a las ingenierías y al desarrollo tecnológico e innovación; el paradigma de esta disciplina ha sido tradicionalmente el racional económico, el cual preconiza principalmente la utilidad tanto técnica como financiera.

La incorporación de una perspectiva sustentable en la administración de tecnología requiere un abordaje desde la transdisciplina, la cual va más allá de las relaciones interdisciplinarias; según Luengo (2012), la transdisciplina es un nuevo paradigma del conocimiento con eje central en el conocimiento mismo, sin condiciones, con excepción de las de tipo ético, que no busca su utilidad tecno-económica-productivista, la cual ha sido la ruta dominante por donde ha avanzado la ciencia y la tecnología. Asimismo, señala dicho autor, la transdisciplina representa un movimiento que va acompañado de una conciencia de que las disciplinas no son dueñas absolutas de sus objetos de conocimiento, comprende sus interacciones y reciprocidades al interior de un sistema, requiriendo un lenguaje que dé cuenta de una nueva visión de la realidad y que facilite el encuentro de los conocimientos especializados.

Cabe destacar que la solución de los retos y problemas que plantea la sustentabilidad implica el enlace de conocimientos de las ciencias naturales, de las



físico-matemáticas, de las sociales, de las económico-administrativas y las relativas a las ingenierías, entre otras. De acuerdo con Luengo (2012), se plantea que el abordaje de dicha problemática no sólo implica trascender las fronteras entre las disciplinas, sino también abrir los procesos de investigación a la acción política, económica y social, desde la identificación de la problemática hasta la implementación de las estrategias; también se requiere una práctica que incluye el compromiso, la vinculación y colaboración entre la academia, al gobierno, las empresas, organismos internacionales y otras partes interesadas.

De acuerdo con los planteamientos anteriores se concluye que en el caso de la industria espacial, una perspectiva sustentable de la administración de tecnología requiere un abordaje transdisciplinario con una visión sistémica (holística e integral) que permita explicar de qué manera se pueden conciliar los resultados económicos de los desarrollos científico-tecnológicos de la industria espacial con su aplicación para la satisfacción de necesidades sociales y con la prevención y cuidado del medio ambiente, en particular del espacio ultraterrestre, mediante la eliminación y/o mitigación de los desechos sólidos derivados de las misiones espaciales.

### **2.3 Fundamentos teóricos de la administración de la tecnología**

Al revisar la literatura referente al concepto de administración tecnológica o de administración de tecnología, se encontraron referencias que utilizan los términos de gestión tecnológica o bien gestión de tecnología (Ochoa, *et al*, 2007); en términos generales se considera que son sinónimos, aun cuando se reportan esfuerzos por diferenciarlos. Lo esencial de los conceptos administración y gestión es que ambos se refieren al proceso administrativo de planear, organizar, dirigir, evaluar y controlar planteado por Fayol (1916). Por lo anterior, en este trabajo, se utilizará el término administración como sinónimo de gestión, para referirnos a las categorías de administración tecnológica o administración de tecnología, las cuales serán utilizadas indistintamente en esta tesis.

La administración de tecnología es una disciplina en desarrollo, que surgió como respuesta a la necesidad de atender los requerimientos e impactos de los cambios provocados por la revolución científico-tecnológica de las últimas cinco décadas, así





como para establecer un equilibrio entre las funciones de la empresa, especialmente entre la mercadotecnia, I + D, producción y administración de recursos humanos y dar a los directivos el control real de los recursos tecnológicos y del potencial de su desarrollo futuro, lo anterior señalado por Morin y Seurat (1987), citado en Medellín (2010). Este autor señala que la administración de tecnología ha sido relevante en la competitividad internacional contribuyendo a un diseño más eficaz en el diseño de productos y procesos, su desarrollo y aplicación.

Para Hidalgo (1999), la gestión de la tecnología es un proceso que maneja las actividades que capacitan a la empresa para usar más eficientemente la tecnología generada internamente, así como de la que se adquiere de terceros; también se encarga del proceso de innovación de productos y de procesos.

Según Medellín (2010), la definición de administración de tecnología propuesta por *National Research Council*, se refiere al manejo de la introducción y uso de la tecnología en productos, en procesos de manufactura y otras funciones corporativas para planear, desarrollar e implantar capacidades tecnológicas con el propósito de lograr los objetivos estratégicos y operacionales de una organización, lo cual también es señalado por Gaynor (1988).

Retomando los planteamientos de diversos autores, Medellín (2010:42) define la gestión de tecnología como:

*“Una actividad industrial y académica que incorpora conocimientos teóricos y prácticos provenientes de la administración empresarial, las ingenierías y las ciencias, que utiliza procesos, técnicas y herramientas que proporcionan congruencia organizacional, disciplina y método a una empresa con el fin de conocer, planear, desarrollar, proteger, controlar, mejorar, integrar y utilizar sus recursos tecnológicos de forma organizada y sistemática, de tal forma que apoyen el logro de sus objetivos estratégicos y operacionales, así como la entrega de valor a clientes y consumidores en forma de nuevos productos y procesos, o de nuevas maneras de organización empresarial y de comercialización”.*



Cabe destacar que la administración de tecnología implica un trabajo multidisciplinario e interdisciplinario entre las ciencias relativas a las ingenierías como investigación y desarrollo, así como de las ciencias de la administración como finanzas, mercadotecnia, y recursos humanos entre otras.

De acuerdo con la Propuesta de una Ley de Ciencia y Tecnología e Innovación elaborada por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (2007), la administración de tecnología también se ocupa del fenómeno innovador, de sus prácticas, de su medición, de su evaluación y de las condiciones que determinan su efectividad; sin embargo, dicho fenómeno no ha sido reconocido por los especialistas de la materia.

De acuerdo con lo señalado por Medellín (2010), existe un cierto vacío teórico y de estudios de caso sobre cómo las empresas innovadoras en México realizan la gestión de sus tecnologías y por qué razones la llevan a cabo y, de manera específica, sobre cómo y por qué desarrollan e implantan sus prácticas o procesos clave de administración de tecnología. Dicho autor también señala que la literatura sobre innovación tecnológica en empresas mexicanas se ha concentrado en el análisis de las características de las empresas innovadoras, la identificación de las capacidades tecnológicas y su construcción, así como el comportamiento innovador en algunos sectores, la modernización y el cambio tecnológico como proceso social complejo, el aprendizaje tecnológico y la acumulación de capacidades tecnológicas, desde la perspectiva del cambio tecnológico y de la economía evolucionista o de la innovación de sus operaciones.

Asimismo, Medellín (2010) analiza que la literatura que aborda aspectos o prácticas de administración de tecnología en empresas mexicanas ha puesto énfasis en cuestiones tales como: el abordaje de la variable tecnológica desde una perspectiva integral, el manejo de la variable tecnológica a nivel de centro empresarial de I+D y la identificación de actividades de gestión tecnológica realizadas en proyectos de innovación en empresas de la industria química, las actividades de gestión tecnológica en empresas medianas, la relación entre gestión tecnológica y competitividad en pequeñas y medianas empresas innovadoras, los procesos y actividades específicos de administración de tecnología que se realizan en



organizaciones de investigación públicas, y sobre el rol que juegan empresas innovadoras.

Como señala Medellín (2010) cada año se publica una síntesis de las prácticas de administración de tecnología de las organizaciones ganadoras del Premio Nacional de Tecnología donde se muestran aspectos importantes de la administración de tecnología reportados por las empresas participantes; pero, dichas empresas no presentan de forma integral cómo se gestiona la tecnología ni cómo se han desarrollado sus procesos clave, ni cuál es la metodología para su evaluación.

Asimismo, Medellín (2010) reporta que las empresas ganadoras de este reconocimiento, no estructuran sus prácticas y procesos como parte de un sistema de administración de tecnología tal que les proporcione congruencia, sistematización, capacidad de dominio y eficacia o efectividad y carecen de un método que les permita implantarlo.

Según Probert *et al* (2011), la Administración de tecnología (AT) es una disciplina en evolución dinámica que permite la integración de la tecnología con la dirección de una organización; se ha caracterizado como el vínculo entre las disciplinas económico-administrativas y la ingeniería, como puede verse en la figura 2.1; todo esto con el fin de planificar, desarrollar y poner en práctica las capacidades tecnológicas de una empresa para establecer objetivos estratégicos y operativos de una organización.



Figura 2.1

El alcance de la administración tecnológica



Elaboración propia con base en: Probert, D., Dissel, M., Farrukh, C., Mortara, L., Thorn, V., & Phaal, R. (julio-agosto 2011). Understanding and communicating the value of technology: A process perspective. *Proceeding of PICMET, Technology Management in the Energy Smart Worl (PICMET)*, Portland, OR, 2011, pp. 1-6

La AT abarca dos conjuntos de actividades como puede verse en la figura 2.2: (a) las actividades relacionadas con el proceso de innovación: investigación, desarrollo y la comercialización del nuevo producto y (b) las actividades que conforman la integración de las estrategias de tecnología, (las cuales establecen la definición del nuevo desarrollo tecnológico, la sincronización y la asignación de recursos) con las estrategias de negocios (las cuales definen el mercado al que será dirigido, los recursos necesarios y las estructuras organizacionales) y las estrategias financieras (Dundar *et al*, 2008).

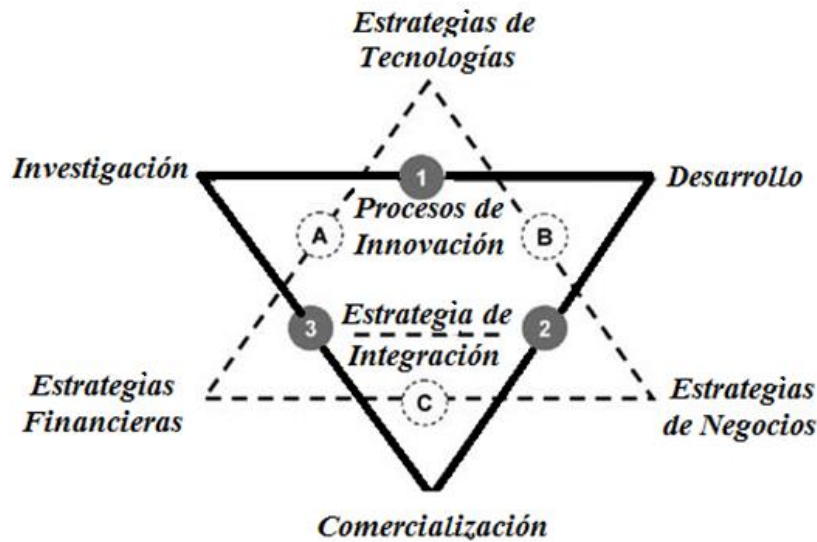
Es importante resaltar que la AT se desarrolla principalmente en la industria y que la investigación científica se realiza generalmente en las universidades. Por ello, la AT investiga de forma eficiente el medio adecuado para la transferencia de tecnología de los centros de investigación al campo de aplicación del desarrollo tecnológico.



La AT investiga cómo el nuevo proceso del desarrollo tecnológico y/o servicio debe organizarse de manera eficaz y eficiente, el cual está estrechamente vinculado a la decisión de evaluación y adquisición de tecnología con respecto a su potencial presente y futuro para seleccionar aquellas que proporcionan ventajas competitivas; cabe destacar que debe decidirse si se invierte en investigación y desarrollo en la organización o si se adquiere tecnología mediante la compra de propiedad intelectual, servicios o bienes físicos que ya incorporan la tecnología que se requiere.

**Figura 2.2**

**El alcance de la Administración Tecnológica**



Fuente: Traducido de Dundar, K., Tugrul, D., y Jetter, A. (2008). Defining the Research Agenda: Technology Management as a Contributor to Service Sciences, Management and Engineering. En Hefley, B., y Murphy, W. (Eds.), pp. 55-60. *Service Science, Management and Engineering Education for the 21st Century*. Estados Unidos: Springer. p. 56

Para asegurarse que la organización está preparada para la adquisición de nuevas tecnologías, es necesario considerar que existe una cultura organizacional adecuada para su asimilación, así como la disponibilidad de la infraestructura que se requiere y el personal calificado para su manejo.



Con base en lo anterior, de acuerdo con Pere y Jaume (2003), se puede decir que la AT comprende todas las actividades referentes a la identificación y obtención de tecnologías, a la investigación y desarrollo y a la adaptación de las nuevas tecnologías en la organización; adicionalmente, se refiere a la explotación de las tecnologías para la producción de bienes y servicios.

También se puede definir la AT como “el conjunto de procesos que permiten utilizar el conocimiento (Capital intelectual) como factor clave para añadir y generar valor” (Ortiz, 2000:2). Este autor también señala que la AT implica reconocer que la tecnología es un activo humano que radica en la mente de las personas para convertirse luego en un activo empresarial que puede ser utilizado para la toma de decisiones estratégicas en las empresas.

Según la fundación COTEC (1999a), la gestión de la tecnología incluye todas aquellas actividades que capacitan a una organización para hacer el mejor uso posible de la ciencia y la tecnología generada tanto de forma externa como interna. Este conocimiento conduce hacia una mejora de sus capacidades de innovación para obtener ventajas competitivas. Cabe mencionar que la competitividad es un tema bastante discutido hasta el momento, pero de difícil consenso entre los estudiosos del tema en cuanto a los factores que la determinan; no obstante, puede decirse que la competitividad no depende únicamente de la administración de tecnología, sino que proviene de ella.

El Premio Nacional de Tecnología (PNT) (2010) señala que con la gestión de tecnología las empresas maximizan sus ventajas competitivas, basadas en su capacidad de desarrollo tecnológico e innovación, así como en la obtención y uso sistemático de los medios tecnológicos y organizacionales que se requieran. Asimismo, menciona que la gestión de tecnología les da congruencia organizacional y método a los esfuerzos de desarrollo tecnológico, de incorporación de tecnologías distintivas y de innovación tecnológica que se realizan para crear, transformar y entregar valor a los clientes y consumidores.

Cabe destacar que el PNT (2010) considera que una de las finalidades del desarrollo e innovación tecnológica es la creación, transformación y entrega de valor a los



clientes y consumidores y a sus productos o servicios, lo cual será denominado en este trabajo como generación de valor. Asimismo, menciona que la gestión de tecnología forma parte de las áreas de administración de las organizaciones, en particular de aquellas que consideran que la tecnología es la base de la competitividad de largo plazo.

En relación a las empresas, Ochoa *et al* (2007) señalan que la gestión tecnológica se revela en sus planes, políticas y estrategias tecnológicas para la adquisición, uso y creación de tecnología, o bien cuando se considera la innovación como eje de las estrategias de desarrollo de los negocios. También mencionan, citando a Díaz (1995) que la gestión de tecnología “comprende los conceptos y proposiciones sobre las relaciones entre los conceptos, modelos y teorías sobre los procesos de toma de decisiones y ejecución de acciones, relacionadas con las tecnologías en organizaciones, empresas, países y regiones” (Ochoa *et al*, 2007:6).

Cabe destacar que los autores antes citados, mencionan una definición de la gestión ambiental como el conjunto de actividades mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y el uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y seguimiento del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. Con base en esta definición, plantean que la gestión tecnológica ambiental “es aquella que fortalece el desempeño ambiental del cliente mediante el *humanware* y el *software*, y tiene como objetivo fundamental el logro de una mejor vinculación consultora-empresa-sociedad en función de la sostenibilidad” (Ochoa *et al*, 2007:10); dichos autores señalan que este tipo de gestión responde a la garantía de la sostenibilidad sobre la base de herramientas, métodos y modelos capaces de perpetuar y auditar el modelo tecnológico ambiental. Si bien es relevante que se incorpore el tema de la sustentabilidad en la definición de administración de tecnología, se considera que se hace de manera limitada, pues se dejan de lado los aspectos sociales.

## **2.4 Modelos de administración de tecnología**

A partir de 1980 surgen en Estados Unidos de América (EUA), en Francia y en varios países de América Latina diversos modelos de administración de tecnología bajo el



propósito de apoyar la competitividad de las empresas, siendo el primer antecedente importante el enfoque propuesto por el Grupo de Trabajo sobre Administración de Tecnología del Consejo Nacional de Investigaciones de EUA; en esta propuesta se identificaron las necesidades de la industria de este país en relación a la administración de tecnología y de qué manera la administración de tecnología podría cubrirlas. Morin y Seurat (1987) propusieron un modelo que incluía tres funciones activas (optimización, enriquecimiento y protección de recursos tecnológicos), y tres funciones de apoyo (inventario, evaluación y vigilancia tecnológica). Según Medellín (2010), la Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC) ha jugado un rol importante en América Latina en relación a la propuesta, difusión e intercambio de conceptos y proyectos sobre el significado, alcance, enfoques y experiencias de administración de tecnología en la región. Asimismo, dicho autor destaca los valiosos aportes de Vasconcellos (1990b) y Badawy (1995) en relación con la conceptualización de la administración de tecnología.

En México se ha impulsado el desarrollo tecnológico de organizaciones mexicanas de cualquier tipo o tamaño, mediante el Premio Nacional de Tecnología® (PNT) y en el Premio Nacional de Tecnología e Innovación® (PNTI), los cuales han establecido sus respectivos modelos de gestión tecnológica, los cuales se describen a continuación.

#### **2.4.1 Modelo Nacional de Gestión Tecnológica e Innovación© del Premio Nacional de Tecnología e Innovación ® (2011)**

Según FPNT (2011) la administración de tecnología es una actividad industrial y un campo emergente de la educación y la investigación que aún no se ha definido de manera consistente, en el cual se incluyen procesos de innovación, con base en la investigación y desarrollo para la incorporación de la tecnología en productos, procesos de manufactura y otras funciones corporativas. Esto permite vincular la ingeniería, la ciencia y las disciplinas administrativas para planear, desarrollar e implantar capacidades tecnológicas con el fin de lograr los objetivos planteados de manera eficaz.





La gestión tecnológica establece una serie de funciones y procesos específicos, definidos por el desarrollo tecnológico e innovación de las organizaciones, los cuales integran, identifican, evalúan, seleccionan, adquieren, asimilan y utilizan efectivamente el desarrollo y la innovación tecnológica para la búsqueda de una ventaja competitiva, integrando así, la tecnología en sus estrategias generales. Cuando los procesos de administración de tecnología se realizan de forma secuencial, sistemática, con objetivos y metas claras, y además muestran cómo las cosas cambian en el tiempo, constituyen la base para definir un modelo de administración de tecnología. Los procesos y actividades de la administración de tecnología pueden agruparse, de acuerdo a sus similitudes, en funciones que facilitan la organización y la coordinación, haciendo más eficiente la gestión (FPNT, 2011)

Este modelo establece las siguientes premisas básicas:

- 1) La gestión tecnológica adecuada fortalece la importancia del desarrollo e innovación tecnológica dentro de la organización.
- 2) La administración de tecnología maximiza las ventajas competitivas, basadas en la capacidad de desarrollo e innovación tecnológica.
- 3) La gestión tecnológica le da congruencia funcional y métodos a la organización para definir cómo el desarrollo tecnológico incorpora el uso de las tecnologías para crear, transformar y entregar valor agregado a los productos o servicios.

#### **2.4.2 El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología del Premio Nacional de Tecnología® (2010)**

Este modelo se compone de una serie de funciones y procesos de gestión de tecnología que integran las actividades que sobre este tema se realizan en una organización comprometida con el desarrollo y la innovación tecnológica. Cabe destacar que incluye también las actividades y procesos de la organización para integrar su sistema de gestión y los resultados que la gestión de tecnología aporta a la organización.



Los procesos, actividades o tareas de gestión de tecnología pueden agruparse, dada su naturaleza similar, en funciones que faciliten su coordinación con otros procesos organizacionales similares, y que hacen más eficiente la gestión de dichas organizaciones. Si las actividades de gestión tecnológica se contemplan y ubican como parte integral de la organización, se realizan de forma secuencial y sistemática, con objetivos y metas bien definidas que incorporan la perspectiva de largo plazo, el proceso de gestión tecnológica será más efectivo en su contribución a la generación de valor para las organizaciones y a su competitividad; de esta manera los resultados de la organización (utilidades, participación en el mercado, posición competitiva) reflejarán el valor agregado en los productos y servicios que comercializa, con la contribución importante de la tecnología para su competitividad (PNT, 2010).

El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología® consta de cinco funciones que son: vigilar, planear, habilitar, proteger e implantar, cuyo significado se describe en la Tabla 2.1.



**Tabla 2.1**

**Significado de las funciones de gestión de tecnología**

<b>Funciones de Gestión de Tecnología</b>	<b>Significado</b>
Vigilar	Es la búsqueda en el entorno de señales e indicios que permitan identificar amenazas y oportunidades de desarrollo e innovación tecnológica que impacten en el negocio.
Planear	Es el desarrollo de un marco estratégico tecnológico que le permite a la organización seleccionar líneas de acción que deriven en ventajas competitivas. Implica la elaboración y revisión de un plan tecnológico que se concreta en una cartera de proyectos.
Habilitar	Es la obtención dentro y fuera de la organización de tecnologías y recursos necesarios para la ejecución de los proyectos incluidos en la cartera.
Proteger	Es la salvaguarda y cuidado del patrimonio tecnológico de la organización, generalmente mediante la obtención de títulos de propiedad intelectual.
Implantar	Es la realización de los proyectos de innovación hasta el lanzamiento final de un producto nuevo o mejorado en el mercado, o la adopción de un proceso nuevo o sustancialmente mejorado dentro de la organización, incluye la explotación comercial de dichas innovaciones y las expresiones organizacionales que se desarrollen para ello.

Fuente: Premio Nacional de Tecnología [PNT]. (2010). Modelo Nacional de Gestión de Tecnología. Fundación Premio Nacional de Tecnología, A.C., p.7.



Adicionalmente, en la tabla 2.2, se muestran los procesos de gestión de tecnología cuya realización permite el cumplimiento de las funciones descritas.

**Tabla 2.2**

**Procesos de gestión de tecnología**

<b>Funciones de gestión de tecnología</b>	<b>Procesos de gestión de tecnología</b>
Vigilar	Vigilancia de tecnologías: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Benchmarking</li> <li>- Elaboración de estudios de mercado y clientes**</li> <li>- Elaboración de estudios de competitividad**</li> <li>- Monitoreo tecnológico</li> </ul>
Planear	Planeación de la tecnología <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración y revisión del plan tecnológico</li> </ul>
Habilitar	Habilitación de tecnologías y recursos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adquisición de tecnología: compra, licenciamiento, alianzas, otros.</li> <li>- Asimilación de tecnología</li> <li>- Desarrollo de tecnología: investigación y desarrollo tecnológico, escalamiento, etc.</li> <li>- Transferencia de tecnología</li> <li>- Gestión de cartera de proyectos tecnológicos</li> <li>- Gestión de personal tecnológico</li> <li>- Gestión de recursos financieros</li> <li>- Gestión del conocimiento</li> </ul>
Proteger	Protección del patrimonio tecnológico: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de la propiedad intelectual</li> </ul>
Implantar	Implantación de la innovación: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Innovación de proceso</li> <li>- Innovación de producto</li> <li>- Innovación en mercadotecnia</li> <li>- Innovación organizacional</li> </ul>

Elaborado con base en Premio Nacional de Tecnología [PNT]. (2010:8). Modelo Nacional de Gestión de Tecnología. Fundación Premio Nacional de Tecnología, A.C., Fundación COTEC para la innovación tecnológica (1999a:14) y Fundación COTEC para la innovación tecnológica (1999b).



Es importante remarcar que los procesos de gestión de tecnología, agrupados en funciones, junto con las demás áreas de gestión, impactan en los resultados globales de la organización. Además de los modelos nacionales presentados, la gestión de la tecnología es descrita e ilustrada en los siguientes modelos descritos por COTEC (1999a) y Baena *et al* (2003):

1. Un **primer modelo** explica de forma sencilla qué requiere la innovación y la gestión de la tecnología dentro de una empresa, mostrando los elementos clave de un proceso de innovación con éxito. Este modelo se basa en una estructura poco compleja que distingue cinco elementos o actividades en el proceso de Innovación: a) vigilar; b) focalizar; c) capacitarse; d) implantar y e) aprender.

Estas actividades pueden ser desarrolladas tanto de forma secuencial como simultáneamente, pudiendo el proceso de innovación iniciarse en cualquiera de ellas; asimismo, representan los elementos clave de la innovación tecnológica.

- a) **Vigilar: (vigilar las señales):** explorar y buscar en el entorno (interno y externo) para identificar y procesar las señales o indicios de una innovación potencial, los cuales pueden ser necesidades de varios tipos, oportunidades que surgen de actividades de investigación, presión para adaptarse a la legislación, o el comportamiento de los competidores, que representan en su conjunto un grupo de estímulos a los que debe responder la organización.
- b) **Focalizar: (desarrollo de una respuesta estratégica):** seleccionar estratégicamente de este grupo de potenciales detonadores de innovación, aquellos aspectos en los cuales la organización se decide y compromete a asignar recursos; el desafío reside en seleccionar aquellas líneas de acción que ofrecen las mayores posibilidades de obtener una ventaja competitiva.
- c) **Capacitar: (adquirir el conocimiento necesario):** una vez que se ha elegido una opción, las organizaciones tienen que dedicar la capacidad y recursos necesarios para ponerlo en práctica, bien creándolos mediante I+D o adquiriéndolos mediante transferencia de tecnología. Esta



capacitación puede implicar la compra directa de una tecnología, la explotación de los resultados de una investigación existente, o bien requerir una costosa búsqueda para encontrar los recursos apropiados. El problema no radica solamente en el conocimiento intrínseco de una tecnología, sino en el dominio del conjunto de conocimientos adyacentes, a menudo de forma tácita, que se necesitan para hacer que la tecnología funcione.

**d) Implantar: (implantar la solución):** finalmente, las organizaciones tienen que implantar la innovación, partiendo de la idea y siguiendo las distintas fases de desarrollo hasta su lanzamiento final como un nuevo producto o servicio en el mercado externo, o como un nuevo proceso o método dentro de la organización.

**e) Aprender: (el aprendizaje):** este quinto elemento refleja la necesidad de reflexionar sobre los elementos previos y revisar las experiencias de éxitos o fracasos, para poder captar el conocimiento pertinente de la experiencia (Probert, *et al.*, 2011).

**2. Un segundo modelo** describe cómo la gestión de la tecnología se articula en una empresa tipo, y la forma en la que los típicos procesos empresariales contribuyen a ello. Este modelo se construye sobre una descripción de las relaciones entre procesos de innovación conocidos, como son la formulación de una estrategia tecnológica o el desarrollo de nuevos productos. Una forma práctica a través de la cual las empresas pueden articular los elementos clave de la innovación consiste en integrarlos en procesos particulares.

La complejidad de la gestión de la innovación tecnológica puede hacer necesario su desglose en distintos procesos empresariales. Estos procesos tienen un valor real cuando se relacionan unos con los otros. A pesar de que son importantes en sí mismos, cuando están totalmente integrados entre ellos y con otros procesos empresariales es cuando aportan el máximo valor. Un ejemplo sería el de una empresa que toma cuatro procesos empresariales de negocio con los cuales considera que puede mejorar su rendimiento: estrategia tecnológica, adquisición de tecnología, desarrollo de nuevos productos e



innovación de procesos. Estos cuatro procesos tienen que funcionar en paralelo para conseguir una eficacia y eficiencia óptimas. Puede ser útil considerar estos cuatro procesos de gestión de la tecnología y de la innovación, como dos parejas de un proceso simbiótico, que pueden estar directamente conectadas con la innovación. (Baena *et al*, 2003)

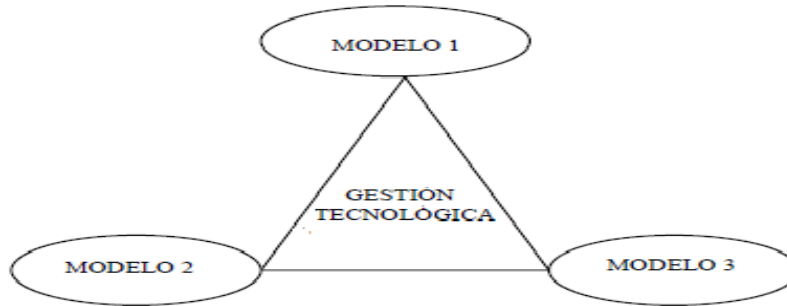
Los cuatro procesos no pueden ser gestionados de forma aislada, tal y como sucede con otros procesos empresariales, sino que deben ser soportados por la infraestructura del negocio y sus organizaciones asociadas, por la gestión de personal, los sistemas de control financiero, los asuntos legales y la gestión de calidad.

**3. El tercer modelo** explica por qué es importante la gestión de la tecnología, y muestra las relaciones entre éstas y todas las funciones necesarias para la gestión en un negocio. Este modelo muestra la gestión de la tecnología en su sentido más amplio y global, integrando la gestión de la tecnología en la gestión empresarial; asimismo, muestra cómo la gestión de la tecnología se inserta en otras funciones de gestión y, por lo tanto, contribuye al rendimiento empresarial y cómo otras funciones de gestión pueden contribuir a una mejor gestión de la tecnología. Los gestores de empresa pueden utilizar uno, dos o los tres modelos para diferentes propósitos según sus necesidades y preferencias. Los tres modelos son complementarios y constituyen en conjunto el complejo proceso de la AT, según se muestra en la figura 2.3.



**Figura 2.3**

**La función gestión tecnológica**



Fuente: Baena E., Botero C.y Montoya O. (abril 2003). Gestión tecnológica y competitividad en *Scientia et Technica* No. 21, p. 125

A continuación, se describen otros cuatro modelos de AT analizados por Belkys y Márquez (2009) con base en Hidalgo (1999), COTEC (1999a), Hidalgo *et al* (2002) y Gaynor (1988).

### **2.4.3 Modelo de Sumanth (1999)**

En este modelo se propone un enfoque sistémico de la gestión tecnológica, mediante un proceso continuo que puede ser aplicado: al producto, al servicio, al centro de trabajo, a la planta/división, corporación e industria nacional o internacional. Este modelo plantea cinco etapas: percepción, adquisición, adaptación, avance y abandono, las cuales se describen a continuación:

➤ **Percepción**

- En esta etapa la empresa debe poseer un mecanismo formal para llegar a ser consciente de la existencia de tecnologías emergentes relevantes a sus necesidades. Algunas empresas crean grupos de investigación interdisciplinaria.





➤ **Adquisición**

- Para pasar de la etapa de percepción a la de adquisición, se requiere que la empresa elabore estudios de factibilidad técnica y económica, antes de justificar y adquirir una tecnología.

➤ **Adaptación**

- En la etapa de adaptación, las empresas virtualmente terminan adaptando una tecnología adquirida externamente a sus propias necesidades. Si el trabajo se hace en forma correcta, la transición desde la adquisición hasta la adaptación es menos costosa y más suave para la organización

➤ **Avance**

- En la etapa de avance es imperativo que las empresas mejoren las tecnologías adquiridas adaptándolas a sus necesidades particulares

➤ **Abandono**

- Durante la última etapa, la de abandono, la organización toma importantes decisiones con respecto a la obsolescencia de una tecnología dada, siendo ésta una de las etapas más críticas

#### **2.4.4 Modelo de Hidalgo, León y Pavón (2002)**

Este modelo define un conjunto de actividades de gestión específicas tales como: identificación de las tecnologías requeridas; evaluación y selección; adquisición; asimilación; y utilización. Estos procesos se explican a continuación.

➤ **Identificación de las tecnologías requeridas.**

- Con esta actividad se pretende identificar aquellas tecnologías que parecen ser necesarias. En algún caso, la organización dispondrá de las tecnologías requeridas, pero en otros será necesario disponer de ellas desde una fuente externa o proceder a su desarrollo interno.



➤ **Evaluación y selección**

- Para un determinado proyecto el número de tecnologías que potencialmente pueden emplearse es muy elevado, y será necesario seleccionar aquellas que sean más adecuadas, una vez evaluadas. Este proceso de evaluación y selección debe tener en cuenta factores tales como la disponibilidad, el costo y la relación con otras tecnologías.

➤ **Adquisición.**

- Decidida la tecnología a utilizar, asumiendo que esta tecnología deba obtenerse externamente, es necesario identificar y evaluar proveedores concretos de esta tecnología y llegar a acuerdos de suministro de ella.

➤ **Asimilación**

- La adquisición de una tecnología no es suficiente. Es necesario que ésta sea asimilada adecuadamente por la organización, lo que implica la formación del personal suficiente para su uso posterior y la adaptación de los procedimientos internos de la organización.

➤ **Utilización**

- Finalmente, la tecnología es empleada efectivamente en el proyecto o gama de proyectos que la requieran.

Los autores de este modelo resaltan que los procesos de gestión tecnológica no terminan cuando ésta es utilizada; agregan que generalmente es necesario evaluar su uso o proceder a optimizaciones. Por último, en algún momento habrá que tomar la decisión de retirarla por obsolescencia u otros motivos.



### 2.4.5 Modelo Temaguide (COTEC, 1999a)

Este modelo explica lo “que” la empresa requiere para gestionar la tecnología. Éste se basa en una estructura que distingue cinco elementos: vigilar, focalizar, capacitarse, implantar y aprender.

Este modelo consta de los siguientes elementos:

➤ **Vigilar**

- Explorar y buscar en el entorno interno y externo, señales sobre innovaciones u oportunidades potenciales para la organización.

➤ **Focalizar**

- El segundo elemento a estudiar, focalizar, incluye las siguientes fases: análisis estratégico, elección y planificación estratégica.
  - Análisis estratégico: ¿qué podemos hacer y por qué?
  - Elección estratégica: ¿qué vamos hacer y por qué?
  - Planificación estratégica: ¿cómo vamos a llevar nuestras elecciones a la práctica con éxito?
- Es importante seleccionar estratégicamente las señales a las que la organización dedicará los recursos. El reto está en seleccionar las que ofrecen la mejor opción para desarrollar una ventaja competitiva.

➤ **Capacitarse**

- El tercer elemento, la capacitación, se refiere a que la organización debe dotarse de las capacidades organizativas, conocimientos, habilidades, recursos monetarios, bienes de equipo y herramientas necesarias para conseguir la tecnología.
- Una vez que se ha elegido una opción, la empresa tiene que asignar los recursos necesarios para convertir una oportunidad en una realidad.



➤ **Implementar**

- Las organizaciones tienen que implantar la innovación, partiendo de las ideas y siguiendo las fases de desarrollo hasta su lanzamiento final como un nuevo producto, servicio o un nuevo proceso o método de trabajo.
- La implantación constituye el núcleo del proceso de gestión tecnológica. La cuestión que se plantea es cómo convertir el conocimiento y la tecnología adquiridos en mejoras para la empresa.
- Después de determinar los clientes que le convienen y los productos y servicios que debe ofrecer, una empresa debe decidir: cómo proceder, cómo llevar a cabo su negocio y cómo hacer llegar los productos adecuados a los clientes elegidos.

➤ **Aprender**

- Aprender a gestionar la tecnología implica: reflexionar acerca de cómo la empresa desarrolla la tecnología; recoger lecciones aprendidas en torno a este proceso y a partir de ellas construir modelos conceptuales que guíen el comportamiento de la empresa en el futuro; experimentar el deseo de dirigir el proceso de forma diferente la próxima vez y ver si las lecciones aprendidas son válidas; y finalmente, realizar una experiencia concreta y utilizarla como material de reflexión.

Cada etapa se relaciona a ciertas herramientas, a saber:

➤ **Vigilar**

- Investigación de mercado
- Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA)
- Prospectiva tecnológica
- Análisis de competencia
- *Benchmarking*



➤ **Focalizar**

- **Análisis estratégico**
  - Modelo de las cinco fuerzas de Porter
  - Perfil de competitividad
  - Auditorías
- **Elección estratégica**
  - Matriz producto/ proceso
  - Auditoria de capacidades
  - Evaluación de proyectos
  - Gestión de cartera
- **Planificación estratégica**
  - Diagrama de causa y efecto

➤ **Capacitarse**

- Gestión de proyectos
- Gestión de derechos de propiedad industrial e intelectual
- Gestión de interfases

➤ **Implementar**

- Creatividad
- Análisis de valor
- Trabajo en red
- Mejora continua
- Gestión del cambio
- Trabajo en equipo

➤ **Aprender**

- Reflexionar acerca de cómo la empresa desarrolla la tecnología.
- Recoger lecciones aprendidas en torno a este proceso.
- Construir modelos conceptuales que guíen el comportamiento.
- Experimentar que el proceso se realice de diferente forma.
- Ver si las lecciones aprendidas son válidas.
- Realizar una experiencia concreta y utilizarla como material de reflexión.



#### **2.4.6 Modelo de Hidalgo (1999)**

Una eficiente gestión de la tecnología requiere considerar todos los aspectos relacionados con la capacidad de la empresa para reconocer las señales del entorno sobre las oportunidades y amenazas de su posición tecnológica, la capacidad de adquirir y desarrollar los recursos tecnológicos que necesita, la capacidad de asimilar las tecnologías que se incorporen a los procesos y la capacidad de aprender de la experiencia que se adquiera. Para conseguir este objetivo es imperante la caracterización de un conjunto de funciones o etapas que expliciten los requisitos de este proceso: evaluación de la competitividad; diseño de la estrategia tecnológica; incremento del patrimonio tecnológico; implementación de las fases de desarrollo; vigilancia tecnológica; y protección de las innovaciones.

El desarrollo de estas funciones necesita de la aplicación de un conjunto de herramientas que deben ser adaptadas a la cultura de la empresa para adecuarse a sus propios fines, las cuales se describen para cada una de dichas funciones.

- **Evaluación de la competitividad**
  - Auditoría tecnológica
  
- **Diseño de la estrategia tecnológica**
  - Análisis FODA
  - Modelo de las cinco fuerzas de Porter
  - Matriz producto-proceso
  - Matriz posición tecnológica
  
- **Incremento del patrimonio tecnológico**
  - Alianzas tecnológicas
  
- **Implementación de las fases de desarrollo**
  - Gestión de proyectos
  - Trabajo en equipo



- Análisis de valor
- **Vigilancia tecnológica**
  - Benchmarking tecnológico
  - Prospectiva tecnológica
- **Protección de las innovaciones**
  - Propiedad industrial
  - Gestión de competencias

#### **2.4.7 Modelo de Ochoa, Valdés y Quevedo (2007)**

Los autores de este modelo se refieren a la gestión tecnológica, usando este término como sinónimo de administración tecnológica. Señalan que el objetivo fundamental de la gestión tecnológica es lograr una mejor vinculación investigación-industria-sociedad; asimismo, persigue integrar el proceso de cambio tecnológico con los aspectos estratégicos y operativos del control y la toma de decisiones de la empresa, como parte de su plan estratégico. También la conciben como un sistema de conocimientos relacionados con los procesos de creación, desarrollo, transferencia y uso de la tecnología y también como un conjunto de prácticas que se soporta en el conocimiento derivado del análisis e interpretación del comportamiento del desarrollo tecnológico como proceso social, cuya aplicación permite establecer estrategias tecnológicas congruentes con los planes de negocio de la empresa.

Por lo anterior, señalan que la gestión tecnológica se revela en los planes, políticas y estrategias tecnológicas para la adquisición, uso y creación de tecnología, considerando a la innovación como eje de las estrategias de desarrollo de las empresas.

Ochoa, *et al.* (2007) establecen que la iniciación de un plan tecnológico conlleva las siguientes acciones o pasos:



**Inventariar.** Consiste en recopilar tecnologías disponibles a nivel mundial lo cual implica conocer las tecnologías utilizadas y dominadas por la empresa que constituyen su patrimonio tecnológico.

**Vigilar.** Significa estar alerta sobre la evolución de las nuevas tecnologías, sistematizar las fuentes de información de la empresa, vigilar la tecnología de los competidores, así como identificar el impacto posible de la evolución tecnológica sobre las actividades de la empresa.

**Evaluar.** Determinar la competitividad y el potencial tecnológico propio, estudiar posibles estrategias de innovación e identificar posibilidades de alianzas tecnológicas.

**Enriquecer.** En esta etapa se trata de diseñar estrategias de investigación y desarrollo.

- Priorizar tecnologías emergentes, clave y periféricas.
- Definir una estrategia de adquisición de equipo y tecnologías externas.
- Definir proyectos conjuntos o alianzas.
- Determinar estrategia de financiamiento a proyectos.

**Asimilar.** Una vez realizados los pasos anteriores, es posible asimilar y actuar en la explotación sistemática del potencial tecnológico mediante:

- Programas de capacitación.
- Documentación de tecnologías de la empresa.
- Desarrollo de aplicaciones derivadas de tecnologías genéricas.
- Gestión eficiente de recursos.

**Proteger.** Por último, queda proteger la tecnología de la empresa mediante el establecimiento de una política de propiedad intelectual que incluya: patentes, derechos de autor, marcas, diseños industriales y secretos.

Ochoa, et al. (2007) acertadamente señalan que la tecnología no sólo tiene ver con las actividades de producción para la mejora e innovación de sus productos; asimismo, mencionan que cuando la gestión tecnológica se incorpora en la cultura





organizacional, lo hace también en su cadena de valor y se realizan procesos que integran competencias tecnológicas y de gestión de recursos, la interacción de personas y el uso de datos e información para la creación de conocimiento y desarrollo de innovaciones que se traducen en la generación de valor.

Como ejemplo de dichos procesos identifican: la gestión del conocimiento; investigación y desarrollo; el seguimiento y la inteligencia tecno económica; la evaluación de alternativas tecnológicas; y la transferencia, asimilación y adaptación de tecnología. La gestión tecnológica incluye las siguientes actividades, según Ochoa, *et al.* (2007):

- Seguimiento, análisis y prospectiva tecnológica.
- Planificación del desarrollo tecnológico.
- Diseño de estrategias de desarrollo tecnológico.
- Identificación, evaluación y selección de tecnologías.
- Adaptación e innovación tecnológica.
- Negociación, adquisición y contratación de tecnologías.
- Comercialización de tecnologías de la empresa.
- Patentamiento.
- Financiamiento del desarrollo tecnológico.
- Selección y capacitación de asesores y operadores tecnológicos.
- Gestión de proyectos de investigación y desarrollo.
- Suministro y evaluación de información técnica.

#### **2.4.8 Resultados del estudio de Solís y Palomo (2010)**

A continuación, se presentan las conclusiones de Solís y Palomo (2010) sobre el análisis que realizaron sobre varios modelos de gestión tecnológica: modelo de gestión de tecnología de Acosta *et al.*, (2000); modelo de gestión de tecnología de Erosa (Erosa y Arroyo, 2007), modelo de gestión de tecnología de Khalil (2000), Modelo de Rousell (1991), Modelo de Gaynor (1996), Modelo de Tamhain (2005).



Los elementos clave para lograr buenos resultados fueron:

- Plan de tecnología.
- Innovación.
- Desarrollo de proveedores de tecnología.
- Infraestructura tecnológica desarrollada por la empresa.
- Desarrollo de competencias.
- Entrenamiento de expertos.
- Tecnologías desarrolladas.

Dichos autores se percataron que en los modelos analizados no se consideraron de manera explícita las condiciones globales de medio ambiente y regulaciones internacionales globales, bajo las cuales se debían regir las operaciones actuales y futuras, por lo que hicieron la propuesta de añadir a los elementos clave mencionados las variables ambientales, tales como desperdicio, emisiones de CO<sub>2</sub> y reciclaje.

Asimismo, proponen que cada organización defina su propio modelo de gestión de tecnología e innovación e incluya los elementos clave mencionados para mantenerse en competencia permanente en el mercado global. Aun cuando probaron que la propuesta de Khalil funcionaba bien en una empresa mexicana, destacan que dichos modelos están en etapa conceptual y que falta investigación para determinar que dichos elementos clave funcionan en diversas condiciones de producto/mercado y para diferentes industrias.

## **2.5 Análisis comparativo de las definiciones y modelos de administración de tecnología**

Se realizó un análisis de las definiciones y modelos de AT antes presentadas, con el objetivo de conocer si éstas incluyen conceptos relativos a alguna o varias de las siguientes categorías: desarrollo tecnológico e innovación; competitividad; generación de valor; coordinación, integración funcional y estrategias; visión de futuro; y sustentabilidad. (Véase tabla 2.3).



Todas coinciden en que la función de la AT es hacer el mejor uso del capital intelectual para realizar desarrollos tecnológicos e innovaciones con el objetivo principal de aumentar la productividad y competitividad de la organización; asimismo, todas se refieren a las actividades de coordinación, integración funcional y formulación de estrategias; sólo en algunas se plantearon objetivos de largo plazo, pero sin tener una visión explícita de futuro.

No obstante, los impactos ambientales negativos que se atribuyen a la industrialización y el desarrollo tecnológico, las definiciones de administración de tecnología encontradas en la revisión de la literatura, no incorporan de manera explícita y adecuada todos los aspectos de la sustentabilidad, lo cual permite concluir que el paradigma dominante en las definiciones revisadas es el racional económico. Solamente se encontró que Ochoa *et al* (2007) incorporó el aspecto ambiental, sin referirse de manera integral a la sustentabilidad, dejando de lado los aspectos sociales.



**Tabla 2.3**

**Análisis de las definiciones y modelos de Administración Tecnológica**

Definiciones de administración tecnológica (AT)	Categorías incluidas en las definiciones					
	Desarrollo Tecnológico Innovación	Competitividad	Generación de valor	Coordinación integración funcional y Estrategias	Visión de Futuro	Sustentabilidad
<p><b>Premio Nacional de Tecnología (2010)</b></p> <p><b>Premisas básicas</b></p> <p>1) La gestión tecnológica adecuada fortalece la importancia del desarrollo e innovación tecnológica dentro de la organización.</p> <p>2) La administración de tecnología maximiza las ventajas competitivas, basadas en la capacidad de desarrollo e innovación tecnológica.</p> <p>3) La gestión tecnológica le da congruencia funcional y métodos a la organización para definir como el desarrollo tecnológico incorporará el uso de las tecnologías para crear, transformar y entregar valor agregado a los productos o servicios.</p> <p>Con la gestión de tecnología las empresas maximizan sus ventajas competitivas, basadas en su capacidad de desarrollo tecnológico e innovación, así como en la obtención y uso sistemático de los medios tecnológicos y organizacionales que se requieran.</p> <p>La gestión de tecnología les da congruencia organizacional y método a los esfuerzos de desarrollo tecnológico, de incorporación de tecnologías distintivas y de innovación tecnológica, que se realizan para crear, transformar y entregar valor a los clientes y consumidores.</p> <p><b>El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología del Premio Nacional de Tecnología® (2010)</b></p> <p>Este modelo se compone de una serie de funciones y procesos de gestión de tecnología que integran las actividades que sobre este tema se realizan en una organización comprometida con el desarrollo y la innovación tecnológica. Cabe destacar que incluye también las actividades y procesos de la organización para integrar su sistema de gestión y los resultados que la gestión de tecnología aporta a la organización.</p> <p>Los procesos, actividades o tareas de gestión de tecnología pueden agruparse, dado su naturaleza similar, en funciones que faciliten su coordinación con otros procesos organizacionales similares, y que hacen más eficiente la gestión de dichas organizaciones.</p>	X	X	X	X		



<p>Si las actividades de gestión tecnológica se contemplan y ubican como parte integral de la organización, se realizan de forma secuencial y sistemática, con objetivos y metas bien definidas que incorporan la perspectiva de largo plazo, el proceso de gestión tecnológica será más efectivo en su contribución a la generación de valor para las organizaciones y a su competitividad.</p> <p>Considera que los resultados de la organización (utilidades, participación en el mercado, posición competitiva) derivan del valor agregado en los productos y servicios que comercializa, siendo la tecnología muy importante para su competitividad.</p>					
<p><b>Morin y Seurat (1987)</b></p> <p>La administración de tecnología es una disciplina en desarrollo, que surgió como respuesta a la necesidad de atender los requerimientos e impactos de los cambios provocados por la revolución científico-tecnológica de los últimos cuarenta años, así como para establecer un equilibrio más armonioso entre todas las funciones de la empresa, especialmente entre la mercadotecnia, I + D, producción y gestión de recursos humanos y dar a los directivos el control real de los recursos tecnológicos para que los administren con la misma eficacia que los otros recursos; y aportarles de ese modo una visión más real de su empresa y del potencial de su desarrollo futuro.</p>	X			X	
<p><b>Roberts, 1996</b></p> <p>A partir de la década iniciada en 1960, se le dio reconocimiento a la administración de tecnología como el elemento clave en la competitividad internacional, tanto en el terreno militar como en el comercial, abarcando preocupaciones sobre cómo realizar de forma eficaz el diseño de productos y procesos, el desarrollo y la aplicación. La necesidad de un trabajo académico profundo en los temas de gestión, involucrados en la tecnología, ha sido crecientemente reconocida y estudiada por académicos y directivos.</p>	X	X			
<p><b>National Research Council (1987)</b></p> <p>La administración de tecnología es una actividad industrial y un campo emergente de la educación y la investigación que generalmente no es bien reconocido o no se le ha definido de manera consistente. Le concierne el proceso de manejo del desarrollo tecnológico, su implantación, y difusión en las organizaciones industriales o gubernamentales. Además de manejar el proceso de innovación a través de la investigación y</p>	X			X	X



<p>desarrollo, incluye el manejo de la introducción y uso de la tecnología en productos, en procesos de manufactura, y otras funciones corporativas.</p>					
<p><b>Gaynor (1988)</b></p> <p>La administración de tecnología a nivel de empresa es un proceso de integración de las diversas disciplinas de ciencia e ingeniería, las funciones esenciales y relacionadas de la administración, con el fin de lograr los objetivos operacionales del negocio. Incluye la totalidad de las actividades desde la identificación del concepto en la investigación hasta la producción de un producto o servicio vendible.</p>	X			X	
<p><b>Medellín (2010)</b></p> <p>Este autor define la gestión de tecnología como: “Una actividad industrial y académica que incorpora conocimientos teóricos y prácticos provenientes de la administración empresarial, las ingenierías y las ciencias, que utiliza procesos, técnicas y herramientas que proporcionan congruencia organizacional, disciplina y método a una empresa con el fin conocer, planear, desarrollar, proteger, controlar, mejorar, integrar y utilizar sus recursos tecnológicos de forma organizada y sistemática, de tal forma que apoyen el logro de sus objetivos estratégicos y operacionales, así como la entrega de valor a clientes y consumidores en forma de nuevos productos y procesos, o de nuevas maneras de organización empresarial y de comercialización”.</p> <p>Señala que existe un cierto vacío teórico y de estudios de caso sobre cómo las empresas innovadoras en México realizan la gestión de sus tecnologías y por qué razones la llevan a cabo y, de manera específica, sobre cómo y por qué desarrollan e implantan sus prácticas o procesos clave de administración de tecnología.</p> <p>Dicho autor también señala que la literatura sobre innovación tecnológica en empresas mexicanas se ha concentrado en el análisis de las características de las empresas innovadoras, la identificación de las capacidades tecnológicas y su construcción, así como el comportamiento innovador en algunos sectores, la modernización y el cambio tecnológico como proceso social complejo, el aprendizaje tecnológico y la acumulación de capacidades tecnológicas, desde la perspectiva del cambio tecnológico y de la economía evolucionista, o la innovación de sus operaciones.</p> <p>La literatura que aborda aspectos o prácticas de administración de tecnología en empresas mexicanas ha puesto énfasis en cuestiones tales como: el abordaje de la variable tecnológica desde una perspectiva integral, el manejo de la variable tecnológica a nivel de centro empresarial de I+D y la identificación de actividades de</p>	X	X	X	X	



gestión tecnológica realizadas en proyectos de innovación, las actividades de gestión tecnológica en empresas medianas , la relación entre gestión tecnológica y competitividad en PYMES innovadoras, los procesos y actividades específicos de administración de tecnología que se realizan en organizaciones de investigación públicas, y sobre el rol que juegan los agentes traductores en la construcción de nuevas competencias y prácticas en empresas innovadoras.						
<p><b>Probert, Dissel, Farrukh, Mortara, Thorn y Phaal (2011)</b></p> <p>La Administración tecnológica es una disciplina en evolución dinámica que permite la integración de un mundo de la tecnología con la dirección en una organización; se ha caracterizado como el vínculo entre las disciplinas económico administrativas y la ingeniería; todo esto con el fin de planificar, desarrollar y poner en práctica las capacidades tecnológicas de una empresa para establecer objetivos estratégicos y operativos de una organización.</p>	X			X		
<p><b>Dundar, Tugrul y Jetter (2008)</b></p> <p>La AT abarca dos conjuntos de actividades: (a) las actividades relacionadas con el proceso de innovación: investigación, desarrollo, procesos de transformación y la comercialización del nuevo producto, con el fin del desarrollo de nuevas tecnologías, y (b) las actividades que conforman la integración de las estrategias de una empresa con: <b>las estrategias de tecnología:</b> las cuales establecen la definición del nuevo desarrollo tecnológico, la sincronización y la asignación de recursos; <b>las estrategias de negocios:</b> las cuales definen el mercado al que será dirigido, los recursos necesarios, las estructuras organizacionales y <b>las estrategias financieras.</b></p>	X			X		
<p><b>Pere y Jaume (2003)</b></p> <p>Comprende todas las actividades referentes a la identificación y obtención de tecnologías, la investigación y el desarrollo y la adaptación de las nuevas tecnologías en la organización, adicionalmente, la explotación de las tecnologías para la producción de bienes y servicios.</p>	X			X		
<p><b>Ortiz (2000)</b></p> <p>La AT es el conjunto de procesos que permiten utilizar el conocimiento (Capital intelectual) como factor clave para añadir y generar valor.</p>	X		X			



<p><b>Modelo Temaguide. (COTEC1999a) p.13</b></p> <p>La gestión de la tecnología incluye todas aquellas actividades que capacitan a una organización para hacer el mejor uso posible de la ciencia y la tecnología generada tanto de forma externa como interna. Este conocimiento conduce hacia una mejora de sus capacidades de innovación, de forma que ayuda a promocionar la eficacia y eficiencia de la organización para obtener ventajas competitivas.</p>	X	X	X	X		
<p><b>Modelo Temaguide (Cotec, 1999b)</b></p> <p>Este modelo explica lo “que” la empresa requiere para gestionar la tecnología. Este se basa en una estructura poco compleja que distingue cinco elementos:</p> <p>Vigilar Focalizar Capacitarse Implantar Aprender</p>	X	X	X	X		
<p><b>Modelo de Sumanth (1999)</b></p> <p>Propone un enfoque sistémico de la gestión tecnológica, mediante un proceso continuo que puede ser aplicado: al producto, al servicio, al centro de trabajo, a la planta/división, corporación e industria nacional o internacional.</p> <p>Este modelo plantea cinco fases:</p> <p>Percepción Adquisición Adaptación Avance Abandono</p>	X	X		X		
<p><b>Modelo de Hidalgo, León y Pavón (2002)</b></p> <p>El modelo define un conjunto de procesos de gestión específicos para:</p> <p>Identificar Evaluar Seleccionar Adquirir Asimilar Utilizar eficientemente la tecnología.</p>	X	X		X		





<p><b>Modelo de Hidalgo (1999)</b></p> <p>La gestión de la tecnología es un proceso que maneja las actividades que capacitan a la empresa para usar más eficientemente la tecnología generada internamente, así como de la que se adquiere de terceros; también se encarga del proceso de innovación de productos y a la de procesos.</p> <p>Este modelo plantea que una eficiente gestión de la tecnología requiere considerar todos los aspectos relacionados con la capacidad de la empresa para reconocer las señales del entorno sobre las oportunidades y amenazas de su posición tecnológica, la capacidad de adquirir y desarrollar los recursos tecnológicos que necesita, la capacidad de asimilar las tecnologías que se incorporen a los procesos y la capacidad de aprender de la experiencia que se adquiera.</p> <p>La gestión de la tecnología no trata solamente de que la empresa pueda desarrollar innovaciones con éxito en una o dos ocasiones, sino que persigue implantar una conciencia elevada de la necesidad de llevar a cabo innovaciones y mejoras frecuentes. No es posible que una empresa pueda ser innovadora en un corto plazo de tiempo, pues se requiere una organización sistemática y flexible, y una disposición para transferir las ideas más brillantes al mercado en</p> <p>forma de nuevos productos, en el plazo de tiempo más corto posible, utilizando para ello aquellos desarrollos tecnológicos que sean más eficientes.</p> <p>Para conseguir este objetivo es imperante la caracterización de un conjunto de funciones o etapas que expliciten los requisitos de este proceso y, por otro, la aplicación de un conjunto de herramientas o técnicas que permitan tener un control de las actividades desarrolladas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Evaluación de la competitividad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Auditoría tecnológica</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Diseño de la estrategia tecnológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Análisis FODA</li> <li>○ Modelo de las cinco fuerzas</li> <li>○ Matriz producto-proceso</li> <li>○ Matriz posición tecnológica</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Incremento del patrimonio tecnológico</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Alianzas tecnológicas</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Implementación de las fases de desarrollo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gestión de proyectos</li> <li>○ Trabajo en equipo</li> <li>○ Análisis de valor</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Vigilancia tecnológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Benchmarking tecnológico</li> <li>○ Prospectiva tecnológica</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Protección de las innovaciones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Propiedad industrial</li> </ul> </li> </ul> <p>Gestión de competencias</p>	X	X	X	X	
<p><b>Modelo de Ochoa, Valdés y Quevedo, 2007</b></p> <p>En relación a las empresas, Ochoa <i>et al</i> (2007) señalan que la gestión tecnológica se revela en sus planes, políticas y estrategias tecnológicas para la adquisición, uso y creación de tecnología, o bien cuando se considera la innovación como eje de las estrategias de desarrollo de los negocios. También mencionan, citando a Díaz (1995) que la gestión de tecnología “comprende los conceptos y</p>	X			X	



<p>proposiciones sobre las relaciones entre los conceptos, modelos y teorías sobre los procesos de toma de decisiones y ejecución de acciones, relacionadas con las tecnologías en organizaciones, empresas, países y regiones”.</p> <p>Cabe destacar que los autores antes citados, mencionan una definición de la gestión ambiental como el conjunto de actividades mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y el uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y seguimiento del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera”.</p> <p>Con base en esta definición, plantean que la gestión tecnológica ambiental “es aquella que fortalece el desempeño ambiental del cliente mediante el <i>humanware</i> y el <i>software</i>, y tiene como objetivo fundamental el logro de una mejor vinculación consultora-empresa-sociedad en función de la sostenibilidad”; dichos autores señalan que este tipo de gestión responde a la garantía de la sostenibilidad sobre la base de herramientas, métodos y modelos capaces de perpetuar y auditar el modelo tecnológico ambiental. Si bien es relevante que se incorpore el tema de la sustentabilidad en la definición de administración de tecnología, se considera que se hace de manera limitada, pues se dejan de lado los aspectos sociales.</p> <p>Ochoa <i>et al</i> (2007) establecen que la iniciación de un plan tecnológico conlleva las siguientes acciones o pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventariar</li> <li>• Vigilar</li> <li>• Evaluar</li> <li>• Enriquecer</li> <li>• Asimilar</li> <li>• Proteger</li> </ul>					
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--

Fuente: elaborado con base en los autores presentados en cada una de las definiciones presentadas en la tabla.

Se puede observar en la tabla 2.3 que algunos modelos se denominan de administración tecnológica, otros de administración de tecnología o bien de gestión tecnológica. Asimismo, se observa que todos los modelos se relacionan con los procesos y actividades referentes a la tecnología y la innovación; aun cuando dichos modelos contemplan diferentes fases y actividades, pueden encontrarse similitudes y diferencias.

Cabe destacar que, en términos generales, los modelos analizados contemplan la incorporación de la tecnología en sus procesos como un medio para alcanzar mayor competitividad en el mercado, dándole mayor énfasis a la adquisición de tecnología



y no a los desarrollos tecnológicos que han sido muy importantes en algunas industrias como la automotriz, la aeroespacial y la de electrodomésticos.

La visión de largo plazo y la sustentabilidad son características que dan soporte a la toma de decisiones sobre los procesos de planeación, implementación y evaluación de los recursos tecnológicos de las organizaciones, las cuales permiten establecer acciones y estrategias adecuadas a un paradigma sustentable (contemplando las dimensiones: ambiental, social y económica). Asimismo, se resalta que en el caso de los modelos de Premio Nacional de Tecnología (2010); Medellín (2010), Probert, et. al. (2011); Dundar, et. al. (2008); Roberts (1996); National Research Council (1987); Modelo Temaguide (COTEC,1999a); e Hidalgo (1999), aun cuando se contempla la perspectiva a largo plazo en relación a la planeación de las estrategias tecnológicas de las organizaciones y la integración de éstas en otras áreas de la organización, como por ejemplo las áreas de mercadotecnia, administración y fabricación con el área de I + D, no se tiene una visión explícita de futuro, limitándose a ser sólo una estrategia tecnológica más que permita asimilar el uso de la tecnología.

Asimismo, se concluye que dichos modelos prestan muy poca atención a la fase de evaluación de la tecnología, con excepción de los de Hidalgo (1999), Hidalgo *et al* (2002) y Ochoa *et al* (2007); estos últimos autores incorporan la dimensión ambiental en su definición de gestión de tecnología, lo cual se considera importante, pero no tienen un enfoque de sustentabilidad.

Otro aspecto que merece la pena destacar es que los modelos descritos no señalan la importancia del ciclo de vida del producto y de la cadena de valor; se considera que estos aspectos son fundamentales para una administración eficiente y eficaz de la tecnología.

## **2.6 Propuesta de una definición de administración de tecnología con perspectiva sustentable**

Retomando las definiciones y conceptos más relevantes de tecnología, administración de tecnología y de los diferentes modelos analizados en este capítulo,



se propone una definición de administración de tecnología con perspectiva sustentable, considerando sus implicaciones tanto teóricas como prácticas:

La administración de tecnología con perspectiva sustentable es un proceso de formulación, implementación y evaluación de los principios, estrategias y actividades relacionados con el manejo de los recursos tecnológicos de una organización; dicho proceso debe contemplar en cada una de sus etapas estrategias sustentables que establezcan lineamientos y acciones necesarias para que la toma de decisiones sobre el uso y/o desarrollo de la tecnología garantice el desarrollo sustentable dentro de la organización.

La administración de tecnología con perspectiva sustentable tiene como objeto de estudio:

- a) Explicar el proceso de formulación, implementación y evaluación de las decisiones y acciones relacionadas con los recursos tecnológicos y su contribución para la generación de valor económico, ambiental y social en los niveles individual, organizacional y de la sociedad.
- b) Explicar de qué manera se incorpora la perspectiva sustentable en los procesos de planeación, implementación, control y evaluación de los recursos tecnológicos de las empresas, así como identificar, eliminar y/o reducir sus impactos negativos en la sustentabilidad en sus tres aspectos: económico, social y ambiental.

El proceso de la ATpS debe incluir desde su concepción una estructura operacional basada en una administración del ciclo de vida de los productos y debe contemplar la metodología del análisis del ciclo de vida para definir los alcances y limitaciones que tendrá el proceso dentro de la organización; esto con el fin de contribuir a la generación de valor económico, ambiental y social en tres niveles: individual, organizacional y social.

La definición es una aportación teórica, que contempla no sólo el uso y adquisición de la tecnología para la generación de valor, sino también resalta la importancia de



administrar los recursos de alta tecnología con una perspectiva sustentable para que se tomen las decisiones que contribuyan al desarrollo sustentable.

La función principal de la ATpS es identificar los factores críticos y/o las oportunidades de afrontar un cambio tecnológico vinculado con la investigación, desarrollo e innovación en las tres esferas de la sustentabilidad (económico, ambiental y social), para garantizar que: el uso de los recursos renovables y no renovables sea moderado; que la disposición de los desechos generados tenga una adecuada gestión; que el daño ambiental sea monitoreado y controlado para que sea mínimo; así, la ATpS contribuirá a que las generaciones futuras puedan contar con las capacidad de satisfacer sus propias necesidades.

Con base en la definición anterior, se presenta en el capítulo 5 la propuesta de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable para la industria espacial en México, en el cual se describen sus características, así como la manera que su aplicación contribuye: a la generación de valor económico de los inversionistas y otras partes interesadas; a la satisfacción de las necesidades sociales de las generaciones presentes y futuras; y al cuidado del medio ambiente espacial, en particular el producido por los desechos sólidos derivados de las misiones espaciales.



# Capítulo 3

---



## **CAPÍTULO 3. ORGANISMOS REGULADORES Y NORMATIVOS DE LA INDUSTRIA ESPACIAL Y SU RELACIÓN CON LA SUSTENTABILIDAD**

### **3.1 La problemática de la sustentabilidad en el espacio**

Desde mediados del siglo XX, se ha tenido la preocupación de generar conocimiento de los problemas en el ambiente y resaltar su impacto como problema económico y social. Hoy en día, la contaminación es una de las mayores preocupaciones a nivel global. Los problemas ambientales no sólo se presentan en agua, tierra y aire, sino también en el espacio, siendo uno de sus principales problemas los desechos sólidos generados por las exploraciones espaciales. El impacto ambiental, provocado por la producción de desechos sólidos en el espacio, se debe a diferentes factores como: consumo de recursos, tecnologías insuficientes, prácticas administrativas inadecuadas, desarrollo económico y políticas de regulación ignoradas. Por ello, la evaluación del impacto ambiental ha despertado la conciencia de promover soluciones ambientales en el desarrollo tecnológico espacial.

La Oficina de Asuntos del Espacio Exterior de las Naciones Unidas define los desechos sólidos espaciales como: "Cualquier objeto hecho por el hombre identificado o no, incluidos sus fragmentos y sus piezas, que se encuentran en las órbitas de la Tierra o que reingresan a las capas densas de la atmósfera que ya no son funcionales y que no tienen ninguna expectativa razonable de ser capaces de asumir o reasumir funciones previstas o de otra índole" (United Nations, 2010:1).

A finales de los años cincuenta del siglo pasado la idea de contaminar el espacio con algunos cohetes y satélites no parecía ser un problema, menos una amenaza; pero hoy en día, el asunto ha tomado un carácter internacional y está latente la preocupación de cómo reducir la basura espacial. Tras más de medio siglo de exploración espacial, millones de trozos de metal, plástico y vidrio están girando alrededor de la Tierra, los cuales son la basura sobrante de más de 4000 lanzamientos. El principal efecto que genera la basura espacial son los choques con otros satélites afectando su superficie, los subsistemas que lo integran y los modos de operación de éstos. La contaminación rodea a la Tierra en todos sus planos y a alturas diferentes, incluyendo las órbitas bajas y altas. La órbita baja, ubicada a 800



km de altitud de la Tierra, es de suma importancia para las constelaciones de satélites, contiene casi el 85% de los desechos sólidos, los cuales han comenzado a restringir las actividades espaciales en órbita e incluso a limitar el acceso al exterior. Las órbitas de la tierra están llenas de partículas extremadamente pequeñas, algunas incluso menores a un milímetro, que podrían causar un daño significativo en las naves en operación, saturación de las órbitas, lo cual impide que los satélites activos tengan una adecuada circulación en la órbita seleccionada. Los desechos espaciales se componen de objetos tan variados como: grandes restos de cohetes o componentes de ellos, satélites viejos, explosiones, polvo o pequeñas partículas de pintura; así como, cometas, meteoros, cometas, etc. (NASA, 2012).

Los mayores productores de basura espacial a nivel mundial son: Rusia (37%), Estados Unidos de América (30%), China (23%), y Francia, Japón e India (5%). Hugh Lewis, profesor de ingeniería aeroespacial de la Universidad de Southampton, Inglaterra, predijo que los peligros de la basura espacial se incrementarían en un 50% en un periodo de diez años, y que se cuadruplicarían en los siguientes cincuenta años, si no se toman medidas preventivas adecuadas. La *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), toma la contaminación espacial como una amenaza, por lo que ha tomado directrices sobre cómo hacer frente a las colisiones provocadas por los desechos espaciales. Una de estas directrices es asegurar que dentro de las misiones espaciales se incluyan medidas para mitigar la contaminación. Siendo así, la limpieza del espacio es un reto técnico y económico, generadora de nuevas investigaciones que permitan introducir soluciones al problema de los desechos sólidos espaciales. Existen aproximadamente 600,000 artefactos puestos en las tres órbitas terrestres y otras órbitas espaciales, de los cuales: el 5% corresponden a satélites en operación, el 20% a satélites que ya no funcionan, el 25% a desechos relacionados con los lanzamientos (etapas de los cohetes, fragmentos por explosiones, cubiertas protectoras, etc.) y el 50% restante, a pedazos de satélites que han explotado (NASA, 2012).

Cabe destacar que cualquier impacto entre dos artefactos contamina y genera un efecto dominó, creando así más basura que a su vez ocasiona daños adicionales a otros objetos en operación. Sanmartín y Sánchez (s/f) señalan que en colisiones con





una velocidad relativa de hasta dos veces la velocidad orbital (56,000 Km/hora), el impacto de un gramo equivale a la explosión de 64 gramos de trinitrotolueno (TNT); asimismo mencionan que el impacto de uno de los aproximadamente 200 millones de desechos espaciales de un milímetro de diámetro que se encuentran en órbita, puede dañar los subsistemas de los satélites; que residuos de un centímetro (aproximadamente 750,000 en órbita) pueden inutilizar un satélite y que los de diez centímetros pueden fragmentar un satélite en una catastrófica nube de basura en órbita.

Dichos autores reportan colisiones catastróficas: en 2007, un disparo de prueba de un misil chino impactó en Fengyung-iC, a un satélite chino a 860 Km. de altura, produciendo 1.5 toneladas de peligrosa “metralla” consistente en 3000 fragmentos mayores que 10 cm. y más de 100,000 fragmentos no catalogables menores de un centímetro; en 2009, el satélite ruso ya no operativo Cosmos 225 chocó con el satélite 33 en operación perteneciente a la constelación de comunicaciones norteamericana con resultados similares a los ocasionados por el misil chino ya comentado.

Estos casos, destacan los autores anteriormente citados, reflejan la imperiosa necesidad de medidas de prevención y mitigación de desechos espaciales, y en particular se refieren a diseñar misiones espaciales con mínimo desprendimiento de subsistemas operativos, desorbitado inmediato de etapas superiores (cuerpos de cohete) de los lanzadores, así como desorbitado del satélite al final de su vida útil.

Todos los satélites artificiales están asignados a una órbita específica asignada por la altura respecto a la superficie de la Tierra y a características específicas como su trayectoria, plano orbital y la forma de la órbita. Las orbitas terrestres se clasifican según su altura con respecto a la Tierra en: órbita terrestre baja, llamada órbita LEO (*Low Earth Orbit*); órbita terrestre media, llamada órbita MEO (*Medium Earth Orbit*); órbita geoestacionaria terrestre, llamada órbita GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*) y órbitas elípticas. La órbita baja terrestre (LEO), es de suma importancia para las constelaciones de satélites, contienen casi el 85% de los desechos sólidos, los



cuales han comenzado a restringir las actividades espaciales en órbita e incluso a limitar el acceso al exterior (NASA, 2012).

La órbita se selecciona de acuerdo a la misión que se requiere, ya sea para las observaciones meteorológicas, investigación científica, apoyo militar, navegación, imágenes terrestres y comunicaciones. Según la NASA (2012) existen características específicas en cada órbita, dando así ventajas y desventajas del uso de ellas en las diferentes misiones, las cuales se describen a continuación.

- Órbitas LEO
  - Los servicios que proporcionan son: comunicaciones móviles, investigación espacial, vigilancia, meteorología, etc. (Algunos ejemplos: de observación astronómica es el telescopio HUBBLE (600 km), de observación terrestre para el seguimiento atmosférico el satélite NOAA (840 km) y para rescate y vigilancia el satélite Landsat (705 km) y el satélite SPOT (822 km)).
  - Ventajas:
    - Cobertura Global. Constelaciones de satélites.
    - Se generan menos pérdidas de información.
    - Los sistemas satelitales son pequeños
    - El retardo de la información es mínimo, aproximadamente menores a 10 minutos.
    - Permite determinación del posicionamiento
    - Tiene un uso eficiente del espectro.
  - Desventajas:
    - Se requieren grandes constelaciones de satélites para tener una cobertura global.
    - Requiere un gran número de estaciones terrenas, para su monitoreo.
    - Tienen que ser reemplazados más a menudo que los satélites en MEO y GEO.



- Por la necesidad de reemplazos frecuentes y el número de estaciones terrenas los costos de sistemas LEO son superiores a los de MEO y GEO
  - Complejidad en la arquitectura de la red.
  - Existencia de fenómenos naturales, eclipses.
  - Poco tiempo de “visibilidad” con el usuario.
  - Es la órbita que contiene la mayor cantidad de basura.
  - Su instalación es lenta y difícil de reemplazar.
- Órbitas MEO
    - Los servicios que proporcionan son: comunicaciones móviles, gestión de flotas, navegación, etc. (Ejemplos para navegación son las constelaciones: GPS, Glonass, Galileo y el satélite GIOVE-A(23 260 Km))
    - Ventajas:
      - Cobertura global. constelaciones de satélites.
      - Se generan menos pérdidas de información que en la órbita GEO.
      - El retardo de la información es medio, aproximadamente menores a 100 minutos.
      - Tiene un uso eficiente del espectro.
      - Mayor visibilidad, tiempo aproximado de 90 minutos.
    - Desventajas:
      - Se requieren grandes constelaciones de satélites para tener una cobertura global.
      - La señal que emite es variable, como en LEO.
      - Complejidad en la arquitectura de la red.
      - Existencia de fenómenos naturales, eclipses.
      - Basura espacial.
  - Órbitas GEO
    - Servicios: radiodifusión y enlaces de contribución, comunicación de flotas, comunicaciones móviles, meteorología, etc. (Ejemplos: Hispasat, Inmarsat, Intelsat, Eutelsat, SES Astra, Thuraya)



- Ventajas:
  - Se requieren constelaciones pequeñas y pocas estaciones terrenas.
  - Es la que mayor estabilidad de señal presenta y las interferencias son predecibles y confiables.
  - Cobertura de las zonas pobladas.
- Desventajas:
  - No cubre las zonas polares.
  - Existen pérdidas en los enlaces de comunicación.
  - El costo de lanzamiento es alto.
  - Tiene un bajo ángulo de inclinación.
  - Los satélites que requieren esta órbita son de gran tamaño y de tecnología compleja.
  - Demoras en la comunicación.

Hoy en día la industria espacial tiene una gran preocupación de mantener el acceso al espacio de forma sustentable para las próximas décadas, esto debido a la gran cantidad de escombros que se encuentran depositados en las órbitas terrestres y los riesgos de provocar colisiones con misiones activas, como ya se ha mencionado. El problema se vuelve complicado debido a que los desechos no se distribuyen de manera uniforme en todo el espacio; de hecho, se mueven en las regiones más comunes de lanzamiento, en particular en las regiones LEO y GEO.

Una de las medidas, que hoy en día se llevan a cabo, es el rastreo de los objetos y su catalogación para saber su posición, tamaño, velocidad y posibles daños que causarían. Pero en la realidad existen gran cantidad de objetos que no pueden ser rastreados debido a su tamaño, ya que se requiere que éste sea mayor a la amplitud y rango del dispositivo utilizado para rastrearlo.

Según señalan Andrenucci, *et al* (2011), en el informe final de la Agencia Espacial Europea (ESA) sobre la eliminación activa de desechos espaciales se reporta que éstos se clasifican según su tamaño en;

- Pequeños → menores a 5 mm.



- Medianos → entre 5 mm. y 10 cm.
- Grandes → mayores a 10 cm.

A continuación, se presenta en el cuadro 3.1 el número de objetos aproximados según su tamaño y su peligrosidad, así como si son o no rastreables.

**Cuadro 3.1**  
**Número de desechos en el espacio, su tamaño y peligrosidad**

Tamaño	Número en órbita	Rastreable	Daño en las naves espaciales	Produce fragmentos letales después del impacto
Pequeños	Millones	No	Mínimo	No
Medianos	~ 500,000 en LEO	No	Potencialmente	En ocasiones
Grandes	~ 21, 000	Yes	Siempre	Si

Fuente: Andrenucci, M., Pergola, P. y Ruggiero, A. (2011). *Active Removal of Space Debris: Expanding foam application for active, debris removal: Final Report*. European Space Agency, p. 9 Disponible en [http://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ARI/ARI%20Study%20Report/ACT-RPT-MAD-ARI-10-6411-Pisa-Active\\_Removal\\_of\\_Space\\_Debris-Foam.pdf](http://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ARI/ARI%20Study%20Report/ACT-RPT-MAD-ARI-10-6411-Pisa-Active_Removal_of_Space_Debris-Foam.pdf).

Según los autores mencionados, la remoción de basura espacial debe abordarse según la cantidad de escombros, su tamaño, forma y tipo; con base en ello existen tres diferentes estrategias para su remoción:

- Uno a uno: esta estrategia se debe desarrollar, fabricar y poner en marcha por cada escombros, independientemente de su tamaño, únicamente para sacarlo de órbita.
- Uno a muchos: la estrategia debe de ser autónoma y capaz de atacar varios escombros.
- Uno a cualquiera: la elección afecta a cualquier objeto en la órbita determinada y se basa en factores físicos y estrategias de salida incontrolables.

Para eliminar objetos en el rango de tamaño de 5 mm a 10 cm, hay dos opciones en estudio: láseres lanzados desde tierra y medios de recolección en órbita. Para estas opciones, la "limpieza" se basa en una representación estadística del entorno de los



desechos ya que éstos actúan sobre una población no catalogada. Por ello, el costo de la eliminación de los desechos está directamente relacionado con la capacidad de realizar el rastreo de los objetos en órbita.

La contaminación espacial es ya un riesgo, por lo que se deben tomar medidas necesarias para la reducción de desechos sólidos. Actualmente la limpieza de las órbitas es técnica y económicamente imposible, por lo cual es necesario adoptar medidas para elaborar y aplicar metodologías que permitan definir los requisitos mínimos necesarios de las misiones espaciales para prevenir y mitigar la contaminación orbital.

La administración eficaz del espacio orbital puede contribuir: a la mejor utilización de la tecnología satelital para la observación de sistemas planetarios; al uso más eficiente de la órbita GEO para satélites de comunicación y su puesta en órbita; a reducir el aumento considerable de los desechos que se podrían ocasionar por el ensayo de armas (UN, 1987).

Así, se considera que una solución factible es adoptar modelos sustentables de administración de tecnología que permitan incorporar a las misiones espaciales de manera integral, estrategias, instrumentos y acciones que contribuyan a la prevención y mitigación de desechos sólidos en el espacio.

### **3.2 Organismos y agencias espaciales internacionales y su relación con la sustentabilidad**

En este apartado se presenta un panorama internacional de los esfuerzos que realizan diferentes organismos y agencias espaciales para coadyuvar a la sustentabilidad espacial y en particular para mitigar y prevenir los daños producidos por los desechos sólidos en las órbitas terrestres, los cuales constituyen la principal amenaza para la economía espacial y las exploraciones científicas. Para ello, se presenta la estructura que rige las actividades espaciales junto con los diferentes organismos internacionales responsables de establecer la normatividad relativa a las actividades espaciales y a la protección del espacio ultraterrestre.



### 3.2.1 Comité sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS)

La estructura que rige las actividades espaciales está conformada por diferentes organizaciones internacionales y agencias espaciales estatales, las cuales están coordinadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la cual integró el Comité sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS, por sus siglas en inglés *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*), el cual es el principal foro internacional para el desarrollo de leyes y principios que rigen las actividades espaciales. Dentro de las actividades relacionadas con la seguridad en el espacio y la sustentabilidad, la COPUOS establece las directrices para la reducción de desechos espaciales y está conformada por dos subcomités (Martinez, 2013):

- Subcomité de Asuntos Jurídicos (LSC, por sus siglas en inglés): responsable de verificar el estado de las aplicaciones de los tratados internacionales de la ONU; de la revisión de los principios referentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio; de la creación de las capacidades en materia de derecho espacial y de la legislación nacional sobre la utilización pacífica del espacio;
- Subcomité de Asuntos Científicos y Técnicos (STSC, por sus siglas en inglés): es responsable del uso de la órbita GEO, del clima espacial, del uso de fuentes de energía nuclear en el espacio, de los desechos espaciales y de la sustentabilidad a largo plazo.
- Cabe mencionar que las directrices cualitativas que emite COPUOS se basan en el contenido técnico y las definiciones básicas elaboradas por el Comité Interinstitucional de Coordinación en Materia de Desechos Espaciales (IADC, por sus siglas en inglés de *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee*). COPUOS ha establecido, dentro de las directrices del uso y disposición del espacio exterior, la incorporación de procesos sustentables que permitan proteger las actividades espaciales para nuevas generaciones a cargo del STSC y tiene como objetivos examinar y promover medidas para garantizar el uso seguro y sustentable



del espacio con fines pacíficos en beneficio de todos los países. El STSC está presidido por Peter Martinez (Sudáfrica) y tiene una organización dividida en cuatro grupos de trabajo, uno de los cuales tiene como copresidentes a Enrique Pacheco Cabrera de México y a Felipe Duarte Santos de Portugal.

Según COPUOS (2016), los satélites pequeños a menudo habían sido el primer paso de un país hacia el espacio ultraterrestre y tenían el potencial de atender la demanda cada vez mayor de actividades espaciales en beneficio de numerosos países y regiones; asimismo, se convirtieron en importantes instrumentos para que muchos países en desarrollo y sus organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (incluidas universidades, institutos de investigación y educación y el sector privado), se sumaran a la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos y se convirtieran en creadores de tecnología espacial. Dicho organismo también señaló que los avances tecnológicos habían hecho que el desarrollo, el lanzamiento y la explotación de satélites pequeños fueran cada vez más asequibles, y reconoció además que esos satélites podían contribuir en gran medida a diversas esferas, como la educación, las telecomunicaciones y la mitigación de los desastres, así como a los ensayos y la demostración de tecnologías nuevas.

Es importante destacar que COPUOS (2016) también señaló que el número cada vez mayor de satélites pequeños podría tener efectos a largo plazo en las actividades en el espacio ultraterrestre, los cuales implicaban retos en relación con el control, la capacidad de efectuar maniobras y la producción de desechos espaciales; por lo anterior, mencionó la necesidad de tener en cuenta disposiciones específicas relativas a la vida útil, las interferencias, el registro y las estrategias para el final de la vida útil de los satélites, de conformidad con las normas internacionales que rigen la utilización del espacio ultraterrestre. Asimismo, estableció que todos los tratados y principios de la ONU relativos al espacio ultraterrestre son aplicables a los satélites pequeños, incluyendo las directrices para la reducción de desechos espaciales que son de carácter voluntario (COPUOS, 2016).





### **3.2.1.1 Definición de la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre, según COPUOS**

La COPUOS (2015) define la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre como “la realización de actividades espaciales de un modo en que se equilibren los objetivos del acceso a la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre por todos los Estados y entidades gubernamentales y no gubernamentales, únicamente para fines pacíficos, con la necesidad de preservar y proteger el medio espacial, de manera tal que se tengan en cuenta las necesidades de las generaciones futuras”. Asimismo, señaló que dicha sostenibilidad debe entenderse como una estrategia para lograr un equilibrio entre las necesidades de los Estados, las organizaciones intergubernamentales y la comunidad internacional para uso intensivo del espacio ultraterrestre, así como para desarrollar las capacidades de estos actores de mantener éste en condiciones de usarse de manera operacionalmente segura, estable y sin conflictos.

### **3.2.1.2 Directrices de COPUOS relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre**

En el conjunto de directrices voluntarias que establece COPUOS (2015) se definen los criterios y las prácticas fundamentales de alcance nacional e internacional para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre, estableciendo que en su aplicación no se deben soslayar ni transgredir los principios y las normas del derecho internacional y se deben incluir: a) los aspectos ambientales (como el aumento de la seguridad de las operaciones espaciales y la protección del medio espacial; b) aspectos económicos (como la razonabilidad de las consecuencias financieras) y c) los aspectos sociales (como las necesidades sociales e intereses de los países desarrollados y en desarrollo).

Dichas directrices crean un marco regulador eficaz para encontrar maneras prácticas de lograr una organización más racional de las actividades espaciales para que se realicen aprovechando los mecanismos existentes y creando otros nuevos que desarrollen el potencial del espacio y contribuyan a la seguridad de las actividades que en él se realizan, así como a reducir al mínimo los daños graves al medio



espacial y si fuera posible evitarlos totalmente. Asimismo, se enfatiza que los Estados y las organizaciones intergubernamentales internacionales deben evitar actos, prácticas, medios y métodos que, deliberadamente o no, pudieran afectar o dañar los bienes que se encuentren en el espacio ultraterrestre e interferir en la aplicación efectiva de estas directrices.

Las directrices de COPUOS se agrupan en categorías para facilitar su ejecución por parte de distintas entidades espaciales gubernamentales y no gubernamentales:

- I. Marco normativo y de política para las actividades espaciales.
- II. Seguridad de las operaciones espaciales.
- III. Cooperación internacional, creación de capacidad y concientización.
- IV. Investigación y desarrollo científico y técnico.
- V. Ejecución y actualización.

A continuación, se enlistan las más recientes directrices de COPUOS (2015), las cuales recuperaron directrices anteriores, agrupadas en las cinco categorías mencionadas:

### **I. Marco normativo y de política para las actividades espaciales**

**Directriz 1** [anteriores directrices 9 + 12]. Aprobar, revisar y modificar, según sea necesario, los marcos reguladores nacionales para las actividades en el espacio ultraterrestre.

**Directriz 2** [anteriores directrices 10 + 11 + 13 + 22 + 23]. Tener en cuenta una serie de elementos al elaborar, revisar o modificar, según sea necesario, los marcos reguladores para las actividades en el espacio ultraterrestre.

**Directriz 3** [anteriores directrices 14 + 32 + 33]. Supervisión de las actividades espaciales nacionales.



**Directriz 4** [antigua directriz 4]. Garantizar el uso equitativo, racional y eficiente del espectro de radiofrecuencias y de las diversas regiones orbitales utilizadas por los satélites.

**Directriz 5** [anterior directriz 6]. Proporcionar información sobre el registro de objetos espaciales.

**Directriz 6** [anterior directriz 40]. Mejorar la práctica del registro de objetos espaciales.

**Directriz 7** [anterior directriz 38]. Compromiso, en los marcos jurídicos o de política nacionales, de realizar actividades espaciales únicamente con fines pacíficos.

**Directriz 8** [anterior directriz 39]. Aplicar autolimitaciones operacionales y tecnológicas para impedir efectos adversos en el espacio ultraterrestre.

**Directriz 9** [anterior directriz 43]. Aplicar una política encaminada a evitar la interferencia en el funcionamiento de objetos espaciales extranjeros mediante el acceso no autorizado a su hardware y software de a bordo

**Directriz 10** [anterior directriz 42]. Abstenerse de modificar intencionadamente el medio espacial natural.

## **II. Seguridad de las operaciones espaciales**

**Directriz 11** [anterior directriz 20]. Proporcionar información de contacto y elaborar procedimientos para el intercambio de información sobre objetos espaciales y fenómenos orbitales.

**Directriz 12** [anteriores directrices 24 + 26]. Mejorar la exactitud de los datos orbitales de objetos espaciales y mejorar la práctica y la utilidad de compartir información orbital sobre objetos espaciales.



**Directriz 13** [anterior directriz 21]. Promover la reunión, el intercambio y la difusión de información de vigilancia sobre los desechos espaciales y la cooperación científica internacional en esa esfera.

**Directriz 14** [anterior directriz 25]. Efectuar evaluaciones de conjunciones durante todas las fases orbitales de un vuelo controlado.

**Directriz 15** [anterior directriz 41]. Elaborar enfoques prácticos para la evaluación previa al lanzamiento de posibles conjunciones de objetos espaciales lanzados recientemente con objetos espaciales ya presentes en el espacio cercano a la Tierra.

**Directriz 16** [anteriores directrices 27 + 29]. Compartir datos y pronósticos operacionales sobre el clima espacial.

**Directriz 17** [anteriores directrices 28 + 30]. Elaborar modelos e instrumentos relativos al clima espacial y reunir prácticas establecidas sobre la mitigación de los efectos del clima espacial.

**Directriz 18** [anterior directriz 35]. Respetar la seguridad de las infraestructuras extranjeras terrestres y de información relacionadas con el espacio.

**Directriz 19** [anterior directriz 37]. Garantizar la inocuidad y la seguridad de la infraestructura terrestre que presta apoyo al funcionamiento de los sistemas orbitales.

**Directriz 20** [anterior directriz 34]. Elaborar y aplicar criterios y procedimientos para preparar y realizar actividades de la eliminación activa de objetos espaciales de su órbita.

**Directriz 21** [anterior directriz 44]. Establecer procedimientos y requisitos para realizar en condiciones de seguridad, en casos extremos, operaciones que culminen en la destrucción de objetos espaciales en órbita.



**Directriz 22** [anterior directriz 45]. Elaborar criterios y procedimientos para la retirada activa de objetos espaciales y, en circunstancias excepcionales, para la destrucción intencional de objetos espaciales, específicamente tal como se aplicarían a objetos no registrados.

### **III. Cooperación internacional, creación de capacidad y concientización**

**Directriz 23** [anteriores directrices 16 + 18]. Promover y facilitar la cooperación internacional en apoyo de la sostenibilidad a largo plazo de las actividades espaciales.

**Directriz 24** [anteriores directrices 1 + 2]. Compartir la experiencia relacionada con la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre y mejorar los procedimientos existentes o elaborar procedimientos nuevos, para compartir los intercambios de información.

**Directriz 25** [anteriores directrices 17 + 19 + 31]. Fomentar y apoyar la creación de capacidad.

**Directriz 26** [anteriores directrices 7 + 8 + 15]. Concientizar acerca de las actividades espaciales.

### **IV. Investigación y desarrollo científicos y técnicos**

**Directriz 27** [anteriores directrices 3 + 5]. Promover y respaldar la investigación y el desarrollo de formas de apoyar la exploración y utilización sostenibles del espacio ultraterrestre.

**Directriz 28** [antigua directriz 36]. Investigar y estudiar nuevas medidas para gestionar la población de desechos espaciales a largo plazo.

### **V. Ejecución y actualización**

**Directriz 29** [anterior directriz 46]. Establecer marcos normativos y organizativos para garantizar la aplicación eficaz y sostenida de las directrices y su examen y perfeccionamiento posteriores.



### 3.2.1.3 Reflexión analítica sobre las directrices de COPUOS relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre

- 1) Se considera muy relevante y fundamental el trabajo realizado por la COPUOS para establecer las directrices mencionadas para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre, y en particular para reducir al mínimo los daños graves al medio espacial y si fuera posible evitarlos totalmente. Como ya se mencionó en este capítulo, los desechos espaciales constituyen ya un riesgo para las actividades espaciales y para la población en caso de que caigan objetos grandes en la superficie terrestre; **sin embargo, es de lamentar que no se hubieran emitido dichas directrices desde que se iniciaron las primeras misiones espaciales, pues se hubieran podido disminuir los riesgos que actualmente representan los desechos sólidos en el espacio.**
- 2) Todas estas directrices son muy importantes para la sustentabilidad espacial, por lo que serán consideradas en la propuesta del modelo que se presenta en este trabajo; no obstante, se hará énfasis en las relativas a la administración. **De las directrices 1 y 2, se deriva la necesidad de revisar y modificar en su caso los marcos reguladores nacionales para las actividades en el espacio ultraterrestre**, por lo que a continuación se revisan los fundamentos jurídicos y el marco normativo de la Agencia Espacial Mexicana (AEM), para ver de qué manera se incluyen estas directrices para garantizar la sostenibilidad espacial y en particular las relativas a desechos espaciales **(directrices 13, 20, 21 y 22 y 29).**
- 3) Tal y como señala la **directriz 7, es muy importante señalar desde la visión y misión de la AEM, así como en sus políticas, estrategias y acciones que las actividades espaciales se realizarán únicamente con fines pacíficos.**
- 4) **La directriz 8** es muy relevante para este trabajo, ya que destaca la importancia de la **tecnología y de las operaciones para impedir**



**efectos adversos en el espacio ultraterrestre, así como preservar el medio espacial natural (directriz 10).**

- 5) **En lo que respecta a la directriz 19, cabe destacar la importancia de una administración sustentable** que contribuya al funcionamiento eficaz de la infraestructura terrestre para apoyar las misiones espaciales; cabe señalar que, dada la amplitud de este tema, se sugiere para futuras investigaciones.
- 6) **En relación a las directrices 23, 24, 25 y 26 relativas a la cooperación internacional, creación de capacidad y concientización,** se considera fundamental para su implementación el fortalecimiento de la vinculación universidad-industria espacial-gobierno; en este trabajo se concluye que es necesario que los académicos de las disciplinas administrativas pongan especial atención a la industria espacial, como ya lo hacen en otros sectores, con el propósito de plantear propuestas que contribuyan a una administración sustentable de las agencias espaciales y de las empresas que participan en este sector.

### **3.2.2 Comité Interinstitucional de Coordinación en Materia de Desechos Espaciales (IADC)**

El Comité Interinstitucional de Coordinación en Materia de Desechos Espaciales

(IADC, por sus siglas en inglés, *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee*) es un foro gubernamental internacional para la coordinación mundial de las actividades relacionadas con los residuos en el espacio. Los propósitos principales de la IADC son: intercambio de información sobre las actividades de investigación sobre desechos espaciales entre las agencias espaciales que lo conforman; facilitar las oportunidades de cooperación en la investigación de los desechos espaciales; revisar el progreso de las actividades de cooperación en curso; e identificar opciones de reducción de desechos.

La IADC (2011) integra los siguientes elementos: conjunto de principios generales, regulaciones nacionales, así como, normas, estándares, códigos y manuales, con el fin de documentar estos elementos referentes a los desechos espaciales.



Actualmente ha aprobado las siguientes directrices: limitar la producción de residuos durante las operaciones de rutina; minimizar potencial de rupturas accidentales en órbita; eliminar las naves espaciales después de la misión, prevenir colisiones en órbita; y prohibir la destrucción intencional de los satélites.

En la figura 3.1 se presenta la manera como se estructuran dichos elementos.

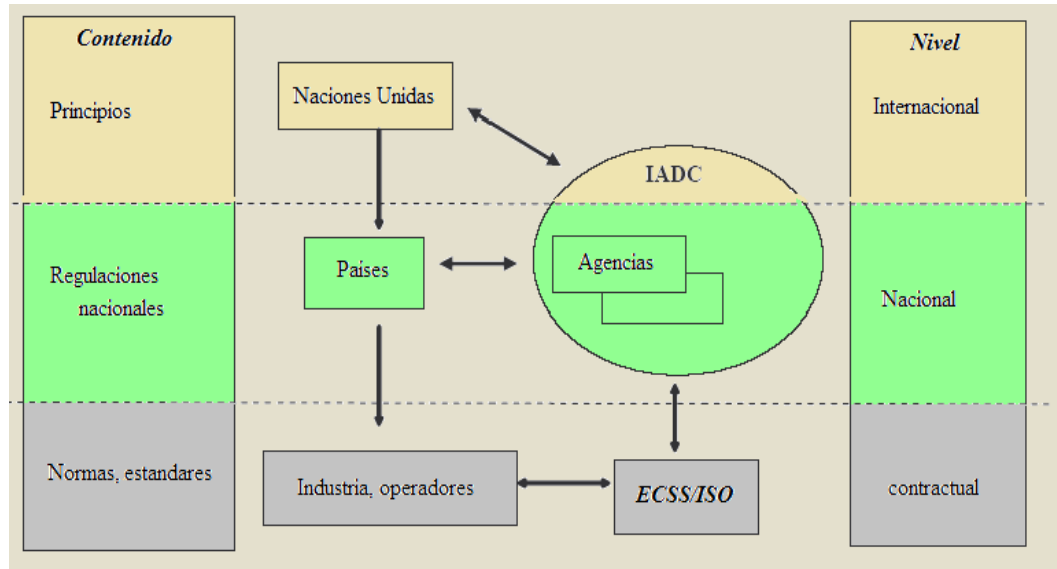
- Los principios generales se definen a nivel internacional y son promovidos por diferentes organizaciones.
- Los reglamentos nacionales se producen a través de las agencias espaciales de cada país, las cuales pueden ser adoptadas con carácter voluntario.
- Las normas y/o estándares se deben de desarrollar a nivel internacional a través de organizaciones como la Cooperación Europea para la Normalización Espacial (ECSS, por sus siglas en inglés, *European Cooperation for Space Standardisation*) y la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés, *International Organization for Standardization*), para garantizar un trato equitativo; actualmente estas normas se encuentran en proceso de desarrollo y se han derivado de las directrices de la IADC.





**Figura 3.1**

**Estructura de la documentación para la reducción de los desechos espaciales**



Fuente: European Space Agency [ESA] (2006). Position Paper Space Debris Mitigation: Implementation Zero Debris Creation Zones. Países Bajos: ESA Publications Division, p. 11 Disponible en: <http://www.esa.int/esapub/sp/sp1301/sp1301.pdf>

Disponible en: La IADC tiene una organización basada en grupos de trabajo, los cuales están divididos en un grupo directivo y cuatro grupos de trabajo específico, clasificados de la siguiente manera: (WG1) mediciones; (WG2) medio ambiente y la generación de bases de datos; (WG3) protección; y (WG4), mitigación. El objetivo de estos grupos de trabajo es generar un nuevo conjunto de directrices sobre mejores prácticas para la consideración del Subcomité de Asuntos Científicos y Técnicos (STSC, del inglés, *Scientific and Technical Subcommittee*) de COPUOS.

Las directrices del comité están enfocadas en la mitigación de los desechos espaciales al principio del ciclo de un sistema espacial y en la documentación de sus medidas de aplicación de un plan de reducción; asimismo, proponen que los sistemas deben ser diseñados de tal manera que durante sus operaciones no se desprendan objetos o de lo contrario se requerirá una evaluación para que la liberación de escombros sea de bajo impacto sobre el medio ambiente orbital y otros usuarios espaciales.



### 3.2.3 Principales agencias espaciales en el nivel internacional

Las agencias espaciales son organismos nacionales e internacionales que tienen como finalidad coordinar los programas espaciales y las actividades de los diversos centros de investigación dedicados a la exploración espacial.

Existen varias agencias espaciales alrededor del mundo, las cuales colaboran en proyectos internacionales como la Estación Espacial. Cada una de ellas establece sus regulaciones y adopta voluntariamente los principios generados por la Organización de Naciones Unidas (ONU) y los estándares que desarrolla la ISO y la iniciativa de la ECSS:

- La ISO desarrolla las normas internacionales que facilitan el intercambio de bienes y servicios, apoya el crecimiento económico sustentable y equitativo y promueve la innovación y la protección del medio ambiente espacial.
- La norma ECSS es una iniciativa creada para desarrollar un conjunto coherente de normas de fácil uso en todas las actividades espaciales europeas y el desarrollo de proyectos y aplicaciones que abordan alguno de los siguientes aspectos: gestión de proyectos, Ingeniería, aseguramiento de los productos y sustentabilidad espacial.

Existen alrededor de 140 agencias espaciales, algunas de ellas se citan a continuación y se muestra en la figura 3.2 un mapeo general de dichas agencias en el mundo.

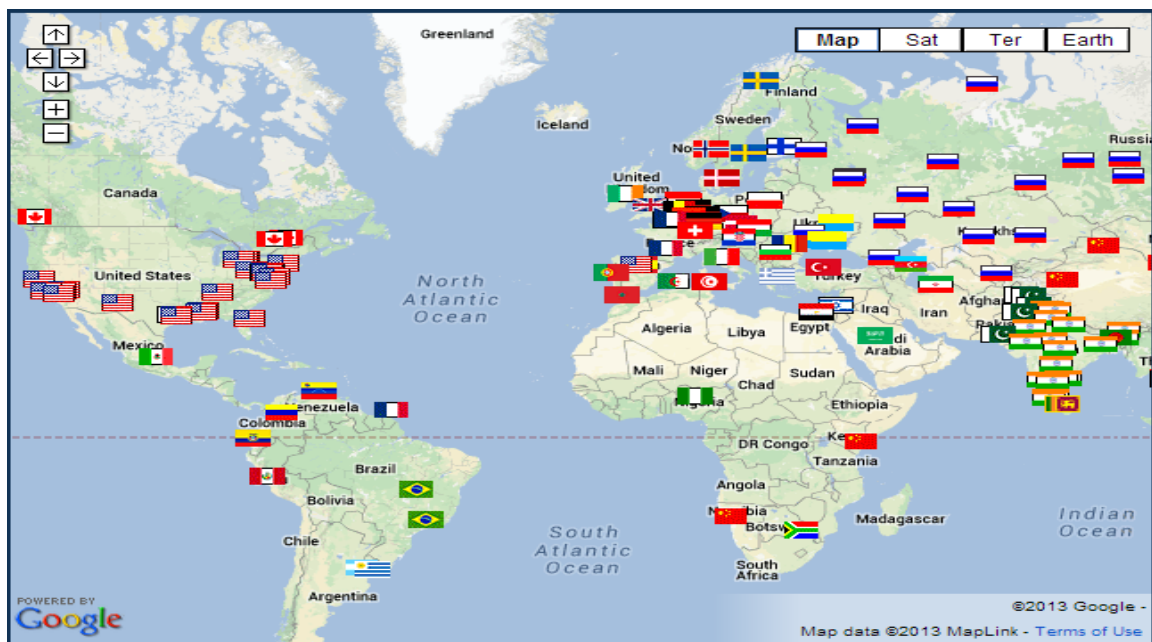
- **ASI** (Agencia Espacial Italiana)
- **CNES** (Centro Nacional Francés de Estudios Espaciales)
- **CNSA** (Administración Nacional Espacial de China)
- **CSA** (Agencia Espacial Canadiense)
- **DLR** (Centro Aeroespacial Alemán)
- **ESA** (Agencia Espacial Europea)
- **ISRO** (Organización de Investigación Espacial de la India)
- **JAXA** (Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón)
- **NASA** (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de EUA)



- **ROSCOSMOS** (Agencia Espacial Federal de Rusia)
- **SSAU** (Agencia Espacial Estatal de Ucrania)
- **UKSA** (Agencia Espacial del Reino Unido)
- **AEM** (Agencia Espacial Mexicana)
- **AEB** (Agencia Espacial Brasileña)
- **UKSA** (Reino Unido Agencia Espacial)
- **DTU** (Instituto Danés de Investigación Espacial)

Figura 3.2

Mapa de distribución de las agencias espaciales en el mundo



Fuente: Pillownaut Web (2013). *Pillow Astronaut* - Map of Worldwide Space Agencies. Disponible en <http://pillownaut.com/spacemap/spacemap.html>

Cabe destacar que la Academia Internacional de Astronáutica (IAA, por sus siglas en inglés), ante la imperiosa necesidad de evitar los riesgos de colisiones en el espacio, ha coordinado un trabajo multidisciplinario para promover la adopción y la aplicación de medidas de reducción de desechos espaciales; para poder llevar a cabo esto, se centra en tres grandes temas: medidas preventivas de residuos, eliminación de desechos existentes y las medidas de protección incluyendo las maniobras para evitar los daños provocados por los escombros.



### 3.3 Agencia Espacial Mexicana (AEM)

El Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 13 de diciembre de 2013, en el cual se incluye a la infraestructura espacial como parte del sector de comunicaciones y transportes. La Secretaría de Comunicaciones y Transporte cuenta con dos organismos descentralizados que regulan las actividades espaciales:

- La Agencia Espacial Mexicana (AEM)
- Telecomunicaciones de México (Telecomm)

Telecomm es un organismo público descentralizado que ofrece servicios modernos, eficaces y seguros para atender las necesidades de comunicación y financieros dirigidos a las personas, privadas y entidades gubernamentales a través del rendimiento de los procesos de calidad, tecnología de punta y precios razonables, como se menciona en su página web. En Telecomm se proporcionan servicios integrales de telecomunicación, telegráficos y financieros para la población, dependencias gubernamentales y empresas en todo el país a través de sucursales telegráficas y una red de telecomunicaciones con cobertura satelital, fibra óptica e informática. El 14 de abril de 2011, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se reforman y adicionan diversos artículos del Decreto de Creación de Telecomm, el cual agrega a los servicios que ya proporcionaba, los siguientes (Hernández, 2016):

- a) Instalar, operar y explotar, estaciones terrenas transmisoras y receptoras, así como sistemas de radiocomunicación satelital;
- b) Ocupar y explotar posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, con sus respectivas bandas de frecuencias y derechos de emisión y recepción de señales;
- c) Usar, aprovechar y explotar, bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico;
- d) Instalar, operar y explotar redes públicas de telecomunicaciones;



- e) Prestar por sí, o por medio de terceros, servicios de telecomunicaciones, y
- f) Comercializar los servicios y capacidad de las redes públicas de telecomunicaciones de concesionarios, así como permitir que éstos y los permisionarios comercialicen los servicios y capacidad adquirida de sus redes públicas de telecomunicaciones.

El 14 de Julio del año 2014 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la nueva Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR) que entró en vigor el 13 de agosto de ese mismo año, en donde las disposiciones más relevantes son las siguientes y pueden ser consultadas en DOF (2014):

1. La LFTR tiene por objeto regular: el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico; las redes públicas de telecomunicaciones; el acceso a infraestructura activa y pasiva; los recursos orbitales; la comunicación vía satélite; la prestación de los servicios públicos de interés general de telecomunicaciones y radiodifusión, y la convergencia entre éstos; los derechos de los usuarios y las audiencias, y el proceso de competencia y libre concurrencia de dichos sectores.

2. El Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) es el encargado de la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del: (I) espectro radioeléctrico; (II) recursos orbitales; (III) servicios satelitales; (IV) redes públicas de telecomunicaciones; (V) acceso a la infraestructura activa y pasiva, y (VI) otros insumos esenciales. Cabe destacar que el IFT es un órgano autónomo con personalidad jurídica, cuyo objeto es el desarrollo eficiente de la radiodifusión y las telecomunicaciones conforme a lo dispuesto en nuestra Constitución y en los términos que fijan las leyes. Regula, promueve y supervisa el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, la infraestructura, las redes y la prestación de los servicios tanto de telecomunicaciones como de radiodifusión y los recursos



orbitales, también es una autoridad en materia de competencia económica en dichos sectores.

3. Por su lado, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (“SCT”) podrá:

(I) emitir opinión técnica no vinculante al IFT para el otorgamiento, prórroga, revocación, autorización de cesiones o cambios de control accionario; (II) garantizar la continuidad de la prestación de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión por causas de terminación por revocación o rescate de concesiones, disolución o quiebra de concesionarios, y (III) planear las políticas de cobertura universal y cobertura social.

4. Se establecen las facultades y funcionamiento del IFT, así como de los siguientes órganos del IFT: el Pleno, el Presidente, los Comisionados, el Secretario Técnico del Pleno, la Autoridad Investigadora, el Consejo Consultivo y la Contraloría Interna.

La Agencia Espacial Mexicana es creada como un organismo público descentralizado del Gobierno Federal según decreto del H. Congreso de la Unión publicado el 30 de julio de 2010 (DOF, 2010), con personalidad jurídica y patrimonio propio y con autonomía técnica y de gestión para el cumplimiento de su objeto, atribuciones y funciones; forma parte del sector coordinado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y su domicilio legal es la Ciudad de México. Su Estatuto Orgánico tiene por objeto establecer las bases de organización, así como las facultades y funciones que correspondan a las distintas áreas que integran a la AEM.

A continuación, se presenta la visión y la misión de la AEM, las cuales se establecieron cuando fue creada (Gobierno Federal, *et al.*, 2012):



## **Visión**

*Que la Agencia Espacial Mexicana sea un elemento clave para que México sea una nación líder en el desarrollo y uso de la ciencia y la tecnología espacial, para el mejoramiento de la calidad de vida de todos los mexicanos.*

## **Misión**

*Transformar a México en un país con actividades científicas y desarrollos tecnológicos espaciales de clase internacional, orientados a la atención de las necesidades sociales, y articulados a programas de industrialización y de servicios en tecnologías de frontera, que contribuyan a incrementar la competitividad del país.*

### **3.3.1 Objeto de la Agencia Espacial Mexicana**

El artículo 2 de la Ley que crea la AEM (DOF, 2010) establece que tendrá como objeto:

- I. Formular y proponer al titular de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes las líneas generales de la Política Espacial de México, así como el Programa Nacional de Actividades Espaciales;*
- II. Ejecutar la Política Espacial de México, a través de la elaboración y aplicación del Programa Nacional de Actividades Espaciales;*
- III. Promover el efectivo desarrollo de actividades espaciales para ampliar las capacidades del país en las ramas educativa, industrial, científica y tecnológica en materia espacial;*
- IV. Desarrollar la capacidad científico-tecnológica del país a través de la articulación de los sectores involucrados en todos los campos de la actividad espacial que hagan posible su actuación en un marco de autonomía nacional en la materia;*
- V. Promover el desarrollo de los sistemas espaciales y los medios, tecnología e infraestructura necesarios para la consolidación y autonomía de este sector en México;*



- VI. *Facilitar la incorporación de los sectores relacionados a esta política y particularmente la participación del sector productivo, a fin de que éste adquiera competitividad en los mercados de bienes y servicios espaciales;*
- VII. *Promover una activa cooperación internacional mediante acuerdos que beneficien a las actividades espaciales y que permitan la integración activa de México a la Comunidad Espacial Internacional;*
- VIII. *Servir como instrumento de la rectoría del Estado en este sector, a fin de fortalecer la soberanía;*
- IX. *Velar por el interés y seguridad nacionales, mediante una estrategia que integre conocimiento científico y tecnológico, eficiencia, experiencia y capacidad de coordinación entre las entidades públicas de la Administración Pública Federal;*
- X. *Garantizar y preservar el interés público y la protección de la población, como fundamentos del desarrollo, seguridad, paz y prevención de problemas de seguridad nacional en México, y*
- XI. *Recibir de las entidades públicas, privadas y sociales, propuestas y observaciones en el área espacial para su estudio y consideración.*

### **3.3.2 Líneas Generales de la Política Espacial de México**

Según el Programa Nacional de Actividades Espaciales 2011-2015 las Líneas Generales de la Política Espacial de México tienen como objeto *traducir el desarrollo científico, tecnológico e industrial aeroespacial del país en nuevos nichos de oportunidad; brindar a México competitividad a nivel internacional en el sector y apoyar la generación de más y mejores empleos. Además, promover la formación de nuevas capacidades en el sector industrial y científico, estimular nuevos espacios para la competitividad y creatividad de los mexicanos, en un escenario enfocado al desarrollo de la innovación como estrategia para afrontar los grandes desafíos nacionales y mundiales* (Gobierno Federal, et al., 2012).





### 3.3.3 Instrumentos de la Política Espacial de México

El artículo 3 de la Ley que crea la AEM establece que los instrumentos de la Política Espacial de México serán:

- I. La selección de alternativas tecnológicas para la solución de problemas nacionales;*
- II. El desarrollo de soluciones propias para problemas específicos;*
- III. La utilización de información y tecnología generada en las áreas espaciales y relacionadas, que sean de interés y para el beneficio de la sociedad mexicana;*
- IV. Negociaciones, acuerdos y tratados internacionales en materias relacionadas con las actividades espaciales;*
- V. Las investigaciones en materia espacial y la formación de recursos humanos de alto nivel, así como la infraestructura necesaria para dicho fin;*
- VI. El reconocimiento de la importancia que, para la economía, la educación, la cultura y la vida social, tiene el desarrollo, apropiación y utilización de los conocimientos científicos y desarrollos tecnológicos asociados a la investigación espacial;*
- VII. El intercambio académico entre instituciones de investigación científica y tecnológica nacionales y extranjeras;*
- VIII. El intercambio científico, tecnológico y de colaboración con otras agencias espaciales;*
- IX. La participación de las empresas mexicanas con la capacidad tecnológica necesaria para proveer de equipos, materiales, insumos y servicios que requieran proyectos propios o de agencias con las que se tengan protocolos de intercambio y colaboración, y*
- X. La adecuación del sector productivo nacional para participar y adquirir competitividad en los mercados de bienes y servicios espaciales.*



### 3.3.4 Programa Nacional de Actividades Espaciales (2011-2015)

La Agencia Espacial Mexicana es responsable de formular, aprobar y evaluar el Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE), el cual contiene programas de investigación científica, estrategias de innovación tecnológica, políticas para el desarrollo de una industria aeroespacial y formación de capital humano altamente calificado. Con el objetivo de implementar las trece líneas generales de la Política Espacial de México, el Programa Nacional de Actividades Espaciales 2011-2015 se estructuró en cinco ejes de actividades estratégicas según se describe en Gobierno Federal, *et al.*, (2012):

1. Formación de capital humano en el campo espacial.
2. Investigación científica y desarrollo tecnológico espacial.
3. Desarrollo industrial, comercial y competitividad en el sector espacial.
4. Asuntos internacionales, normatividad y seguridad en materia espacial.
5. Financiamiento, organización y gestión de la información en materia espacial.

Cada uno de estos ejes se compone de estrategias y líneas de acción, las cuales se describen a continuación:

**Eje 1.** El eje “Formación de capital humano en el campo espacial” se basa en tres estrategias alineadas con los objetivos y Líneas Generales de la Política Espacial de México:

**Estrategia 1.1.** *Contribuir a establecer un programa nacional de desarrollo de capital humano especializado con igualdad de oportunidades que cubra las necesidades actuales del país y con perspectiva a futuro en materia espacial.*

Las líneas de acción para esta estrategia se refieren a: a) promover la elaboración de un diagnóstico de la disponibilidad actual y perspectivas a



futuro del capital humano en materia espacial del país; b) impulsar la vinculación del sector educativo con los sectores gubernamental, industrial, comercial y académico para la generación y adecuación de programas educativos estratégicos en materia espacial que incluyan las tendencias modernas como educación a distancia, investigación, innovación y desarrollo tecnológico; c) promover la participación de redes de expertos en ciencias y tecnologías espaciales para fortalecer la formación de capital humano especializado en las instituciones de educación superior del país y centros de investigación; d) impulsar la difusión entre los jóvenes y la comunidad estudiantil, respecto a la oferta educativa nacional e internacional en materia espacial, los distintos planes de becas que surjan de alianzas estratégicas con instancias nacionales e internacionales, así como las actividades de educación continua, congresos, encuentros científicos, ferias y certámenes de ciencias y tecnologías espaciales.

**Estrategia 1.2.** *Fomentar la vocación en tecnologías y ciencias espaciales en niños y jóvenes y el conocimiento en la población en general de la importancia del espacio, sus usos y aplicaciones.*

Las principales líneas de esta estrategia son: a) contribuir a apoyar y asesorar a las instancias correspondientes en la implementación de museos nacionales, exposiciones y difusión de museos internacionales especializados en ciencias y tecnologías espaciales; b) Promover campañas de difusión, visitas a museos especializados, cursos y actividades en ciencias y tecnologías espaciales en las escuelas de educación básica y media básica para inducir a los jóvenes mexicanos en la exploración de las ciencias y las tecnologías espaciales.

**Estrategia 1.3.** *Contribuir a apoyar a las entidades gubernamentales de los tres órdenes de gobierno para ampliar sus capacidades de comunicación, observación y localización usando las ciencias y tecnologías espaciales para mejoramiento de las condiciones y oportunidades de vida de la población.*



Las líneas correspondientes a esta estrategia son: a) promover, dentro del ámbito de competencia de la AEM, la vinculación de las entidades gubernamentales para generar grupos de trabajo multidisciplinarios que generen propuestas y acciones que fomenten el uso de la infraestructura espacial, en aplicaciones de alto impacto social; b) apoyar a las entidades y dependencias federales en la integración de grupos de trabajo para la definición de las especificaciones técnicas óptimas y promoción del uso de la infraestructura espacial, que se utilice en los programas de cobertura social, comunicación, seguridad, así como las relacionadas con la observación de la tierra y localización.

**Eje 2.** El eje de investigación científica y desarrollo tecnológico espacial tiene como objetivo principal: impulsar la investigación e innovación científica y tecnológica en materia espacial, para la atención de necesidades nacionales bajo un enfoque de sustentabilidad que propicie la creación de valor agregado para la sociedad.

Cabe destacar la relevancia de este objetivo para el desarrollo del presente trabajo, se considera que para cumplir este objetivo se requiere de una administración tecnológica que tenga un enfoque de sustentabilidad y genere valor para toda la población, lo cual se retomará en la propuesta del quinto capítulo de este trabajo.

Las estrategias y sus correspondientes líneas de acción para cubrir el objetivo del eje 2 son:

**Estrategia 2.1.** *Fomentar la investigación e innovación tecnológica espacial para apoyar la resolución de problemas nacionales, que propicie la generación de tecnología que facilite y fortalezca la creación de cadenas de valor en el país y la colaboración internacional, todo bajo un enfoque de sustentabilidad.*

Las líneas de acción para esta estrategia son: a) propiciar la realización de un inventario de capacidades humanas, de infraestructura y de proyectos de



investigación científica y tecnológica vinculados al sector espacial, para propiciar así, una identificación de oportunidades de proyectos de investigación básica y aplicada susceptibles de ser apoyados; b) promover la agrupación de especialistas y grupos de trabajo en investigación espacial tanto nacionales como internacionales, para identificar recursos y necesidades del país, para definir proyectos así como acciones de vinculación internacional. Asimismo, fomentar la realización y participación en congresos y simposios nacionales e internacionales que propicien el intercambio de experiencias y conocimientos en el sector; c) promover la creación de laboratorios y centros de investigación de ciencias espaciales en el país, y fortalecer con especial énfasis aquellos esfuerzos ya existentes que han avanzado hasta ahora de forma aislada; también, promover e impulsar la creación de un centro de medicina aeroespacial en el que interactúen tanto entidades civiles como militares para el desarrollo de ciencia y tecnología médica aeroespacial, así como para el entrenamiento fisiológico; d) impulsar la consolidación de los programas nacionales de desarrollo de pequeños satélites como oportunidad para facilitar la inclusión sustentable de instituciones y universidades, permitiendo a la vez desarrollar capacidades tecnológicas para el sector aeroespacial; e) fomentar y buscar apoyos a las colaboraciones internacionales en torno de proyectos científicos y de tecnología espacial como impulsores de la transferencia de conocimiento práctico en el área; e) identificar oportunidades y necesidades para el desarrollo de capacidades nacionales para el diseño y construcción de plataformas satelitales para aplicaciones de percepción remota, telecomunicaciones, así como para vehículos espaciales; f) propiciar la coordinación entre los diversos especialistas y grupos de trabajo en posicionamiento y localización para identificar recursos y necesidades, y para definir proyectos.

**Estrategia 2.2.** *Coordinar los esfuerzos regionales, a nivel gubernamental, para el establecimiento de instancias afines, que busquen ampliar las*



*capacidades en los estados de la federación y de acuerdo a las vocaciones y necesidades regionales para el desarrollo de ciencia y tecnología espacial.*

Las líneas de acción relativas a esta estrategia son: a) colaborar con los estados de la federación en la generación de diagnósticos de vocaciones y necesidades regionales en materia espacial, así como fomentar la creación y operación de oficinas e instancias afines a la Agencia Espacial Mexicana en los estados de la federación, que se potencialicen como centros regionales de desarrollo de tecnología espacial; b) impulsar la integración de infraestructura nacional, en coordinación con las instancias de los tres niveles de gobierno, para la creación de un sistema de alerta temprana de fenómenos naturales que contribuya a la prevención de desastres y afectaciones a la población civil.

**Eje 3.** El objetivo del eje 3 relativo al desarrollo industrial, comercial y competitividad en el sector espacial es el siguiente: “impulsar la generación de nuevos negocios, la transferencia tecnológica, la innovación y el desarrollo competitivo de la industria aeroespacial, articulando las cadenas de valor y las vocaciones y competencias regionales aeroespaciales.

Las dos estrategias identificadas para lograr este objetivo son:

**Estrategia 3.1.** *Promover la articulación de agrupamientos industriales existentes que generen o apliquen las ciencias y tecnologías espaciales en la generación de nuevos negocios y agrupamientos espaciales.*

Las líneas de acción para esta estrategia son: a) propiciar el desarrollo de una prospectiva tecnológica con la metodología del plan de ruta que identifique las oportunidades del mercado y nuevos negocios, teniendo como base el propiciar la vinculación de los actores que generan o emplean ciencias y tecnologías espaciales en forma regional; b) promover el desarrollo de la infraestructura e instrumentos de articulación de agrupamientos industriales.



**Estrategia 3.2.** *Impulsar el desarrollo de proveedores, la innovación, la transferencia tecnológica y los procesos de normalización, acreditación y certificación en el sector aeroespacial.*

Las líneas de acción para esta estrategia son: a) promover la creación de centros de transferencia de tecnología en materia aeroespacial y propiciar la realización de encuentros de negocio para promover la formación de cadenas de valor y suministros; b) propiciar el impulso al desarrollo de las capacidades y competencias para actividades de normalización, acreditación y certificación de productos, servicios y competencias en materia aeroespacial.

**Estrategia 3.3.** *Proponer y fomentar el desarrollo de instrumentos de gestión y seguimiento de los programas de apoyo a la industria, de creación de nuevos negocios, de transferencia tecnológica y de desarrollo de cadenas productivas en la industria aeroespacial, en coordinación con los tres niveles de gobierno.*

Las líneas de acción para esta estrategia se describen a continuación: a) proponer y contribuir a establecer un sistema de gestión para el desarrollo industrial, la creación de nuevos negocios e innovación y el incremento en la competitividad del sector aeroespacial, así como la aplicación de estudios de inteligencia competitiva para determinar y validar las capacidades y competencias regionales del sector aeroespacial de nuestro país, en el contexto global; b) proponer y propiciar el desarrollo de modelos regionales de prospección e integración tecnológica, que identifiquen las estructuras de las cadenas de valor de la industria espacial aplicables al entorno de la industria nacional.

**Eje 4.** El eje 4 se refiere a los asuntos internacionales, normatividad y seguridad en materia espacial. El objetivo de este eje es: “fortalecer la política de cooperación internacional espacial y promover la suscripción de tratados y acuerdos internacionales que garanticen el uso pacífico del espacio, preservando la soberanía nacional; la seguridad nacional, propiciando también



la transferencia tecnológica en materia espacial apoyado en la aplicación de los instrumentos internacionales vigentes. Todo ello para la plena integración de México a la comunidad espacial internacional”. Este eje incluye tres estrategias que se describen a continuación, con sus respectivas líneas de acción:

**Estrategia 4.1.** *Establecer los mecanismos legales que fundamenten las acciones de cooperación internacional y transferencia tecnológica con instituciones académicas y científicas y agencias espaciales internacionales.*

Las líneas de acción de esta estrategia son: a) realizar un inventario de los convenios y acuerdos interinstitucionales celebrados por México con gobiernos e instituciones técnicas y científicas, así como los instrumentos jurídicos y normativos internacionales; b) identificar y contribuir al cumplimiento de las obligaciones asumidas en los instrumentos celebrados.

**Estrategia 4.2.** *Promover la participación de México en las actividades y foros regionales e internacionales en materia espacial, en colaboración con las dependencias federales competentes.*

Las líneas de acción de esta estrategia son: a) coordinar a las unidades administrativas de la Agencia en la negociación de instrumentos internacionales, preservando la soberanía del Estado Mexicano; b) concretar acuerdos de cooperación con los organismos del Sistema de Naciones Unidas, que se relacionen con el objeto de la AEM.

**Estrategia 4.3.** *Colaborar en el ámbito de la competencia de la Agencia, con las entidades federales responsables de la seguridad y soberanía de la nación.*

Las líneas de acción para esta estrategia son: a) realizar las gestiones necesarias ante las instancias correspondientes para que la Agencia Espacial Mexicana sea considerada una entidad de seguridad nacional. Así como colaborar con las entidades responsables de la seguridad nacional, para identificar necesidades para una mejor protección de la independencia,





soberanía de la nación y la seguridad de las personas, a efecto de promover soluciones mediante el uso de la ciencia y tecnología aeroespacial, para la transmisión de la información, observación y localización como apoyo y soporte eficiente a los sistemas de seguridad nacional, de prevención de desastres y protección civil, de protección a los recursos naturales, energéticos y del medio ambiente; b) fomentar, dentro del ámbito de la competencia de la AEM, la integración de grupos de expertos para planear y promover la ejecución de proyectos, programas y políticas que contribuyan a mantener el estado de derecho, la seguridad pública, y la protección civil.

**Eje 5.** Este eje titulado “Financiamiento, organización y gestión de la información en materia espacial” tiene como objetivo: promover el financiamiento y desarrollo de aplicaciones en materia espacial, apoyadas en la gestión de la información, así como la coordinación de la planeación estratégica y la administración de la Agencia y la evaluación del cumplimiento de metas. Este eje tiene cuatro estrategias, las cuales junto con sus líneas de acción se describen a continuación:

**Estrategia 5.1** *Facilitar la elaboración, formalización, validación y fondeo de propuestas de innovación y desarrollo tecnológico de las empresas y organismos del sector aeroespacial.*

Las líneas de acción de esta estrategia son: a) propiciar el acceso a los fondos de CONACYT mediante el registro de la Agencia en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT); b) proveer los servicios de un sistema de información de fondos nacionales e internacionales (FONDONET) y desarrollar su modelo de negocios. Con esto se busca orientar y dirigir las propuestas de investigación, innovación y desarrollo del sector aeroespacial, a los diferentes fondos, de acuerdo al perfil del proponente y de la propuesta. Así como, generar mecanismos que propicien la captación de recursos propios y externos adicionales a los recursos fiscales, aplicando éstos a los fines, programas y proyectos que sean autorizados por su Junta de Gobierno.



**Estrategia 5.2.** *Promover las actividades sustantivas de la Agencia mediante la implementación de aplicaciones basadas en la gestión de la información necesarias para el desarrollo de las actividades espaciales.*

Las líneas de acción de esta estrategia son: a) coordinar la planeación, evaluación de proyectos y en su caso desarrollo y/o implementación de aplicaciones de gestión de la información, en materia espacial, con sujeción a la normatividad aplicable; b) establecer las directrices y procedimientos en materia de gestión de la información que faciliten la interacción entre las diversas coordinaciones de la Agencia. Así como, apoyar las actividades espaciales mediante aplicaciones de gestión de la información.

**Estrategia 5.3.** *Coordinar la organización y la planeación estratégica de la Agencia que vincule directamente las metas individuales con las metas de la Agencia.*

Las líneas de acción de esta estrategia son: a) propiciar la planeación e integración de proyectos espaciales, en coordinación con las unidades de la Agencia, observando los lineamientos generales y específicos que difundan las áreas normativas, sectoriales y la Junta de Gobierno de la AEM; b) proponer e integrar los indicadores de desempeño que permitan dar seguimiento, medir y evaluar el cumplimiento de los programas, proyectos y actividades de la Agencia, en apego a las metodologías aplicables en la materia.

**Estrategia 5.4.** *Implementar un sistema de recursos humanos que permita a la Agencia contar con servidores públicos con las competencias requeridas, para el desempeño de las actividades de la AEM.*

Las líneas de acción de esta estrategia son: a) desarrollar los procesos de planeación de la organización y de registro de estructura; b) coadyuvar al cumplimiento de las metas de la Agencia con el ingreso, desarrollo y evaluación de servidores públicos profesionales.



### 3.3.5 Programa Nacional de Actividades Espaciales (2013-2018)

El Director General de la Agencia Espacial Mexicana elaboró el Programa Nacional de Actividades Espaciales (2013-2018) como el Programa Institucional de este organismo descentralizado con sustento en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 así como en el Programa Sectorial vigente, con el fin de establecer los objetivos, estrategias y líneas de acción que permitan contribuir al desarrollo del sector espacial en México; este nuevo PNAE de la AEM fue sometido a la consideración de su Junta de Gobierno y aprobado el 21 de agosto de 2014. Cabe mencionar que tanto la visión y la misión de la AEM se modificaron en el Programa Nacional de Actividades Espaciales 2013-2018, mismas que se presentan a continuación; cabe destacar que el Gobierno Federal (2016), publicó un documento en el cual se analizan los objetivos de este nuevo PNAE, así como los logros obtenidos al 2016.

#### **Nueva visión de la AEM**

*Contar con una infraestructura espacial soberana y **sustentable** de observación de la tierra, navegación y comunicaciones satelitales de banda ancha, que contribuya a mejorar la calidad de vida de la población y al crecimiento económico de México.*

#### **Nueva misión de la AEM**

*Utilizar la ciencia y la tecnología espacial para atender las necesidades de la población mexicana y generar empleos de alto valor agregado, impulsando la innovación y el desarrollo del sector espacial, contribuyendo a la competitividad y al posicionamiento de México en la comunidad internacional, en el uso pacífico, eficaz y responsable del espacio.*

Del análisis de la nueva visión de la AEM, se desprende que ya incorpora de manera explícita el tema de la sustentabilidad, pero sólo se refiere a la calidad de vida de la población y al crecimiento económico del país, dejando de lado los aspectos medioambientales del espacio.



A continuación, se muestra de manera esquemática en la tabla 3.1 la alineación de los objetivos del nuevo PNAE con los objetivos y estrategias del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 y el correspondiente Programa Sectorial de la Secretaría de comunicaciones y Transportes (SCT). Al analizar la información contenida en dicha tabla, se observa que tanto en las metas y estrategias nacionales, como en los objetivos y estrategias del sector de comunicaciones y transportes y en los objetivos del PNAE, se mencionan aspectos aislados del desarrollo sustentable, sin existir una articulación y congruencia para su logro.



Tabla 3.1

Alineación de objetivos del PND y el Programa Sectorial de la SCT

Meta Nacional	Estrategia de la Meta Nacional	Objetivo Sectorial	Estrategia Sectorial	Objetivo PNAE
<p><b>México en Paz</b></p> <p><b>Objetivo 1.2</b> Garantizar la Seguridad Nacional.</p>	<p><b>Estrategia 1.2.3.</b> Fortalecer la inteligencia del Estado Mexicano para identificar, prevenir y contrarrestar riesgos y amenazas a la Seguridad Nacional.</p>	<p><b>Objetivo 1</b></p> <p>Desarrollar una infraestructura de transporte y logística que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social</p>	<p><b>Estrategia 1.5</b></p> <p>Impulsar el desarrollo de la infraestructura espacial que apoye en la creación y operación de servicios logísticos nacionales.</p>	<p><b>Objetivo 1.</b></p> <p>Impulsar el desarrollo de una infraestructura espacial que atienda las necesidades sociales de seguridad, protección de la población, atención a desastres, banda ancha, y cuidado del medio ambiente</p>
		<p><b>Objetivo 4</b></p> <p>Ampliar la cobertura y el acceso a mejores servicios de comunicaciones en condiciones de competencia.</p>	<p><b>Estrategia 4.1</b> Promover el desarrollo de nueva infraestructura en comunicaciones, así como su uso óptimo, para mejorar su cobertura, conectividad y accesibilidad.</p>	
			<p><b>Estrategia 4.2</b> Fomentar el desarrollo de servicios y contenidos digitales, que impulsen la educación, bienestar y desarrollo socioeconómico de la población.</p>	
<p><b>México en paz</b></p> <p><b>Objetivo 1.6</b> Salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno ante un desastre de origen natural o humano.</p>	<p><b>Estrategia 1.6.1</b> Política estratégica para la prevención de desastres</p>		<p><b>Estrategia 4.3</b> Incentivar la cobertura de las TIC, para detonar un desarrollo más equitativo de toda la población y reducir las brechas.</p>	
	<p><b>Estrategia 1.6.2.</b> Gestión de emergencias y atención eficaz de desastres.</p>			
<p><b>México con educación de calidad</b></p> <p><b>Objetivo 3.5</b></p> <p>Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso</p>	<p><b>Estrategia 3.5.1</b> Contribuir a que la inversión nacional en investigación científica y desarrollo tecnológico crezca anualmente y alcance un nivel de 1% del PIB.</p>	<p><b>Objetivo 6</b> Desarrollar Integralmente y a largo plazo al sector con la creación de adaptación de tecnología y la generación de capacidades nacionales.</p>	<p><b>Estrategia 6.1</b> Administrar y acrecentar el acervo de conocimientos del sector, a través del intercambio académico, la formación y capacitación de capital humano vinculado al sector.</p>	<p><b>Objetivo 3.</b></p> <p>Promover la construcción de capacidades y competencias estratégicas nacionales en el campo espacial, impulsando la educación, fortaleciendo la investigación y articulando a los diferentes actores en</p>



<p><b>económico y social sostenible</b></p>	<p><b>Estrategia 3.5.2</b> Contribuir a la formación y fortalecimiento del capital humano de alto nivel.</p>		<p><b>Estrategia 6.2</b> Desarrollar los sectores logístico, náutico, ferroviario, aeronáutico y espacial.</p>	<p>el desarrollo y la aplicación de ciencias y tecnologías espaciales.</p>
<p><b>México próspero</b></p> <p><b>Objetivo 4.5</b> Democratizar el acceso a servicios de telecomunicaciones.</p>	<p><b>Estrategia 4.5.1</b> Impulsar el desarrollo e innovación tecnológica de las telecomunicaciones que amplíe la cobertura y accesibilidad para impulsar mejores servicios y promover la competencia, buscando la reducción de costos y la eficiencia de las comunicaciones.</p>	<p><b>Objetivo 1</b></p> <p>Desarrollar una infraestructura de transporte y logística que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social</p>	<p><b>Estrategia 1.5</b></p> <p>Impulsar el desarrollo de la infraestructura espacial que apoye en la creación y operación de servicios logísticos nacionales.</p>	<p><b>Objetivo 2.</b></p> <p>Impulsar el desarrollo del sector espacial nacional, promoviendo la innovación, la inversión pública y privada, la creación de empresas, la generación de empleos, y el aumento de la competitividad.</p>
<p><b>Objetivo 4</b></p> <p>Ampliar la cobertura y el acceso a mejores servicios de comunicaciones en condiciones de competencia</p>	<p><b>Estrategia 4.1</b> Promover el desarrollo de nueva infraestructura en comunicaciones, así como su uso óptimo, para mejorar su cobertura, conectividad y accesibilidad.</p>			
	<p><b>Estrategia 4.2</b> Fomentar el desarrollo de servicios y contenidos digitales, que impulsen la educación, bienestar y desarrollo socioeconómico de la población</p>			
	<p><b>Estrategia 4.5</b> Diversificar y modernizar los servicios de TELECOMM para promover la inclusión financiera y digital en zonas rurales y populares urbanas.</p>			
<p><b>México próspero</b></p> <p><b>Objetivo 4.8</b> Desarrollar los sectores estratégicos del país</p>	<p><b>Estrategia 4.8.1</b> Reactivar una política de fomento económico enfocada en incrementar la productividad de los sectores dinámicos y tradicionales de la economía mexicana, de manera regional y sectorialmente equilibrada</p>	<p><b>Objetivo 1</b></p> <p>Desarrollar una infraestructura de transporte y logística que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social</p>	<p><b>Estrategia 1.5</b> Impulsar el desarrollo de infraestructura espacial que apoye en la creación y operación de servicios logísticos nacionales.</p>	
	<p><b>Estrategia 4.8.3</b> Orientar y hacer más eficiente el gasto</p>	<p><b>Objetivo 5</b></p> <p>Consolidar un modelo de administración de los recursos públicos</p>	<p><b>Estrategia 5.3</b> Robustecer la plataforma tecnológica para mejorar la integración de</p>	



	público para fortalecer el mercado interno.	como práctica reproducible para la Administración Pública Federal.	procesos y tomas de decisiones.	
	<b>Estrategia 4.8.4</b> Impulsar a los emprendedores y fortalecer a las micro, pequeñas y medianas empresas.		<b>Estrategia 5.2</b> Instrumentar una gestión financiera orientada	
			<b>Estrategia 5.5</b> Fortalecer una cultura de administración de la información que favorezca la transparencia, rendición de cuentas y participación ciudadana	
<b>México con responsabilidad global</b>  <b>Objetivo 5.1</b> Ampliar y fortalecer la presencia de México en el mundo.	<b>Estrategia 5.1.6</b> Consolidar el papel de México como un acto responsable, activo y comprometido en el ámbito multilateral, impulsando de manera prioritaria temas estratégicos de beneficio global y compatible con el interés nacional.  <b>Estrategia 5.1.7</b> Impulsar una vigorosa política de cooperación internacional que contribuya tanto al desarrollo de México como al desarrollo y estabilidad de otros países, como un elemento esencial del papel de México como actor global responsable.	<b>Objetivo 4</b>  Ampliar la cobertura y el acceso a mejores servicios de comunicaciones en condiciones de competencia.	<b>Estrategia 4.1</b> Promover el desarrollo de nueva infraestructura en comunicaciones, así como su uso óptimo, para mejorar su cobertura, conectividad y accesibilidad. (4.1.6 <i>Modernizar la política satelital para convertir a México en un actor relevante en un actor relevante a nivel internacional.</i> )	<b>Objetivo 4.</b> Posicionar a México con la comunidad internacional en el <b>uso libre, pacífico, eficaz y sustentable del espacio</b> , tanto en los retos globales de la sociedad y del planeta, en la economía y en la exploración del espacio a través de la cooperación internacional.

Fuente: Diario Oficial de la Federación [DOF] (2015). Acuerdo por el que se expide el Programa Nacional de Actividades Espaciales. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5388707&fecha=14/04/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5388707&fecha=14/04/2015)

En el siguiente apartado se analizan críticamente los cambios introducidos en la visión y misión de la AEM y en el nuevo PNAE, en particular los relativos a la sustentabilidad y a la problemática de los desechos sólidos espaciales.

### 3.4 Reflexión analítica sobre la AEM y el Programa Nacional de Actividades Espaciales

Es importante recordar que el constructo de la sustentabilidad descansa en tres pilares: economía, medio ambiente y sociedad, como se puede ver en el capítulo 1 de este trabajo. En este sentido, se considera importante reflexionar sobre la manera



en qué dichos pilares se incluyen en la visión y misión de la Agencia Espacial Mexicana, así como en el Programa Nacional de Actividades Espaciales.

- 1) En relación a la primera visión de la AEM, cabe destacar que se refiere a que esta Agencia sea *un elemento clave para que México sea una nación líder en el desarrollo y uso de la ciencia y la tecnología espacial, para el mejoramiento de la calidad de vida de todos los mexicanos*. Claramente se refiere al aspecto social de la sustentabilidad, pero deja de lado los aspectos económicos y medioambientales. En la nueva visión de la AEM se incorporó la palabra sustentable, pero sólo se refiere a aspectos económicos y sociales, dejando de lado la preservación del medio ambiente.
- 2) En la primera misión de la AEM, se especifica que las actividades científicas y tecnológicas se orientan a la atención de las necesidades sociales y a incrementar la competitividad del país. Se considera fundamental que en esta misión se rescate la atención a las necesidades sociales y se agregue lo relativo al incremento de la competitividad del país, elemento de la esfera económica de la sustentabilidad. No obstante, en la nueva misión de la AEM se incorporó la frase “en el uso pacífico, eficaz y responsable del espacio”, pero no se recuperó la palabra sustentable, la cual sí formó parte de la nueva visión de la AEM. Se observa que el aspecto ambiental de la sustentabilidad se deja de lado, es importante que tanto en la misión y en la visión de la AEM se incorpore de manera explícita el cuidado y preservación del medio ambiente, pues de ahí se desprenden las estrategias y líneas de acción del Programa Nacional de Actividades Espaciales.
- 3) Lo anterior se constata al revisar el objeto de la AEM plasmado en el artículo 2 de la Ley que la crea, pues como se puede ver en sus once incisos no hay una mención explícita al cuidado y preservación del medio ambiente y en particular a la mitigación de los desechos sólidos espaciales. Este objeto se transformó en cuatro objetivos del nuevo PNAE como puede verse en la tabla 3.1. Al analizar dichos objetivos





observamos que en el primero se introdujo el cuidado del medio ambiente y en el cuarto, se menciona el posicionar a México con la comunidad internacional en el uso libre, pacífico, eficaz y sustentable del espacio. No obstante, las estrategias y líneas de acción no especifican de qué manera se logrará este objetivo.

- 4) Por lo que respecta a las líneas generales de la política espacial en México, se observa el énfasis en la competitividad de la industria y en la generación de empleos, aspectos centrales de la sustentabilidad económica y social. Aun cuando se refieren al desarrollo de la innovación como estrategia para afrontar los grandes desafíos nacionales y mundiales, no hacen referencia al gran desafío de preservar el medio ambiente, ya que los desechos sólidos constituyen ya un gran problema tanto nacional como mundial.
- 5) Al analizar los instrumentos de la política espacial de México plasmados en el artículo 3 de la Ley que crea la AEM se concluye que se refieren principalmente al papel fundamental que tiene la tecnología y la innovación en el desarrollo de la industria espacial en México (véanse incisos I, III, VI, VIII y IX); las negociaciones, acuerdos y tratados internacionales en materia espacial constituyen el tema del inciso IV; los incisos V y VII se refieren a la formación de recursos de alto nivel en el tema espacial y al intercambio entre instituciones de educación superior nacionales y extranjeras; el logro de una mayor competitividad del sector espacial se encuentra en el inciso X; y en el inciso II se menciona el desarrollo de soluciones propias para problemas específicos como uno de los instrumentos de la política espacial, a lo cual responde el trabajo desarrollado en esta tesis al hacer una propuesta de un modelo sustentable de administración de tecnología para la industria espacial en México.
- 6) En relación al Programa Nacional de Actividades Espaciales 2011-2015 se describió su estructura la cual consta de cinco ejes estratégicos, con sus respectivas estrategias y líneas de acción. Aun cuando se observa la ausencia explícita de la sustentabilidad y del desarrollo sustentable en el



nombre de dichos ejes estratégicos, éstos se refieren básicamente a los aspectos económicos y sociales de la sustentabilidad. No obstante, lo anterior, al revisar el objetivo del eje 2, se destaca que deberá impulsarse la investigación científica y el desarrollo tecnológico espacial para la atención de necesidades nacionales bajo un enfoque de sustentabilidad que propicie la creación de valor agregado para la sociedad; cabe mencionar que este objetivo se retoma para la realización de esta tesis. Al revisar las estrategias y líneas de acción relativas al eje 2 mencionado en el punto anterior, se encontró que la estrategia 2.1 consiste en fomentar la investigación e innovación tecnológica espacial que propicie la generación de tecnología que facilite y fortalezca la creación de cadenas de valor en el país y la colaboración internacional, todo bajo un enfoque de sustentabilidad; sin embargo, no se especifican explícitamente líneas de acción relativas a la contribución al desarrollo sustentable en materia ambiental y en particular a la prevención y mitigación de desechos sólidos espaciales.

- 7) Cabe destacar que estructura relativa a dichos ejes estratégicos fue modificada en el PNAE 2013-2018, planteándose nuevas estrategias para los cuatro objetivos establecidos, pero al analizarse se observa también la ausencia explícita de la preservación del medio ambiente y de cómo prevenir y mitigar los desechos espaciales.
- 8) Al analizar el eje 3 del PNAE 2011-2015 que se refiere al desarrollo industrial, comercial y competitividad en el sector espacial, se observa que no menciona explícitamente el desarrollo sustentable. Se considera muy importante el objetivo de este eje en relación al desarrollo de las cadenas de valor y su articulación con las competencias regionales de este sector; asimismo, es importante señalar que la estrategia 3.3 de este eje, destaca proponer y fomentar el desarrollo de instrumentos de gestión y seguimiento de los programas de apoyo a la industria, porque constituye una justificación relevante para esta investigación porque presenta una propuesta de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable que incluye el análisis de las cadenas de valor.



- 9) Con respecto al eje estratégico 4 relativo a los asuntos internacionales, normatividad y seguridad en materia espacial, el análisis realizado concluye que el objetivo de este eje debería incluir explícitamente lo relativo a la sustentabilidad a largo plazo del espacio, retomando las directrices emitidas por la COPUOS de la Organización de las Naciones Unidas, las cuales son analizadas en este capítulo. Cabe señalar que en las líneas de acción de la estrategia 4.3 de este eje, se menciona -de manera marginal- que la ciencia y tecnología aeroespacial deberá promover soluciones para, entre otros aspectos, prevenir desastres y proteger los recursos naturales, energéticos y del medio ambiente. Se considera que dada la importancia de los daños al espacio que se producen por los desechos sólidos espaciales, es importante que se incorporen líneas de acción al respecto.
- 10) Se considera muy relevante para este trabajo, el objetivo del eje estratégico 5 “Financiamiento, organización y gestión de la información en materia espacial”, ya que en él se pondera la coordinación de la planeación estratégica con la administración de la AEM; en este sentido, la estrategia 5.3. establece la importancia de dicha coordinación y de la organización que se requiere para vincular las metas de proyectos individuales con las de la AEM.

Con base en las reflexiones anteriores, en este trabajo se propone que la sustentabilidad se explicita con mayor precisión en la visión y misión de la AEM, así como en su objeto, políticas, instrumentos, estrategias y líneas de acción, lo cual coadyuvará a crear conciencia clara en todos sus participantes de la importancia de lograr una mayor competitividad de la industria, a la vez que se genera una mayor calidad de vida de la sociedad en general y se preserva el medio ambiente y en particular se pone mayor atención a la prevención y mitigación de desechos sólidos espaciales.



# Capítulo 4

---



## **CAPÍTULO 4. EL CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL DE LA INDUSTRIA ESPACIAL**

El conocimiento del panorama económico internacional del sector espacial permite conocer el valor e impacto del sector espacial mexicano en el ámbito global. Asimismo, precisa un marco de referencia que conduce a la definición de las cadenas globales de valor del sector espacial.

### **4.1 Características de la industria espacial en el nivel global**

La industria espacial, según la Agencia Espacial Mexicana es “el segmento de la economía de los países que resulta de actividades de exploración, uso y explotación del espacio exterior como la investigación científica; el desarrollo tecnológico; el diseño, fabricación, manufactura y operación de sistemas de telecomunicaciones; la geolocalización y observación de la tierra y del cosmos que emplean objetos lanzados y ubicados en el espacio”. (AEM y ProMéxico, 2012:13).

Según Romaniw y Bras (2012), la industria manufacturera aeroespacial es responsable de producir un número de productos que van desde aviones militares y civiles, helicópteros y otros vehículos hasta cohetes, misiles, satélites y vehículos espaciales. Sin embargo, la mayoría de la industria se dedica a la producción de aviones y helicópteros militares y civiles, que representa más del 70% del total de las empresas de esta industria y más del 90% de los ingresos por ventas. Además, dichos autores señalan que la industria aeroespacial es responsable de aproximadamente el 2% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero producidas por el hombre y una fracción similar de otras cargas ambientales causadas por el hombre; asimismo, destacan que la producción de productos como cohetes, misiles, satélites y vehículos espaciales representa una pequeña fracción de toda la industria aeroespacial y ésta a su vez representa un porcentaje todavía menor de las cargas ambientales globales.

Al respecto la *Space Foundation* (2015) menciona que la actividad de la industria espacial en el nivel global en el mundo creció 9% en el 2014 hasta llegar a 330,000 millones de dólares, de los cuales aproximadamente el 63% correspondieron a la



industria satelital, según la Asociación de la Industria Satelital (AIS); en su informe correspondiente al 2015, esta Asociación reporta que los ingresos de dicha industria se incrementaron en un 3% durante 2015, a pesar de los problemas económicos mundiales; asimismo, señala que en los últimos 10 años consiguió duplicar sus ingresos, crecimiento impulsado por la cantidad de satélites *Cube Sats* lanzados al espacio en los últimos tiempos; asimismo, menciona que más de la mitad de los satélites operacionales en 2015 fueron para comunicaciones, comerciales, civiles y militares: el 14% correspondió a servicios de observación de la tierra, el 12% para investigación y desarrollo, el 7% para navegación satelital, el 8% para reconocimiento militar, el 5% para aplicaciones científicas y el 3% para meteorología. También destacó que la vida útil operacional de los satélites geoestacionarios de telecomunicaciones se está volviendo más prolongada y que 59 países poseen operadores satelitales con al menos una misión. (AIS, 2016).

Como se puede ver en la figura 4.1, el segmento de infraestructura comercial e industria de soporte presentó el mayor crecimiento en 2014, al ocupar un 39 por ciento del total de la actividad espacial. Este segmento incluye manufactura de satélites, servicios de lanzamiento, estaciones espaciales, estaciones en tierra, e industrias y equipo asociado. Su crecimiento fue atribuido a un incremento en la demanda por estaciones en tierra y equipo, particularmente en aparatos personales de navegación y circuitos integrados. Estados Unidos de América (EUA) y Rusia fueron los países que realizaron la mayoría de los lanzamientos al espacio en el 2014, seguidos por los países europeos, China, India y Japón (Space Foundation, 2015).

Se considera relevante mencionar el caso de la industria de construcción de satélites, ya que, según datos de AEM y ProMéxico (2012), en 2011 se pusieron en órbita 110 satélites (40 comerciales), que generaron ventas por manufactura satelital de 11.9 mil millones de dólares (4.24 mil millones de dólares para manufactura de satélites comerciales). Para fines de dicho año, 994 satélites se encontraban activos en varias órbitas de la tierra y se estima que en los siguientes diez años se construirán más de 1 mil 100 satélites, con un valor colectivo de 196 mil millones de dólares. Para la industria de manufactura y servicios de equipo en tierra, el mercado se valuó en

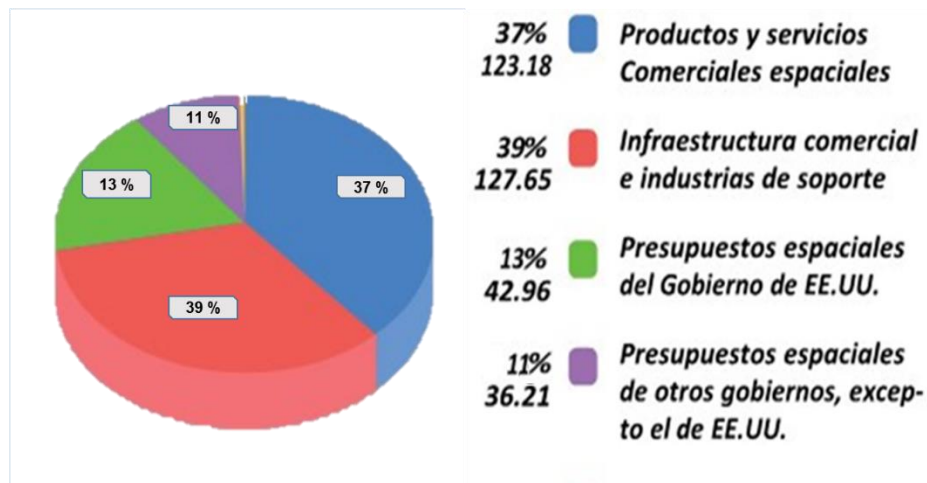


99.24 mil millones de dólares en 2011, al incluir el equipo y los servicios necesarios para operar los satélites y administrar las comunicaciones como: sistemas en tierra para el control de redes, terminales móviles de satélite, centros de distribución y emisión de video y equipo para usuario final. Durante el mismo año, el 90 por ciento del total de las ventas del segmento terrestre correspondió a equipos de navegación y geo-localización, que incluye productos como radios satelitales, teléfonos satelitales, receptores de televisión satelital, circuitos integrados (*chip sets*) para navegación satelital (teléfonos inteligentes), mapas y *software*.

**Figura 4.1**

**Actividades económicas del sector espacial global 2014**

(miles de millones de dólares)



Fuente: Space Foundation. (2012). The Space Report 2012. The Authoritative Guide to Global Space Activity. Research and Analysis. Disponible: en

<http://www.spacefoundation.org/programs/research-and-analysis/%20space-report>

Según datos reportados por Space Foundation (2015), las actividades comerciales del espacio (productos, servicios e infraestructura) fueron en conjunto del 76% del total con un crecimiento del 9.7 % en 2014. Las actividades que conforman el sector de productos y servicios comerciales en el espacio son comunicaciones satelitales, navegación satelital y observación de la tierra, habiendo representado más de una tercera parte de la economía global del espacio, aun cuando tuvo lento crecimiento



en 2014, de menos de 2.5%. Los servicios de televisión satelital dominan este sector, representando en 2014 más de las tres cuartas partes del mercado global de servicios y productos comerciales del espacio. En EUA el rubro que aporta más ingresos en la región es el de la televisión satelital, que incluye las plataformas de transmisión DTH (*direct-to-home* o directo-al-hogar) que ofrecen compañías como *DirectTV* y *Dish Network*.

Cabe destacar que en el sector de servicios de transportación comercial espacial representado por empresas de turismo espacial como *Virgin Galactic* y *Space Adventures*, las ventas se han mantenido relativamente estáticas; no obstante, estas compañías reportaron ventas provenientes de la colecta de fondos para futuros viajes de turismo espacial, que sugieren la posibilidad de que éste se convierta en un nicho prometedor para futuro mercado espacial. Se espera que en los próximos 30 años el sector de servicios de navegación y geolocalización por satélite tenga un crecimiento pronunciado. El sector está dividido en: servicios de navegación personal y vehicular, y servicios basados en localización, los cuales incluyen los teléfonos que cuentan con el servicio de navegación satelital y que utilicen las capacidades de ubicación geográfica. El desarrollo de nuevas aplicaciones y la expansión de los productos y servicios actuales han sido factores clave en el crecimiento de este sector. (AEM y ProMéxico, 2012).

Otro sector de gran relevancia para la industria espacial es el de la observación de la tierra, incluyendo la venta de información y de servicios de valor agregado. El desarrollo de este sector está relacionado con la creciente demanda por aplicaciones de defensa, inteligencia, vigilancia, seguridad, medio ambiente y cambio climático por parte de gobiernos nacionales y de organizaciones militares. En el nivel global, se prevé que los gobiernos aumenten su demanda por servicios de observación terrestre. Sin embargo, se ha detectado que las agencias de inteligencia de economías emergentes superan la demanda de los mercados tradicionales de estos servicios. De acuerdo con un artículo de la agencia de información *Intelligence Online*, los recortes presupuestales de defensa han reducido la compra de imágenes de observación de la tierra por parte de la Agencia Nacional de Inteligencia-Geoespacial (NGA, por sus siglas en inglés) de Estados





Unidos, situación que ha ubicado a China como el primer comprador de imágenes vía satélite a nivel mundial. Se espera que el aumento de la demanda de imágenes de satélites chinos beneficie a empresas europeas como *Astrium GeoInformation Services*, que obtiene un 30 por ciento de sus ganancias de dicho país asiático. (AEM y ProMéxico, 2012).

Los presupuestos gubernamentales para programas espaciales han ido en aumento en el nivel global. Por ejemplo, en 2011 se destinaron 72.77 mil millones de dólares en presupuestos espaciales, es decir, el 25 por ciento de todas las compras efectuadas mundialmente en bienes y servicios del sector espacial. En general, los presupuestos espaciales de diversas naciones han ido en aumento, tal es el caso de Brasil, India, Rusia y países que han mantenido aumentos de dos dígitos, con excepción de la Agencia Espacial Europea (ESA). A nivel mundial, en 2014 EUA representó el 54 por ciento del gasto gubernamental en programas espaciales, dedicando la mayor cantidad a las actividades espaciales relacionadas con la defensa. En lo que respecta al gasto en operaciones civiles, EUA destina cerca del 90 por ciento de su presupuesto en este rubro a las actividades de la NASA que en 2011 contaba con un presupuesto de 18.49 mil millones de dólares (AEM y ProMéxico, 2012). Cabe mencionar que el presupuesto de la NASA para el 2014 creció 4.6% con respecto al 2013 y representó el 22% de la inversión en el espacio que hicieron los gobiernos del resto del mundo, según datos de Space Foundation (2015).

Es importante destacar que los países europeos ocupan el segundo lugar en inversiones en el espacio con una inversión de 7.18 mil millones de dólares en 2011. Cabe mencionar que la Comisión Europea reportó un gasto de 1.06 mil millones de dólares en programas espaciales, mientras que la Organización Europea para Satélites Meteorológicos (EUMETSAT) tuvo un presupuesto de 320 millones de dólares, según cifras reportadas por AEM y ProMéxico (2012).

Según datos de esta fuente, Rusia destinó 4.12 mil millones de dólares al espacio durante el 2011, a través de la Agencia Espacial Federal Rusa (FKA, del ruso, *Федеральное космическое агентство России*; conocida como Roscosmos, del



ruso, *Роскосмос*). Por su parte, Japón invirtió 3.8 mil millones de dólares en el ramo, de los cuales más de la mitad fueron absorbidos por su agencia espacial la *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA). Este aumento en la inversión para las actividades espaciales respondió a la meta del gobierno japonés de mejorar las capacidades de sus sistemas de lanzamiento en términos de cargas y rendimiento, con el fin de volverse una opción competitiva para este mercado. Otro inversionista de gran relevancia en el sector espacial es China, que en 2011 consagró 3.08 mil millones de dólares para la Administración Espacial Nacional China (CNSA del inglés, *China National Space Administration*) su agencia espacial. Según el plan oficial de desarrollo espacial chino, el país contempla crear una estación espacial tripulada y aumentar sus capacidades para el monitoreo de la tierra, comunicaciones y navegación.

En Latinoamérica, Brasil se ha consolidado como una potencia espacial, al haber destinado 318.6 millones de dólares a su programa espacial en 2011. En estrecha colaboración con China, Brasil ha avanzado en el desarrollo y lanzamiento de satélites para el monitoreo de sus territorios, lo cual facilita la formulación de políticas públicas en áreas como monitoreo ambiental, desarrollo agrícola y planeamiento urbano, entre otras. Argentina le sigue a Brasil con una inversión de 154 millones de dólares en 2011 para programas relacionados con las actividades espaciales, de acuerdo con información de AEM y Pro-México (2012).

Derivado de lo anterior, se concluye que, si México quiere ser competitivo en la industria espacial, requiere de grandes inversiones del sector público y privado para desarrollo de infraestructura, así como para el desarrollo científico, tecnológico y de innovaciones en materia espacial.

#### **4.1.1 Cadena de valor de la industria espacial**

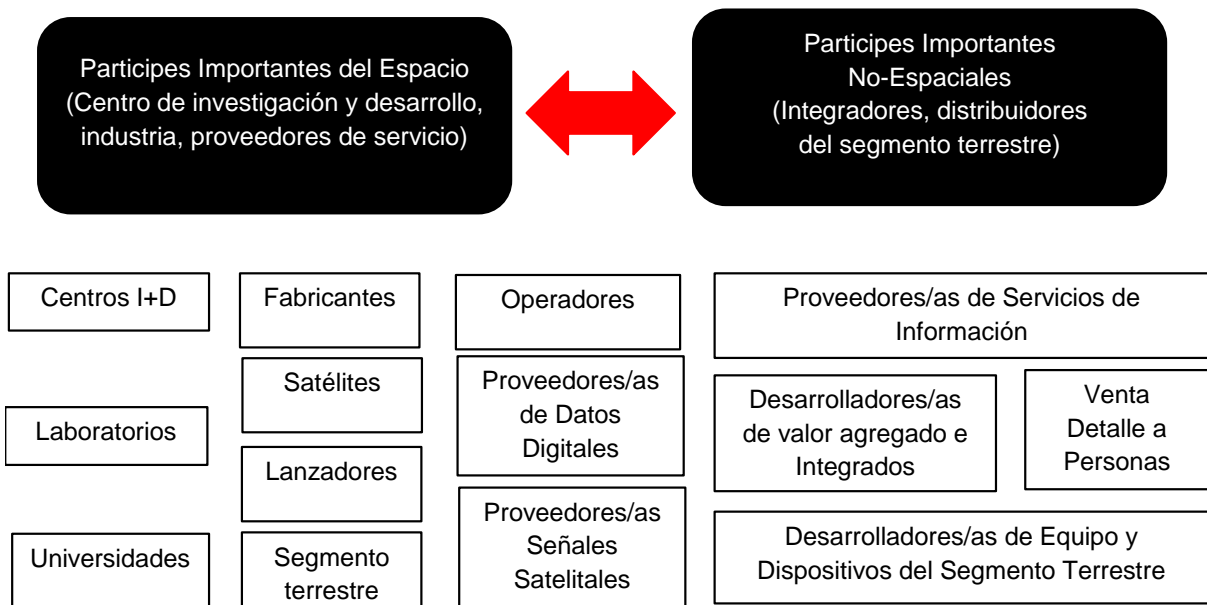
Según se menciona en el Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE) 2013-2018 (DOF, 2015), el sector espacial ha sido estudiado por varios organismos internacionales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Fundación del Espacio (*The Space Foundation*) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), entre otros; se destacan los



avances en la identificación de actividades económicas relacionadas con el espacio en un contexto que permite hablar de una economía del espacio constituida por las cadenas de valor que de manera simplificada se representan en la Figura 4.2, en la cual se observan cuatro segmentos que son: investigación (centros I+D), fabricación (fabricantes), operación (operadores) y servicios (proveedores de servicios).

**Figura 4.2**

**Cadena simplificada de valor de la industria espacial**



Fuente: DOF (2015), con base en información de Space Foundation. (2012). The Space Report 2012. The Authoritative Guide to Global Space Activity. Research and Analysis. Disponible en <http://www.spacefoundation.org/programs/research-and-analysis/%20space-report>.

**4.1.2 Estructura empresarial de la industria espacial en el nivel global**

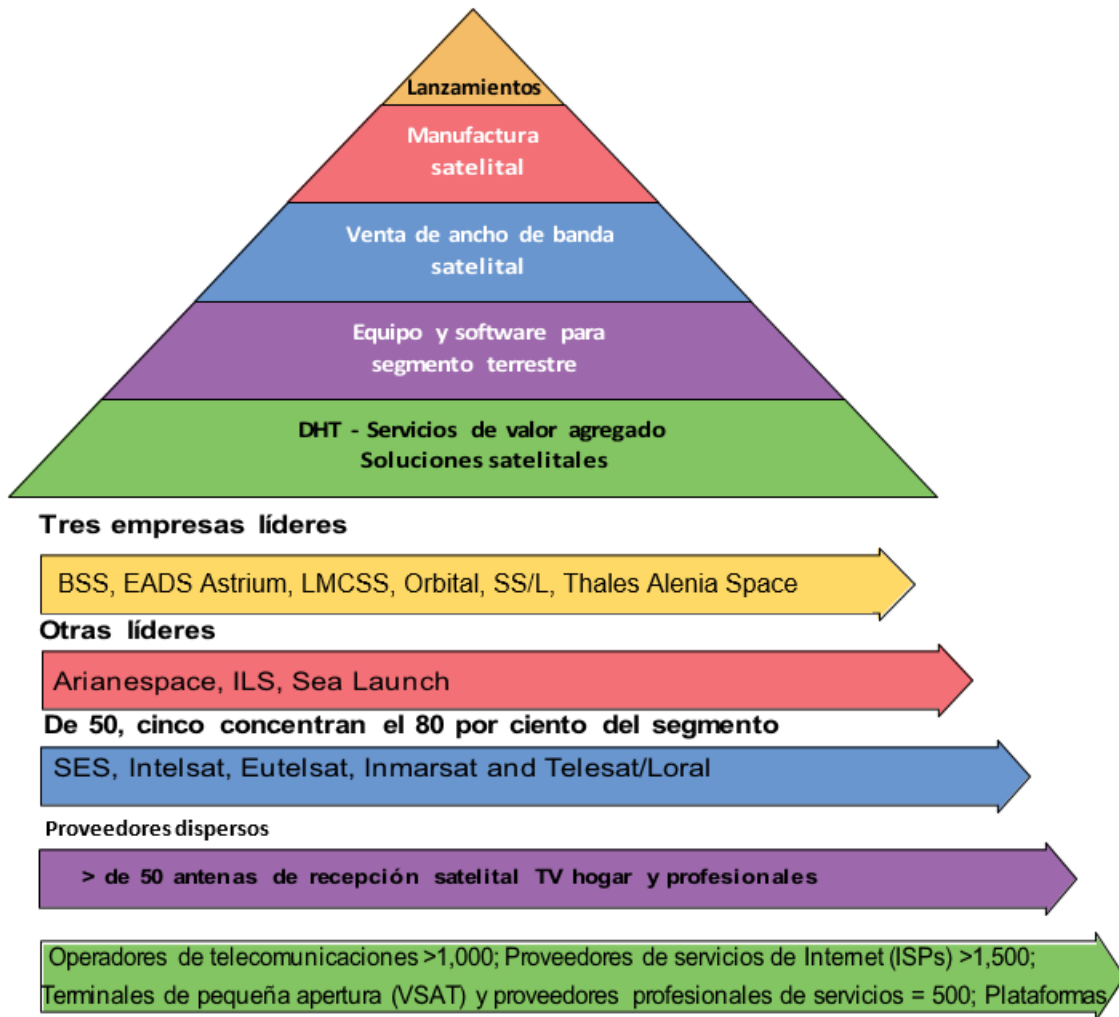
Como se puede observar en la figura 4.3, las principales actividades económicas de la industria espacial fueron en 2011: soluciones satelitales y servicios de valor agregado (57%); equipamiento y *software* para el segmento terrestre; venta de ancho de banda; manufactura de satélites y lanzamiento de vehículos espaciales; asimismo, en dicha figura se muestra que las empresas que participan en este sector, son las de talla internacional bien capitalizadas, las medianas de alcance



regional y las pequeñas y medianas empresas (PYME) que cuentan con una gran capacidad de innovación.

**Figura 4.3**

**Principales empresas globales de la industria espacial**



Adaptado de Agencia Espacial Mexicana [AEM] y ProMéxico (2012). Plan de Órbita: Mapa de ruta de la industria espacial mexicana", Ciudad de México, ProMéxico, octubre; con base en información de International Telecommunication Union [ITU] (2010). *Brief Overview of Space Market*. Doha, Qatar: International Telecommunication Union, p.19 Disponible en: <http://www.promexico.gob.mx/documentos/mapas-de-ruta/plan-orbita.pdf>



La tecnología satelital se clasifica de acuerdo con sus usos y aplicaciones para: navegación, comunicaciones y observación de la tierra. Dentro de cada una de estas aplicaciones, se definen 16 macro segmentos del mercado espacial: gobierno, carreteras, profesional, consumidor, transporte, consumidor de banda ancha, comunicación celular, redes satelitales, distribución de video, contribución de video, oceanografía, meteorología, monitoreo terrestre, seguridad, defensa y gestión de recursos naturales. Cabe mencionar que estos macro segmentos se subdividen en 49 nichos de mercado tales como: telemática, gestión de tráfico, gestión de desastres, científico, servicios al consumidor, aviación comercial, rutas ferroviarias, marítimo, entre otros (AEM y ProMéxico, 2012).

Como puede verse en el párrafo anterior, en la cadena de valor de la industria satelital participan empresas de diferentes sectores que proporcionan los servicios que requiere, por lo cual es importante que el análisis de esta cadena de valor considere los impactos en la sustentabilidad de todos los sectores que en ella participan, así como las estrategias que han seguido para el cuidado del medio ambiente; cabe destacar los esfuerzos de la industria automotriz en este sentido, como puede verse en Lacayo y Juárez (2016).

## **4.2 Características de la industria espacial mexicana**

Con la descripción anterior del sector espacial internacional y de sus segmentos de mercado, se puede entender mejor la posición que tiene la industria espacial mexicana en el ámbito global; en este apartado se presentan algunas reflexiones sobre la problemática que ésta enfrenta , así como un panorama general de esta industria con el objetivo de conocer su valor, número de empresas y su distribución geográfica, principales proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, así como la infraestructura con que cuenta.

### **4.2.1 Actividades económicas en la cadena de valor de la industria espacial en México**

Cabe mencionar que en el DOF (2015) se define la Infraestructura espacial como el conjunto de bienes tangibles e intangibles necesarios para el estudio, acceso,



exploración, uso y aprovechamiento del espacio. La OCDE (2012) ha identificado actividades económicas de la industria espacial relacionándolas con los cuatro segmentos de la cadena de valor que integran el sector espacial; en el cuadro 4.1 se muestra dicha relación, así como el número de unidades económicas registradas. Cabe mencionar que en DOF (2015) se menciona que se denomina unidades económicas a las empresas, instituciones y organismos que son elegidas para efectuar una investigación económica, las cuales se distinguen por su naturaleza jurídica o administrativa. Estas unidades se dedican principalmente a un tipo de actividad de manera permanente y se definen por sector de acuerdo a la disponibilidad de registros contables.

Cuando se analiza el número de unidades económicas por segmento de la cadena de valor, se observa en dicho cuadro que, en 2011, sólo 18 realizaron servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida en el sector privado, mientras que en el público se registraron 33 en el mismo segmento. El mayor número de unidades registradas en dicho año, fue en el segmento de servicios de comunicación vía satélite con 97, mientras que 65 se dedicaron al diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados.



**Cuadro 4.1**
**Clasificación de actividades y unidades económicas en México por segmento de la cadena de valor del sector espacial**

Segmento de la cadena de valor	Descripción del Giro de Actividad Económica	Unidades económicas registradas en México, 2011
<b>Investigación</b>	Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector privado.	18
	Servicios de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida, prestados por el sector público.	33
	Reparación y mantenimiento de otro equipo electrónico y de equipo de precisión.	26
<b>Fabricación</b>	Fabricación de dispositivos de transmisión y recepción de señales de radio y televisión, y equipo de comunicación inalámbrico.	39
	Fabricación de otros instrumentos de medición, control, navegación, y equipo médico electrónico.	55
	Otras instalaciones y equipamiento en construcciones.	21
<b>Operación</b>	Servicios de comunicación vía satélite.	97
	Producción y distribución de contenidos para redes de televisión restringida por satélite.	54
<b>Servicios</b>	Servicio de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados.	65
	Procesamiento electrónico de información, hospedaje y otros servicios relacionados.	9
	Otros servicios profesionales científicos y técnicos	7
	Edición de software y edición de software integrado con la reproducción	6
	<b>Total</b>	<b>430</b>

Fuente: adaptado de Diario Oficial de la Federación (2015). Acuerdo por el que se expide el Programa Nacional de Actividades Espaciales. Disponible en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5388707&fecha=14/04/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5388707&fecha=14/04/2015)

La distribución geográfica de las unidades económicas del sector espacial mexicano se presenta en el cuadro 4.2 por entidad federativa clasificadas de acuerdo a los



segmentos de la cadena de valor del sector espacial. Se observa que el mayor número de unidades económicas se localizaron en la Ciudad de México, seguido de Baja California, Chihuahua, Jalisco, Nuevo León y Coahuila. Cuando se analiza dicho cuadro por segmento de la cadena de valor, se observa que el menor número de unidades económicas corresponde al de investigación, siendo los sectores de operación y servicios los que tienen el mayor número de dichas unidades.

**Cuadro 4.2**

**Unidades Económicas del sector espacial en México por entidad federativa y segmento de la cadena de valor (2011)**

Estado	Investigación	Fabricación	Operación	Servicios	Total
Aguascalientes	2	8	0	0	10
Baja California	3	12	15	2	32
Baja California Sur	0	0	3	1	4
Campeche	2	1	9	0	12
Chiapas	1	1	2	0	4
Chihuahua	3	15	3	5	26
Coahuila	5	3	10	5	23
Colima	0	2	2	0	4
<b>Distrito Federal</b>	19	28	23	40	110
Durango	3	0	2	0	5
Estado de México	5	8	6	2	21
Guanajuato	3	1	2	0	6
Guerrero	0	0	2	0	2





**Cuadro 4.2 (continuación)**
**Unidades Económicas del sector espacial en México por entidad federativa  
y segmento de la cadena de valor (2011)**

Estado	Investigación	Fabricación	Operación	Servicios	Total
Hidalgo	0	0	3	1	4
Jalisco	5	8	9	3	25
Michoacán	0	0	4	0	4
Morelos	2	1	1	1	5
Nayarit	1	2	0	0	3
Nuevo León	1	8	6	9	24
Oaxaca	0	1	6	0	7
Puebla	3	0	8	1	12
Querétaro	2	2	4	4	12
Quintana Roo	0	0	4	0	4
San Luis Potosí	6	3	4	0	13
Sinaloa	1	0	0	1	2
Sonora	4	2	6	2	14
Tabasco	0	0	4	1	5
Tamaulipas	1	7	5	0	13
Tlaxcala	1	0	0	1	2
Veracruz	1	5	5	0	11



**Cuadro 4.2 (continuación)**

**Unidades Económicas del sector espacial en México por entidad federativa y segmento de la cadena de valor (2011)**

Estado	Investigación	Fabricación	Operación	Servicios	Total
Yucatán	1	1	2	2	6
Zacatecas	0	0	4	1	5
<b>Todos los Estados</b>	<b>75</b>	<b>119</b>	<b>154</b>	<b>82</b>	<b>430</b>

Fuente: adaptado de Diario Oficial de la Federación (2015). Acuerdo por el que se expide el Programa Nacional de Actividades Espaciales. Disponible en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5388707&fecha=14/04/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5388707&fecha=14/04/2015)

**4.2.2 Problemática que enfrenta la industria espacial en México**

Como se señala en el PNAE (2013-2018), la problemática nacional en el sector espacial se generó, entre otros factores, por la falta de una política nacional a largo plazo, que propiciara el desarrollo de la infraestructura espacial con todos los beneficios que de ella derivan. La falta de dicha política de Estado de mediano y largo plazo ocasionó la dispersión de recursos, la falta de crecimiento del sector y la dependencia de tecnologías y servicios de operadores extranjeros. Aun cuando México cuenta con una base instalada de manufactura avanzada y capacidad de diseño de sistemas en la industria aeronáutica con empresas tecnológicas con amplio potencial, se carece de la infraestructura y el financiamiento que se requiere para integrar a las instituciones de investigación y a las empresas que podrían formar parte de la cadena de valor de la industria espacial. Se requiere definir bien las estrategias para el país, así como identificar las organizaciones e instituciones que participan en esta industria para seleccionar bien las capacidades tecnológicas y humanas que se requieren para el desarrollo del sector (Gobierno Federal, 2016).

El sector espacial mexicano es un sector emergente de alta tecnología que requiere de una política enfocada a formar un mayor número de especialistas en el campo espacial en los tres niveles, técnico, licenciatura y posgrado. La formación de este capital humano especializado en el campo espacial, representa una inversión estratégica para el desarrollo del sector y del país, en la que deben participar de



manera coordinada los sectores educativo, empresarial y gubernamental, es decir, se requiere una mayor vinculación universidad-industria espacial-gobierno. El desarrollo de capacidades y competencias puede lograrse con base en alianzas estratégicas con instituciones y empresas experimentadas en asuntos espaciales de las comunidades internacionales y dispuestas a asociarse con México, lo cual permitirá reducir la dependencia tecnológica. En la medida que se logre lo anterior, México será menos vulnerable en relación a la integridad de las redes de información y a las instalaciones e infraestructura espacial estratégica.

La AEM (2014) realizó un estudio de las capacidades de investigación en materia espacial, en la academia, el sector público y la industria, en el cual se reporta que:

- a) Quienes se dedican exclusivamente a la investigación están en la academia, mientras que los sectores público y privado ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente.
- b) Con respecto a las áreas de especialización se encontró que los investigadores en la academia trabajan en áreas de ingeniería aeronáutica, mecánica eléctrica, en tecnología y telecomunicaciones, astronomía y materiales, mientras que, en el sector público, se investigó en la observación de la tierra, percepción remota, astronomía y astrofísica; en el sector privado, las áreas de especialización fueron en los servicios, principalmente de telecomunicaciones, conectividad y procesamiento de imágenes.
- c) La propiedad intelectual de las tecnologías que hoy se emplean en el país para proveer a la población de los servicios de observación, geolocalización y comunicaciones, están soportadas por una infraestructura rentada, licenciada, y en general, no desarrollada en el país.
- d) En México se estudian fenómenos de clima espacial y su impacto en la infraestructura de comunicaciones y en la vida en la tierra. Así mismo, la medicina espacial y los efectos de los vuelos espaciales, suborbitales y en el espacio aéreo, son de relevancia para la medicina preventiva.



El Dr. Saúl Santillán Gutiérrez (UNAM, 2013), en esta fecha coordinador del Centro de Alta Tecnología de la Facultad de Ingeniería, campus Juriquilla, señaló en una entrevista que “investigadores del Centro de Alta Tecnología (CAT) de la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNAM, campus Juriquilla, Querétaro, en conjunto con los de otras instituciones mexicanas, desarrollan trabajos orientados a planear las misiones del futuro con un enfoque de sustentabilidad. Los trabajos abordan la detección de partículas espaciales, modelos matemáticos de generación de desechos, su medición y planes de protección. El objetivo es integrar los esfuerzos de la Red Universitaria del Espacio (RUE) de esta casa de estudios, y de las Redes Temáticas de Ciencia y Tecnología Espacial y la Red Temática del Medio Ambiente Sustentable, apoyadas por el Conacyt”.

Asimismo, comentó que en el equipo se encuentran investigadores, estudiantes de posgrado y de las licenciaturas de tecnología e ingeniería, así como expertos de otras disciplinas. Como objetivo de algunas investigaciones señaló el de asegurar que al final de la vida útil de los satélites, la última dotación de combustible sea utilizada para moverlos a una trayectoria que los devuelva a la superficie terrestre. Del mismo modo, mencionó que “...se considera basura espacial a los satélites fuera de uso, fragmentos de cohetes utilizados en lanzamientos a las órbitas más lejanas y residuos de combustible no quemado. El 95 por ciento de los desechos que circundan al planeta fueron generados por las misiones espaciales. Además, de manera natural, en el espacio hay partículas que se convierten en micrometeoritos. Al diseñar satélites, es necesario integrar mecanismos de protección para aminorar cualquier impacto”.

También consideró el Dr. Santillán que, como país, tenemos la responsabilidad de estudiar esta problemática y asumir una postura en el ámbito internacional y que el propósito de las indagaciones es “promover el manejo sustentable para integrarlo en el protocolo de administración y planeación de las misiones espaciales nacionales, e insertar a México como un agente positivo en la reducción de este tipo de basura”.

En el PNAE (2013-2018) se destaca que la inserción de México en la comunidad espacial internacional requiere una alineación a los temas prioritarios de la agenda



espacial mundial, como son la promoción y adhesión a los distintos instrumentos jurídicos que conforman el derecho espacial, el desarrollo de aplicaciones espaciales a favor de la sostenibilidad ambiental, seguridad alimentaria y energética, así como los esfuerzos dirigidos a la prevención y gestión de desastres. En este sentido México ha tenido una creciente participación en foros y seminarios internacionales organizados por el Sistema de las Naciones Unidas, entre los que destacan el Comité para el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre (COPUOS, del inglés, *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*), el Instituto de las Naciones Unidas para la Investigación sobre el Desarme (UNIDIR, del inglés, *United Nations Institute for Disarmament Research*), la Organización Internacional de Telecomunicaciones Móviles por Satélite (IMSO), la Organización Marítima Internacional (IMO, del inglés, *International Maritime Organization*); igualmente, se señala que la AEM tiene presencia en otros organismos relevantes afines al tema espacial tales como la Conferencia Espacial de las Américas (CEA), la Conferencia Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y la Federación Internacional de Astronáutica (IAF, del inglés, *International Astronautical Federation*).

Según el Gobierno Federal (2016), los retos del sector espacial mexicano son enormes para su desarrollo y competitividad, así como para contribuir a la resolución de problemas ambientales, sociales y económicos, tal y como se menciona a continuación:

- Equilibrar los intereses públicos, privados y de la sociedad civil, para atender las necesidades de la población mediante el uso de infraestructura espacial.
- Procurar y estructurar el financiamiento para la realización de todas las etapas del ciclo de vida de los activos de la infraestructura espacial.
- Transitar eficazmente hacia sistemas y soluciones espaciales, soberanos y sustentables, operando con suficiencia de recursos de capital humano, científico, tecnológico y financiero.
- Evaluar integralmente y apoyar las iniciativas y propuestas de proyectos, productos y servicios espaciales de mayor beneficio e impacto social, económico y geopolítico.



- Lograr que la sociedad mexicana valore al espacio como un bien público y factor de progreso social y económico. Lograr el reconocimiento de la AEM como organismo estratégico y de consulta del Estado Mexicano, en los asuntos que impliquen el uso de tecnología e infraestructura espaciales.

#### **4.2.3 Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para el sector espacial en México.**

En el análisis FODA reportado por AEM y ProMéxico (2012) que se presenta en la tabla 4.1a, se destaca la situación de la industria espacial mexicana en comparación con la del resto del mundo y se identifican aquellos aspectos que deberán aprovecharse o mejorarse para consolidar un sector espacial de talla mundial. Con base en el análisis interno de la industria espacial mexicana, se determinaron sus fortalezas (atributos positivos y controlables), así como sus debilidades (atributos negativos y controlables); con base en un análisis del entorno nacional e internacional de esta industria se identificaron sus oportunidades (factores positivos y no controlables) y sus amenazas (factores negativos y no controlables).

Como puede verse en la tabla 4.1a, la principal fortaleza de la industria espacial mexicana es su experiencia, que se relaciona con el auge del sector aeroespacial y las capacidades del país en manufactura avanzada. Aun cuando, la segunda fortaleza radica en el talento de profesionales en las áreas tecnológicas y de ingeniería del país, cabe destacar que éstos no tienen la especialización que requiere la industria espacial, lo cual representa una de sus debilidades.

Es relevante para este trabajo analizar la principal debilidad que reflejó el análisis FODA, que es la falta de estrategia para el desarrollo del sector; si bien existen estrategias en el PNAE (2013-2018), éstas deben ser revisadas y evaluadas periódicamente para guiar al sector espacial hacia el aumento de su competitividad nacional e internacional, al tiempo que contribuye a la preservación del espacio y a satisfacer importantes necesidades de la población mexicana.

Las fortalezas señaladas en la tabla 4.1a le permitirán a México aprovechar las oportunidades detectadas en dicho análisis FODA: desarrollo de nuevas tecnologías



en comunicaciones, creación de centros de desarrollo tecnológico e innovación, así como la ubicación geográfica de nuestro país cerca de los Estados Unidos de América. Otra oportunidad que tiene México en este sector es el desarrollo de proveedores locales que participen en las cadenas de valor del sector aeroespacial en actividades de mayor valor agregado como diseño, ingeniería y manufactura avanzada.

**Tabla 4.1a**

**Análisis Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)**

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Experiencia en otros sectores como el aeroespacial y de manufactura.</li> <li>2. Recursos humanos, específicamente talento de ingeniería y desarrollo técnico.</li> <li>3. Experiencia en vinculación con diversos grupos académicos y agencias internacionales.</li> <li>4. Universidades y centros de investigación y desarrollo de alto nivel.</li> <li>5. Fondos federales y reducciones fiscales para el sector.</li> <li>6. Existencia de un Programa de Innovación Secretaría de Economía (SE) – Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).</li> <li>7. Estrategia definida a nivel nacional y en clústeres regionales.</li> <li>8. Legislación para la protección de la propiedad intelectual.</li> <li>9. Gran reserva de talento humano.</li> <li>10. Capacidades de desarrollo de proveeduría.</li> <li>11. Centros de investigación establecidos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollo de nuevas tecnologías en comunicaciones.</li> <li>2. Ubicación geográfica y cercanía con el mercado estadounidense (Tratado de Libre Comercio de América del Norte - TLCAN).</li> <li>3. Turismo espacial.</li> <li>4. Vínculos internacionales.</li> <li>5. Gran interés de agencias internacionales por colaborar con México.</li> <li>6. Incremento en el volumen de proyectos de alto nivel con la comunidad internacional.</li> <li>7. Requerimiento creciente de talento humano, especialista en la materia, a nivel mundial.</li> </ol>



**Tabla 4.1a (continuación)**

**Análisis Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)**

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de estrategia para el desarrollo del sector.</li> <li>2. Baja percepción del potencial del sector.</li> <li>3. Limitada coordinación entre la triple hélice.</li> <li>4. Deficiente vinculación entre la academia y las necesidades de la industria.</li> <li>5. Pocas empresas especializadas en alta tecnología espacial.</li> <li>6. Recursos humanos con baja especialización.</li> <li>7. Bajo presupuesto enfocado al sector.</li> <li>8. Baja investigación y desarrollo aplicado a la industria.</li> <li>9. Fuga de cerebros.</li> <li>10. Necesidad de desarrollo de proveeduría local.</li> <li>11. Falta de interacción entre centros de investigación.</li> <li>12. Necesidad de desarrollo de capital humano especializado.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Competencia de otros países.</li> <li>2. Desarrollo de la industria en países emergentes como Corea, China e India.</li> <li>3. Elevado riesgo país por la inseguridad.</li> <li>4. Proteccionismo económico y de transferencia tecnológica de otros países.</li> <li>5. Presencia recurrente de crisis económica mundial.</li> <li>6. Sector de inversiones de alto riesgo.</li> </ol>

Fuente: Agencia Espacial Mexicana [AEM] y ProMéxico (2012). Plan de Órbita: Mapa de ruta de la industria espacial mexicana", Ciudad de México, ProMéxico, octubre P. 25. Disponible en <http://www.promexico.gob.mx/documentos/mapas-de-ruta/plan-orbita.pdf>.

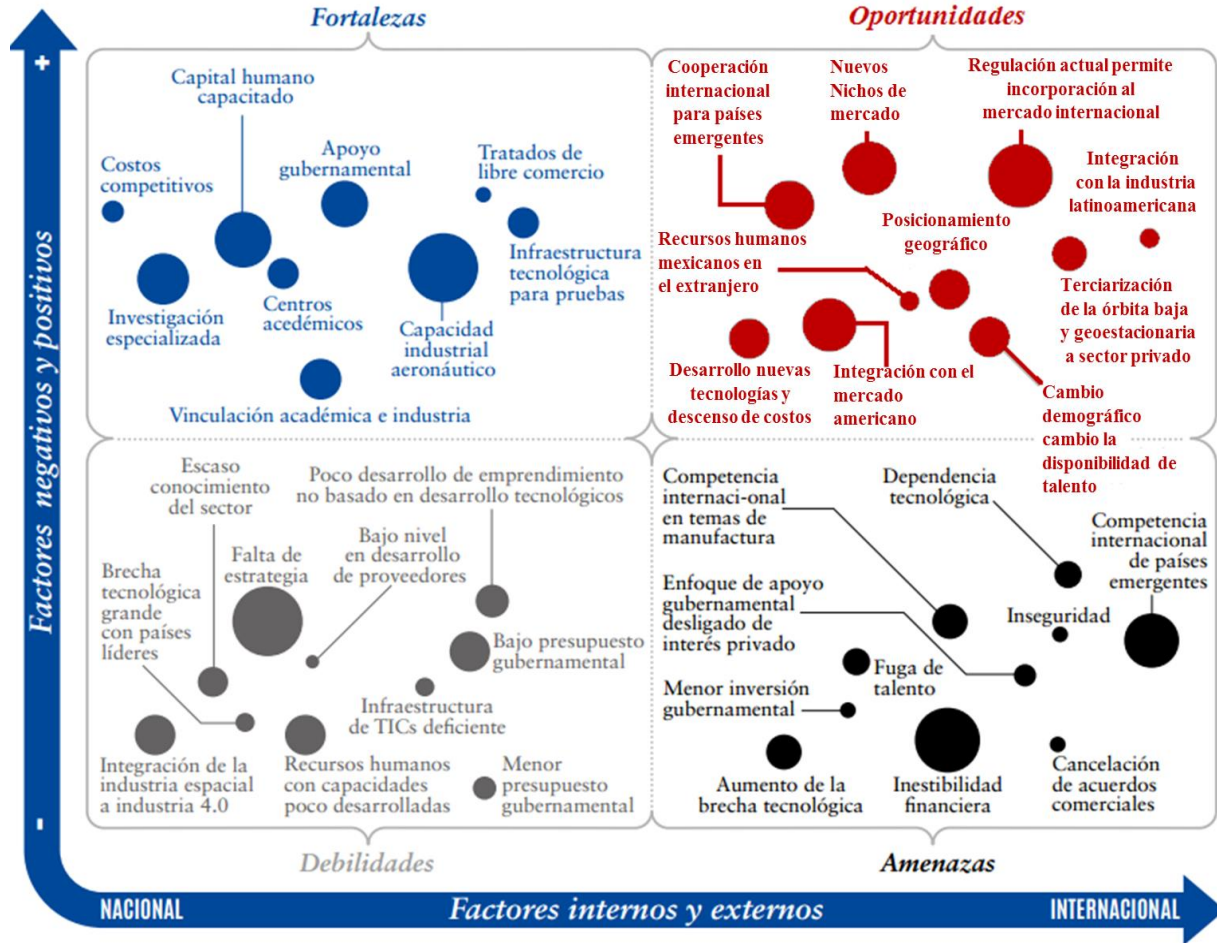
La principal amenaza que enfrenta el sector espacial en México se relaciona con la competencia de diversos países, entre los que destacan Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica (BRICS); otras amenazas en el nivel internacional, son el proteccionismo económico y las barreras no arancelarias, así como obstáculos a la transferencia tecnológica por cuestiones de seguridad nacional.

En el análisis FODA que se presenta en la tabla 4.1b, se destaca la situación de la industria espacial mexicana a cuatro años del primer Plan de Órbita publicado por AEM y ProMéxico (2012). Con base en el análisis de la industria espacial mexicana descrito en la segunda edición del Plan de Órbita, se determinaron los factores positivos, es decir, sus fortalezas y oportunidades; así como sus debilidades y amenazas. (AEM y ProMéxico, 2017).





Tabla 4.1b



### Análisis Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)

NOTA: El tamaño de las esferas representa la importancia relativa que el grupo de confianza asignó a cada factor; ésta se determina por el número de menciones que se hizo de cada fortaleza, debilidad, oportunidad y amenaza durante los talleres realizados.

Adaptada de Agencia Espacial Mexicana [AEM] y ProMéxico (2017). Plan de Órbita 2.0: Mapa de ruta de la industria espacial mexicana", Ciudad de México, ProMéxico, p. 43. Disponible en <http://promexico.gob.mx/documentos/biblioteca/plan-orbita.pdf>

Como se puede ver en las tablas 4.1 a y 4.1b, una de las principales fortalezas con las que cuenta México en relación con la industria espacial, es la disponibilidad de capital humano capacitado; esto se refiere a que actualmente México cuenta con 114,000 profesionales de ingeniería en todas sus áreas de estudio, así como también



con una importante red de laboratorios y observatorios nacionales, según datos del INEGI citados en AEM y ProMéxico (2017: 44).

No obstante lo anterior, se presenta como una debilidad la falta de recursos humanos con poca especialización en el sector espacial; se concluye que el capital humano es un factor dicotómico, ya que por una parte se cuenta con personal capacitado en diversas áreas de ingeniería, pero por otra, aún no se cuenta con profesionales con capacidades y competencias desarrolladas para poder realizar las actividades de la industria espacial mexicana necesarias para lograr un mayor valor agregado en este sector.

En el Plan de Órbita 2.0 se establecen;

*“las bases para el desarrollo sostenible de un sector espacial nacional fuerte y exitoso, aglutinado en torno a un clúster nacional. El compromiso de los sectores público, privado y académico con el mapa de ruta trazado, es un factor que permitirá alcanzar los objetivos sociales, económicos, tecnológicos, de seguridad nacional, de sustentabilidad ambiental y de posicionamiento internacional” (AEM y ProMéxico, 2017: 11).*

Como parte de las estrategias y retos planteados en el Plan de Órbita 2, se proponen proyectos integradores para fortalecer la cadena de valor del sector espacial, para así aprovechar las capacidades actuales y las oportunidades para el desarrollo de nichos estratégicos, reforzar las políticas nacionales referentes a este sector y aportar significativamente al desarrollo sustentable. (AEM y ProMéxico, 2017)

Asimismo, en esta segunda edición del Plan de Órbita, se reconoce la necesidad de contar con las medidas adecuadas para supervisar las coaliciones provocadas por los desechos espaciales; por lo anterior se resalta que la sustentabilidad es un nicho potencial para las actividades espaciales; sin embargo, no se plantean las acciones que se pretenden seguir para avanzar hacia la sustentabilidad.



#### 4.2.4 Evolución del desarrollo tecnológico de la industria espacial en México

En este apartado se presenta un panorama general del desarrollo de la tecnología espacial en México y su evolución histórica, con el objetivo de mostrar los esfuerzos de nuestro país en la materia, para después describir algunos proyectos de alta tecnología de la industria satelital que se han desarrollado en México y en particular en la UNAM.

**Tabla 4.2**

#### **Evolución de la tecnología espacial en México**

1957	<i>En la Universidad de San Luís Potosí se lanza el primer cohete con éxito armado y diseñado por alumnos de la carrera de física.</i>
1958	<i>Se lanza un nuevo cohete con el objetivo de probar el mecanismo de paracaídas para la recuperación del mismo.</i>
1959 y 1960	<i>Se realiza el lanzamiento de dos cohetes de combustible líquido alcanzando una altura de 4 km y el segundo una altura de 25 km.</i>
1962	<i>Se crea la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CONEE) en México.</i>
1966	<i>México ingresa a la ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES POR SATELITE INTELSAT.</i>
1972	<i>Termina los lanzamientos en Cabo Tuna con los lanzamientos del filoctetes2 un cohete de dos etapas.</i>
1976	<i>Desaparece la CONEE en 1976.</i>
1979	<i>Se inician los trámites para obtener una posición orbital Geoestacionaria mediante la UIT.</i>
1982	<i>Se establece un acuerdo trilateral entre México, Canadá y Estados Unidos sobre las posiciones orbitales 113.5° y 116.5° W.</i>
1982	<i>Se adquirió el Sistema Morelos siendo uno de los primeros sistemas que el gobierno mexicano adquiriría.</i>
1984	<i>Las posiciones orbitales C y Ku fueron notificadas e inscritas en el Registro Internacional de Frecuencias de la UIT para que México lograra ocuparlas y explotarlas.</i>
1985	<i>Se ponen en órbita los satélites Morelos I y Morelos II en las posiciones orbitales 113.5° y 116.8°W.</i>



1988	Se realizó un segundo acuerdo trilateral entre México, Canadá y EE.UU.A. Para ocupar las bandas C y Ku ocupando las posiciones orbitales 113°W, 114.9°W y 116.8°W.
1989	Se crea Telecomunicaciones de México (Telecomm) con sede en la ciudad de México.
1991	Se inicia la construcción del microsatélite UNAMSAT por parte del PUIDE.
1993	Es puesto en órbita el satélite Solidaridad I en la posición orbital 109.2° Oeste.
1994	Es puesto en órbita el satélite Solidaridad II o también llamado Satmex 4 en la posición orbital 113.5° Oeste.
1995	Es lanzado el microsatélite UNAMSAT A lamentablemente por un fallo en el cohete no llega a ponerse en órbita.
1996	Se firmó el Memorándum de Entendimiento para la coordinación de la banda L entre los países México, Canadá, EE.UU.A., URSS e INMARSAT.
1996	Se pone en órbita de manera exitosa el microsatélite UNAMSAT B.
1998	Es puesto en órbita el satélite Satmex 5 en la posición 116.8°Oeste.
2006	Es lanzado y puesto en órbita el satélite Satmex 6 o también llamado Eutelsat 113 en la posición orbital 113° Oeste.
2011	Es lanzado y puesto en órbita el satélite QuetSat 1 en la posición orbital 77° Oeste.
2012	Es lanzado y puesto en órbita el satélite MEXSAT 3 o también llamado Bicentenario en la posición orbital 114.9° Oeste.
2013	Es lanzado y puesto en órbita el satélite Satmex 8 o también llamado Eutelsat 117 en la posición orbital 116.8° Oeste.
2015	Es lanzado el satélite Centenario lamentablemente por una falla en el cohete no se logra poner en órbita.
2015	Se desarrolla el Nanosatélite Ulises.

Fuente: Hernández, M. (2016). *Marco legal para el desarrollo de tecnología espacial en los proyectos del Centro de Alta Tecnología de la FI en la UNAM*. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNAM, dirigida por el Dr. Carlos Romo Fuentes.

Como se puede observar en la tabla 4.2, en 1957 se inicia en México el desarrollo de la industria espacial en la Universidad de San Luis Potosí, cinco años antes que nuestro país ingresara a la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CONEE), la cual



desapareció en 1976; es hasta 1982 que se establece el primer acuerdo trilateral entre México, Canadá y Estados Unidos sobre posiciones orbitales y cuando México adquiere el Sistema Morelos; en 1985 se logra por primera vez poner en órbita un satélite, el Morelos I y posteriormente se realizó lo mismo con el Morelos II. Cabe destacar la importancia de la creación en 1989 de Telecomunicaciones de México (Telecomm) con sede en la Ciudad de México.

Se considera importante mencionar los primeros esfuerzos de la UNAM en incorporarse a la tecnología satelital: en 1991 se inició la construcción del microsatélite UNAMSAT A, el cual fue lanzado en 1995, pero por una falla en el cohete no se logró ponerlo en órbita; no obstante, en 1996 se logró el éxito con el UNAMSAT B.

Cabe señalar que es hasta ocho años después de que el gobierno mexicano puso en órbita sus primeros satélites, se logró poner en órbita otro satélite, el Solidaridad I; en 1994, se obtuvo el mismo éxito con el Solidaridad II, llamado también Satmex 4. Posteriormente, se pusieron en órbita con éxito los siguientes satélites: el Satmex 5 en 1998, el Satmex 6 (también llamado Eutelsat) en 2006, el QuetSat 1 en 2011, el MEXSAT 3 (también llamado Bicentenario) en 2012 y el Satmex 8 (también llamado Eutelsat 117) en 2013; sin embargo, en 2015 no se logró poner en órbita el satélite Centenario por una falla en el cohete.

Ciertamente nuestro país se insertó en la carrera espacial relativamente tarde en comparación con otros países como Estados Unidos, Rusia y China; no obstante, si bien es necesario destacar los esfuerzos que México ha realizado, cabe reflexionar sobre la manera de subsanar las debilidades que ha tenido y cómo enfrentar las amenazas que el entorno externo le presenta, las cuales fueron puestas de manifiesto en el análisis FODA que se presentó con anterioridad.

#### **4.2.5 El desarrollo de tecnología satelital en la UNAM**

Vázquez y Romo (s/f) señalan que el desarrollo de tecnología satelital fue prácticamente abandonado desde que el Programa Universitario de Investigación Espacial fue cancelado (1997). Salvo algunos esfuerzos en nano satélites y el



proyecto del Instituto de Ciencia Nucleares JEM EUSO, la tecnología espacial ha estado ausente de la agenda universitaria. Se conformó en la UNAM recientemente la Red Universitaria del Espacio (RUE) y dentro de sus actividades se han definido diferentes proyectos para iniciar de manera coordinada el desarrollo tecnológico y la investigación aplicada en materia espacial. En la Facultad de Ingeniería de la UNAM se creó el Centro de Alta Tecnología (CAT) de la UNAM, como una unidad de posgrado y vinculación industrial, con el objetivo de “impulsar el desarrollo de la innovación tecnológica industrial, para que se genere riquezas y empleo en el país”; los servicios que ofrece el CAT, señalados por Hernández (2016), son:

- Proyectos con las empresas que generan prototipos de máquinas, procesos y productos de la tecnología.
- Posgrados en los cuales los estudiantes aprendan a trabajar en proyectos de innovación y tecnológica industrial, con los siguientes programas académicos:
  - Ingeniería en diseño
  - Ingeniería automotriz
  - Diseño en productos en plásticos de ingeniería
  - Ingeniería en aeronáutica y espacial

A continuación, se describen algunos de los proyectos de alta tecnología espacial que se desarrollan en el CAT:

### **Misión Quetzal**

El proyecto del Satélite Quetzal es un trabajo conjunto entre la Facultad de Ingeniería, el CAT, el Centro de Ciencias de la Atmósfera, pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés de - Massachusetts Institute of Technology). El título original del proyecto fue: “*Design of a Satellite Research Platform for Pollution Monitoring in Mexican Cities: Quetzal 1st Stage*”; este proyecto se planteó para el desarrollo de una plataforma satelital que permita realizar el monitoreo de la columna de aire y sus contaminantes en puntos críticos de la geografía mexicana, como son la Ciudad de México, la cuenca del Popocatepetl,



entre otras regiones; este proyecto se considera importante porque aun cuando laboratorios satelitales orbitan ocasionalmente sobre territorio nacional, la disponibilidad de información y la periodicidad del muestreo no han permitido a los científicos de ciencias de la atmósfera hacer corroboraciones de sus modelos y teorías con mayor precisión. Se busca tener muestreos de al menos una vez al día sobre la cuenca del Valle de México para ofrecer información a estudiantes y científicos que estudian fenómenos relativos a nuestra geografía y dinámica social.

El proyecto cuenta actualmente con apoyo del fondo del Programa *MIT International Science and Technology Initiatives* (MISTI); este desarrollo tecnológico permitirá tener los primeros prototipos de ingeniería de algunos subsistemas satelitales, así como el diseño de la plataforma satelital, aprovechando la experiencia de dos instituciones líderes: el MIT de Estados Unidos de América y el Instituto de Aviación de Moscú (MAI, por sus siglas en inglés de Moscow Aviation Institute). (Vázquez y Romo, s/f).

Los retos tecnológicos que se plantean para la misión Quetzal son los siguientes:

- Reducir la instrumentación de tamaño y peso, los espectrómetros de masas para estos fines están sobre los 60 Kg de peso y no existen referencias de equipos de menor tamaño que se utilicen en misiones espaciales.
- Definir si un satélite o una constelación de satélites van a dar la frecuencia de paso necesaria para cubrir la misión de monitoreo.
- El diseño de la plataforma, que debe estar entre los 50 y 70 Kg, es muy compacto.
- Se requiere desarrollar varios subsistemas en el país e integrar soluciones tecnológicas que estén vigentes para satélites de este tamaño.

Los objetivos de la misión Quetzal, según Hernández (2016), son:

- Desarrollar la primera constelación de micro-satélites con ingeniería mexicana para tomar fotografías de la tierra.



- Medición de partículas contaminantes en la atmósfera y pruebas de sistemas de comunicación para uso científico de impacto social.
- Desarrollo de capacidades tecnológicas en centros de investigación y desarrollo, universidades y empresas participantes.
- Elaborar una primera plataforma para micro-satélite experimental con ingeniería desarrollada en México.
- Establecer un modelo de trabajo en las instituciones participantes para el desarrollo de misiones espaciales.
- Ofrecer la oportunidad de desarrollar, probar y validar tecnología nacional en una misión espacial completa, para empezar el proceso de independencia tecnológica en el monitoreo del territorio nacional.
- Establecer bases de colaboración con Instituciones líderes en el campo como lo son el MIT, MAI, *University of Notre Dame* y *Surrey University*.
- Integrar estudiantes de licenciatura y posgrado en el desarrollo de tecnología satelital en el área de micro-satélites, dentro de un programa formal de investigación y desarrollo.

### **Micro-satélite CONDOR UNAM-MAI**

Como señala García (2017), el Cóndor UNAM-MAI es un proyecto satelital de investigación en colaboración científica técnica entre la Facultad de Ingeniería de la UNAM y el MAI de la Federación Rusa; este proyecto surge en el marco del programa “Creación y lanzamiento del microsatélite pequeño para la investigación de los precursores ionosféricos de terremotos y la percepción remota de la superficie de la tierra”. Cóndor es la continuación de esfuerzos en el área después de UNAMSAT-B y puede ser considerado como el regreso del desarrollo de tecnología espacial en nuestro país ya que actualmente en México se adquiere esta tecnología del extranjero en lugar de desarrollarla, lo cual pone al país en desventaja al no estar innovando.

Los objetivos generales del proyecto Cóndor son:

- Desarrollar un grupo de trabajo que pueda cubrir los aspectos claves para el diseño y la construcción de satélites artificiales en México.





- Integrar instituciones nacionales y dependencias académicas para el desarrollo tecnológico de micro-satélites.
- Dar a la UNAM una posición de liderazgo en el desarrollo de la tecnología espacial nacional.

Sus objetivos específicos son:

- Recolectar información a bordo del satélite para el estudio de precursores ionosféricos de terremotos por parte de México y la Federación Rusa.
- Desarrollar un sistema de percepción remota y de alta capacidad de transmisión de información en tiempo real para beneficio de ambos países.
- Formar recursos humanos especializados en cada una de las áreas involucradas en el desarrollo de plataformas satelitales.
- Prueba de sensor solar para estabilización (Instituto de Geografía de la UNAM).
- Percepción remota, envío a tierra de fotografías del territorio nacional en tiempo real de baja resolución.

### **Nano-satélite Ulises 2.0**

Es un nano-satélite de tipo TubeSat que tiene índole artística con la misión de fotografiar un punto del mundo de acuerdo a las instrucciones del artista y tomar la imagen en las coordenadas indicadas y transmitir las a la estación terrena; se estima que esté a una altura de 300 y 400 km. La idea principal del proyecto es que el artista en tierra, interactúe con el satélite vía Internet/estación terrena.

La duración del proyecto es de 2 años, se pretende que al ser puesto en órbita fomente la formación de especialistas en ingeniería espacial, la colaboración entre ingenieros y artistas, y que desarrolle una misión que apoye un nuevo campo de creación artística en donde el satélite es un instrumento que funciona como una interfase del artista (Hernández, 2016).



## **Estación Terrena CAT Juriquilla, Querétaro**

Esta estación se proyecta para recibir la telemetría de los futuros proyectos de los micro-satélites y nano-satélites desarrollados en el CAT, así como tener la capacidad de enviar comandos mediante una antena parabólica que trabajará en las bandas S en los rangos de frecuencia de 2200-2290 [MHz] y 2025- 2110 [MHz], así como en la banda X en los rangos de frecuencia de 8025-8400 [MHz], además de una antena tipo Yagi que trabajara en las bandas UHF con un rango de frecuencias de 432-440 [MHz] y VHF con un rango de frecuencias de 144-146[MHz] (Hernández, 2016).

## **Organización de un concurso Universitario de CANSAT**

Con este concurso se pretende motivar la participación de los estudiantes para iniciarse en las actividades de tecnología espacial, así como despertar su interés en la innovación en ciencia y tecnología aeroespaciales. CanSat - se trata de una competencia juvenil en donde se diseñan y crean modelos educativos de satélites de dimensiones pequeñas, su volumen debería ser del orden de los 350 mililitros y la masa, de unos 500 gramos, similar al tamaño de una lata de refresco, de ahí el nombre de la competencia a partir de dos palabras inglesas CAN - lata y SAT - abreviatura de satélite. Estos aparatos normalmente deben ser autónomos, así como efectuar transmisiones de datos. Los CanSat se usan como introducción a la tecnología espacial debido al bajo costo, corto tiempo de preparación y simplicidad de diseño en comparación con otros proyectos espaciales. Bajo la guía de un tutor-profesor especialista en el tema, los estudiantes son los encargados de definir objetivos primarios y secundarios que va a realizar su misión, diseñar el CanSat, integrar los componentes, comprobar el correcto funcionamiento, preparar el lanzamiento, analizar los datos y organizarse como equipo distribuyendo la carga de trabajo.

Se concluye que, si bien se han realizado en México incipientes esfuerzos relativos al desarrollo de alta tecnología e innovación en el sector espacial, éstos no han sido suficientes y se han dado de manera aislada y no han contado con apoyo y financiamiento adecuados por parte del gobierno mexicano; es imprescindible que éste destine mayor presupuesto para actividades científicas, desarrollo tecnológico



e innovación que se desarrollan en las universidades y centros de investigación del país, las cuales se consideran fundamentales para impulsar la competitividad de todos los sectores industriales, y en particular del espacial.



# Capítulo 5

---



## **CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE UN MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍA CON PERSPECTIVA SUSTENTABLE (ATpS) PARA LA INDUSTRIA ESPACIAL**

El objetivo principal de este capítulo es hacer una propuesta de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable (ATpS) para la industria espacial en México, en el cual se describen sus características, así como la manera que su aplicación contribuye: a la generación de valor económico de los inversionistas y otras partes interesadas; a la satisfacción de las necesidades sociales de las generaciones presentes y futuras; y al cuidado del medio ambiente espacial, en particular el producido por los desechos sólidos derivados de las misiones espaciales. Cabe destacar que esta propuesta se enfoca principalmente en la sustentabilidad ambiental, aun cuando se menciona que los aspectos sociales de la sustentabilidad son muy relevantes e importantes como oportunidades de creación de valor.

### **5.1 Justificación de incorporar la perspectiva sustentable en la administración de tecnología en la industria espacial**

Con base en el marco teórico expuesto en el capítulo 1, principalmente las aportaciones de Hart y Milstein (2003), Simón y Rueda (2015), se plantea que la identificación de estrategias y prácticas de la administración, y en particular las de la administración de tecnología contribuyen a la sustentabilidad de la industria espacial ante los retos globales que enfrenta, y cómo la utilización adecuada de dichas estrategias y perspectivas de negocio pueden generar valor para los inversionistas y partes interesadas, a la vez que se contribuye a la solución de problemas sociales y se preserva el medio ambiente de suelo, agua, aire y del espacio ultraterrestre. En resumen, se argumenta que, para tener éxito en el largo plazo, las empresas deberían enfocar su atención a la creación de valor considerando los aspectos sociales (la gente), ambientales (el planeta) y económicos (prosperidad).

La industria espacial mexicana debe contemplar los acuerdos establecidos y directrices propuestas por COPUOS, para determinar las normas operativas y los lineamientos marco para la investigación y desarrollo de tecnologías de este sector,



para así poder incorporarse de manera sustentable a las actividades del sector espacial mundial. De acuerdo con el análisis FODA presentado en el capítulo 4, se señalan algunas debilidades en las actividades de I + D e innovación de los diferentes actores que conforman la cadena de valor de esta industria; estas debilidades son una gran oportunidad para contemplar el desarrollo tecnológico de la industria espacial de forma holística.

La adopción de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable se considera un factor crítico dentro de las organizaciones de base tecnológica aeroespacial, ya que contemplan a la tecnología como un recurso que permite establecer una ventaja competitiva con su adecuada administración; asimismo, permite incorporar el concepto de sustentabilidad, como parte de las funciones que integran el modelo de administración tecnológica, permite generar valor en las actividades de I + D espacial en México.

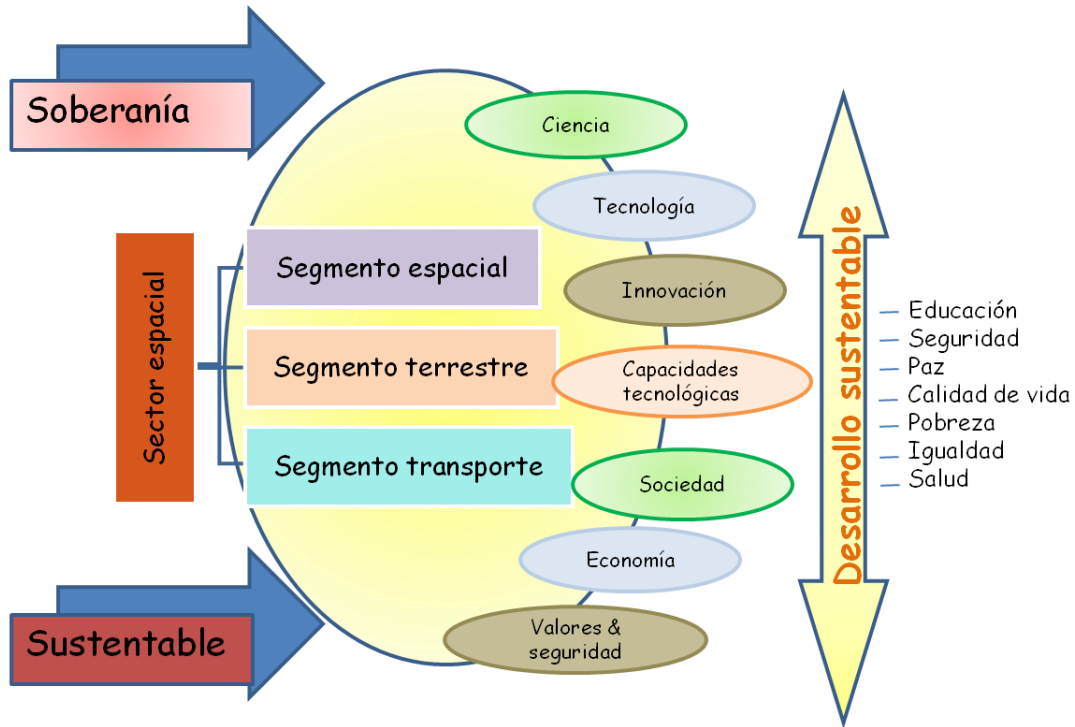
No obstante, dicha situación no se presenta solamente en el desarrollo de los productos, procesos o actividades que se generan dentro de cada una de las organizaciones que conforman la industria, sino que se perciben también en la administración pública en el establecimiento y aplicación de políticas sustentables en programas de I + D aeroespacial y en el fomento de la participación conjunta de la academia, industria y gobierno.

Es importante que en el vínculo existente entre la academia, industria y gobierno se establezca una relación de cooperación para la generación de conocimiento en los tres segmentos: espacial, terrestre y transporte que forman parte de la industria espacial. Este vínculo, permitirá conocer las necesidades de ciencia, tecnología y de I + D necesarias para desarrollar las capacidades tecnológicas y de infraestructura que requiere esta industria; así como también generar una cultura de valores, seguridad y ética en las actividades espaciales para mantener la soberanía de la Nación, lo cual se considera fundamental para lograr el desarrollo sustentable de manera integral; en la figura 5.1 se presenta una visión integral de la industria espacial con perspectiva sustentable.



Figura 5.1

Visión integral de la industria espacial con perspectiva sustentable



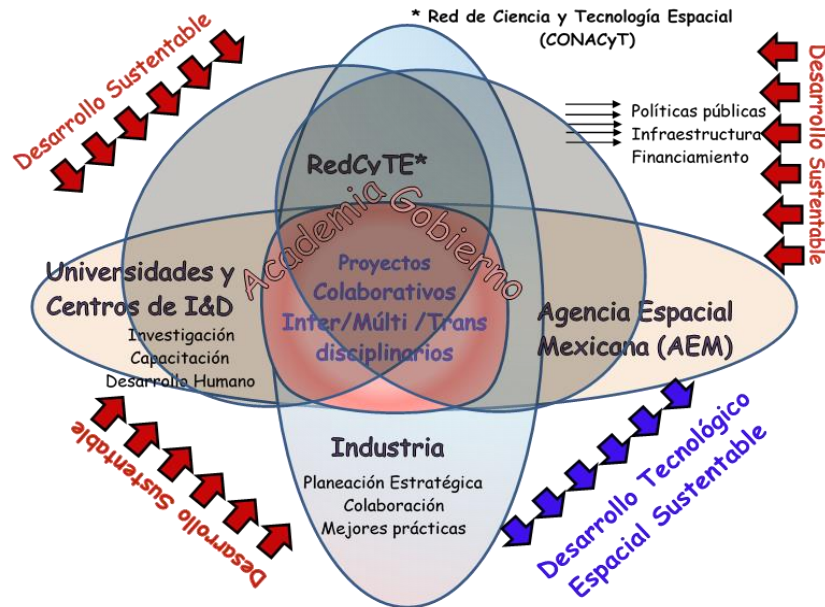
Fuente: *Programa Nacional de Actividades Espaciales 2013-2018*, disponible en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194707/Programa\\_Nacional\\_de\\_Actividades\\_Espaciales\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194707/Programa_Nacional_de_Actividades_Espaciales_2016.pdf)

La industria espacial mexicana (IEM) requiere que los proyectos de alta tecnología que se desarrollan en el marco del PNAE 2013-2018 se realicen con base en una perspectiva sustentable de generación de valor económico, ambiental y social; es fundamental la colaboración multi, inter y transdisciplinaria, así como la vinculación entre universidades, centros de I + D y las organizaciones públicas y privadas involucradas, para así establecer los procesos que permitan el crecimiento de este sector con una perspectiva sustentable. (Véase figura 5.2)



Figura 5.2

Vinculación universidad-industria espacial-gobierno con una perspectiva sustentable



**Fuente:** elaborado con base en Viñals, S. y Rosales, M. (noviembre, 2011). Centro de Desarrollo Aeroespacial en RedCyTE: *Programa Aeroespacial Politécnico. Red de Ciencia y Tecnología Espaciales (RedCyTE): Evento de Arranque* [ppt]. Recuperado en: <https://es.slideshare.net/SergioVialsPadilla/pae-411-dtv4r3-mrassv-bv-part-ipn-en-redcyte111122>

De acuerdo con los planteamientos teóricos expuestos en los capítulos 1 y 2, se presenta una propuesta que establece principios, estrategias, actividades y herramientas que se pueden adoptar dentro de las organizaciones que conforman la industria espacial en México, para generar un marco de desarrollo tecnológico que permita a esta industria enfrentar los retos y desafíos globales que plantea la sustentabilidad, en particular contar con medidas de prevención y control en la generación de desechos sólidos en las órbitas a causa de las misiones espaciales mexicanas.

En otras palabras, esta propuesta se encuentra sustentada en el análisis de la teoría planteada sobre administración de tecnología, así como en la administración de la cadena de valor y la incorporación de la administración del ciclo de vida (LCM) y la





evaluación del ciclo de vida (LCA) como herramientas metodológicas que permite evaluar y estimar los impactos medioambientales causados por los productos generados por esta industria, durante todo su ciclo de vida. Asimismo, se sustenta en el marco de generación de valor sustentable planteado por Hart y Milstein (2003).

## **5.2 Propuesta de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable para la industria espacial**

Para la elaboración de esta propuesta se requiere conocer la situación en la que se encuentra la industria espacial en México (véase capítulo 4), así como identificar las acciones que se realizan en relación a las metas planteadas por la COPUOS (expuestas en el capítulo 3) en materia de sustentabilidad espacial y control/mitigación de desechos espaciales.

La tecnología que se desarrolla en la IEM se basa en el marco del Programa Nacional de Actividades Espaciales, “el cual está alineado con el Plan Nacional de Desarrollo para formular y conducir las acciones que necesita México para el desarrollo de capacidades nacionales en observación de la tierra, tecnología de navegación global por satélite, el transporte espacial, las comunicaciones satelitales, aplicaciones para mejorar la eficiencia y seguridad de los medios logísticos, el monitoreo y vigilancia en las carreteras y en general de los recursos estratégicos del país”. (Gobierno Federal, 2016: 13)

Con base en el PNAE se establece que la Agencia Espacial Mexicana será el actor con responsabilidad global, que interactúe con la comunidad espacial y que la convierta en uno de los principales actores dentro de la Comunidad Internacional Espacial y sea la encargada de ejecutar las acciones propuestas en dicho Programa.

El proceso de administración de tecnología con perspectiva sustentable (figura 5.3) permite establecer las bases para formular y aplicar las directrices y estrategias necesarias para establecer un Plan de Desarrollo Tecnológico Espacial a largo plazo el cual considere:



- 1) Analizar de qué manera el PNAE incorpora las directrices de COPUOS en materia de sustentabilidad.
- 2) Hacer una propuesta de lineamientos y líneas de acción que incorpore dichas directrices relativas a la sustentabilidad.
- 3) Incorporar las necesidades que tiene la industria espacial mexicana identificadas por la AEM, considerando las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del sector espacial.
- 4) Identificar las características del empuje tecnológico y las opiniones de los expertos involucrados en la cadena de valor.
- 5) Establecer las estrategias tecnológicas adaptadas al plan de órbita de largo plazo de la industria espacial en México.
- 6) Integrar las tres dimensiones de la sustentabilidad: económica, social y ambiental en la administración de tecnología.
- 7) Incorporar la Implementación de la tecnología, desarrollo de productos y servicios industriales con perspectiva sustentable en sus tres dimensiones.
- 8) Vigilar y monitorear, así como evaluar la tecnología con perspectiva sustentable en sus tres dimensiones.
- 9) Establecer que la coordinación sea de forma Integral entre todos los elementos y participantes de la industria espacial.

Con base en ello, es necesario considerar que esta industria depende de una gama de actividades que incluyen una gran variedad de procesos, por lo que la administración de ellos requiere unificar los requisitos de cada proceso de manera integral en un modelo de administración de tecnología que contemple las líneas de acción del PNAE, las estrategias adecuadas para la generación de valor y el uso de las herramientas adecuadas, que contengan una perspectiva sustentable en toda la cadena de valor de esta industria.

Cabe destacar que los modelos analizados en el capítulo 2 de este trabajo, no contemplan la incorporación de la administración del ciclo de vida (LCM) como parte de las actividades de la administración de tecnología, aun cuando algunos de ellos incorporan la evaluación del ciclo de vida como una herramienta para obtener información sobre la evaluación y el abandono de la tecnología. Por consiguiente, se



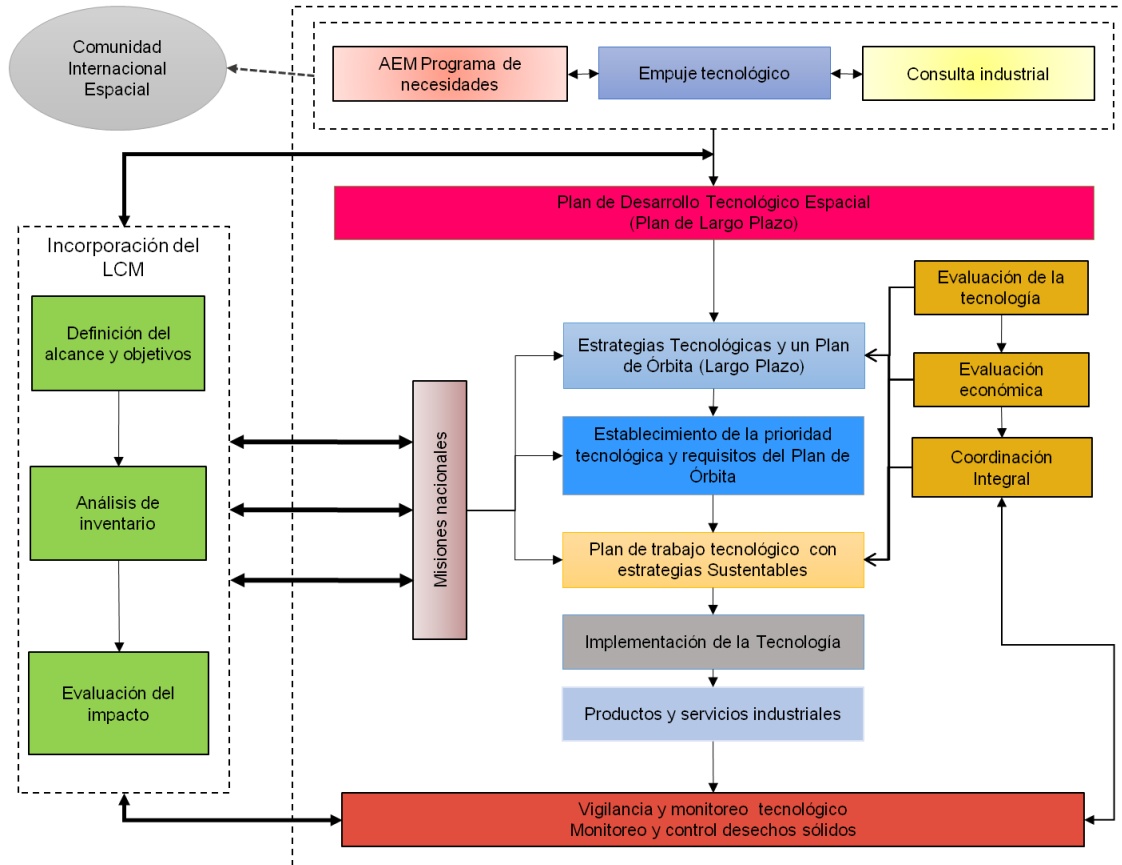
considera importante mencionar que el modelo que se propone incorpora **LCM como parte fundamental de la administración de tecnología con perspectiva sustentable, con el objetivo de que se considere la sustentabilidad en toda la vida del satélite, durante toda la misión espacial y en toda la cadena de valor** (véase figura 5,3). Con base en lo señalado en el capítulo I, se argumenta que LCM mejorará el desempeño ambiental de los proyectos espaciales y de la cadena de valor de la industria, a la vez que contribuirá a generar valor para los inversionistas y todas las partes interesadas en el corto y largo plazo, así como a mejorar la calidad de vida de la población con sus aportaciones tecnológicas.

También el LCM permite orientar, organizar, analizar y gestionar la información y las actividades relacionadas con los productos espaciales para prevenir la contaminación de los desechos sólidos mediante la disminución de materiales que la ocasionan y cumplir con las demandas de la normatividad y la legislación ambiental; en este aspecto sirve de apoyo decisiones de inversión como selección de tecnologías y desarrollo de productos y servicios con mayor eficiencia y eficacia en sus procesos, mediante la reducción del uso de energía, consumo de agua y materiales nocivos durante todo el ciclo de vida de los productos espaciales.



Figura 5.3

**Propuesta del Modelo de Administración de Tecnología con perspectiva sustentable (ATpS) para la industria espacial**



Fuente: elaborado con base en Guglielmi (2010), Gramas (2014), Gobierno Federal *et al*, (2012), COPUOS (2015) y Martínez (2013); Copuos (2016); Belkys y Márquez (2009); Hidalgo (1999); Hidalgo, León y Pavón (2002); Baena, Botero y Montoya (2003); Marshall, Prusak y Shpilberg (1997); PNT (2010); Hart y Milsterin (2003); COTEC (1999a); COTEC (1999b).

La propuesta del modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable tiene los siguientes elementos: principios, estrategias, acciones, así como herramientas que permitan implementar el modelo en la industria espacial. A continuación, se presenta el principio que se considera debe regir todas las actividades espaciales, el cual se formuló de conformidad con lo establecido por COPUOS (2015):



### **5.2.1 Principio para una administración de tecnología con perspectiva sustentable (ATpS).**

Equilibrio entre el acceso a la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre por todos los Estados y entidades gubernamentales y no gubernamentales únicamente para fines pacíficos con la responsabilidad ética de preservar y proteger el medio ambiente espacial, así como de contribuir a la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras, a la vez que se genera valor económico para los inversionistas y otras partes interesadas de las empresas.

### **5.5.2 Estrategias sustentables para ATpS:**

A continuación, se describen las estrategias relativas a la generación de valor sustentable, en el marco de las cuales se desarrollarán las actividades y se aplicarán las herramientas propuestas para la administración de tecnología con una perspectiva sustentable para la industria espacial mexicana:

#### **5.2.2.1 Estrategias económicas**

- Minimizar consumo de agua, energía y generación de residuos y emisiones de las operaciones.
- Registrar los daños ocasionados al medio ambiente e informar a las partes interesadas al respecto.

#### **5.2.2.2 Estrategias medioambientales**

- Elaborar y aplicar criterios y procedimientos para realizar actividades de la eliminación activa, es decir, retirada activa de desechos espaciales
- Elaborar y aplicar criterios y procedimientos para realizar actividades de prevención y mitigación de desechos espaciales
- Elaborar y aplicar criterios y procedimientos que contemplen durante todo el ciclo de vida del satélite y en toda la cadena de valor la disminución del impacto ambiental generado durante la misión espacial.



- Establecer procedimientos y requisitos para realizar en condiciones de seguridad, operaciones que culminen en la destrucción de objetos espaciales en órbita.
- Reinventar procesos, productos y modelos de negocio que mejoren el desempeño ambiental en toda la cadena de valor, y que consideren los ecosistemas de los negocios.
- Reutilizar materiales para crear productos de mayor calidad o de mayor valor que el original, así como contemplar el reciclaje de los productos.
- Adoptar procedimientos mediante el Sistema de Gestión Ambiental, ISO 14000, que contemplan la gestión y la auditoría medioambiental.
- **Administrar la tecnología con una perspectiva sustentable**, de tal manera que incorpore la administración del ciclo de vida y la de la cadena de valor.

### 5.2.2.3 Estrategias sociales

- Integrar las visiones de las partes interesadas en los procesos empresariales.
- Adoptar criterios de responsabilidad social para todas las partes interesadas, así como informarles con base en la triple cuenta de resultados: económicos, sociales y ambientales.
- Satisfacer necesidades sociales de toda la población del planeta, particularmente de la que vive en condiciones de marginación y pobreza, mediante desarrollos tecnológicos e innovaciones, como por ejemplo: proporcionar información satelital para prevención de desastres, para telecomunicaciones, para servicios financieros, entre otros.

Cabe destacar que el principio establecido para la industria espacial servirá de base para la implementación de las estrategias y de todas las acciones que se realicen con sus respectivas herramientas; asimismo, es preciso señalar que las estrategias descritas para cada dimensión (económicas, ambientales y sociales) se interrelacionan entre sí y con las otras dos dimensiones; de esta manera, la industria espacial funcionará como un sistema sustentable, el cual exige un cambio en patrones de pensamiento y comportamiento y una política pública sustentable para



la industria espacial por parte de organismos internacionales y del gobierno mexicano.

Es de suma importancia contemplar que esta industria depende de la colaboración internacional para la ejecución y puesta en marcha de los proyectos, por ello la propuesta de la ATpS debe considerar incorporar la dimensión internacional, desde los organismos reguladores como la COPUOS, hasta agencias espaciales de otros países y empresas que desarrollan la tecnología de esta industria.

Cabe destacar que el modelo propuesto permite integrar a las personas, organizaciones y procesos, en toda la cadena de valor como una columna vertebral que se extiende fuera de la misión espacial.

En este documento se establece el proceso general por el cual la industria espacial mexicana puede formular los procesos de administración de tecnología con perspectiva sustentable enfocados a proyectos espaciales; en estos procesos es fundamental la investigación científica, el desarrollo tecnológico e innovación, así como la transferencia tecnológica de otras industrias como la aeronáutica, la automotriz, la de electrodomésticos entre otras.

### **5.2.3 Fases, etapas y actividades de la ATpS**

En el caso de la industria espacial, la tecnología no solamente se adquiere, sino que se desarrolla; por lo tanto, el producto es un desarrollo tecnológico, como por ejemplo, un satélite. Con base en esto el modelo propuesto de ATpS consta de tres fases: formulación, desarrollo e implementación y evaluación, así como sus respectivas etapas y las actividades que se requieren para incorporar la administración del ciclo de vida, como puede verse en la figura 5.4.

#### **5.2.3.1 Fase I. Formulación**

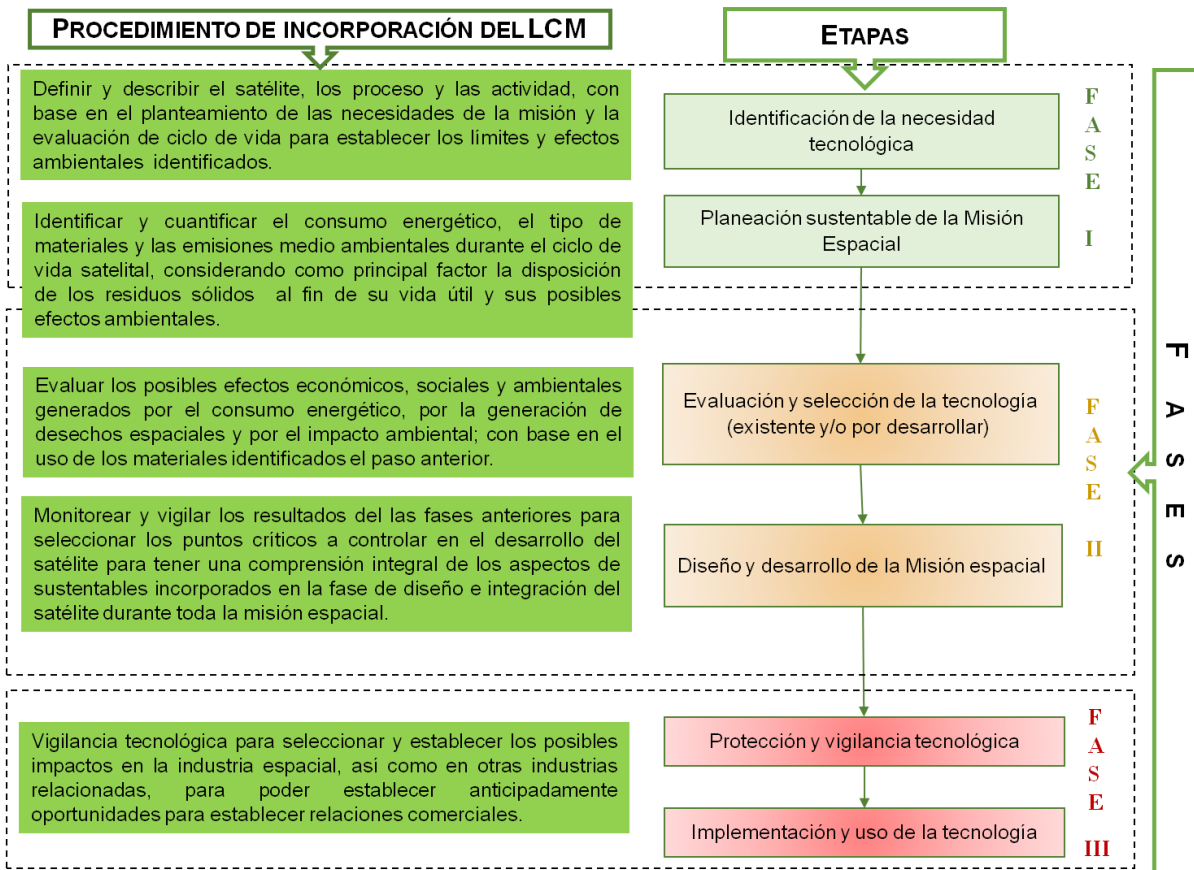
Incluye dos etapas: a) la identificación de la necesidad tecnológica y b) la planeación de la tecnología que se va a utilizar (figura 5.4); estas dos etapas incluyen ocho actividades que se describen en la figura 5.5. La primera etapa incluye un diagnóstico de las tecnologías existentes en los niveles nacional e internacional, decidir si se



adquiere o se desarrolla. En la segunda etapa, se identifican y clasifican las capacidades tecnológicas, científicas con que se cuenta, aquellas que hay que desarrollar y los recursos humanos necesarios e identificar a los especialistas con que se cuenta.

Figura 5.4

**Proceso del Modelo de Administración de Tecnología con perspectiva sustentable (ATpS)**



Fuente: elaborado con base en Guglielmi (2010), Gramas (2014), Gobierno Federal *et al*, (2012), COPUOS (2015) y Martínez (2013); Copuos (2016); Belkys y Márquez (2009); Hidalgo (1999); Hidalgo, León y Pavón (2002); Baena, Botero y Montoya (2003); Marshall, Prusak y Shpilberg (1997); PNT (2010); Hart y Milsterin (2003); COTEC (1999a); COTEC (1999b).

En esta fase I, también es necesario establecer los objetivos de la misión espacial, así como la determinación de las directrices, lineamientos y acciones a seguir en las tres dimensiones de la sustentabilidad: económica, ambiental y social; asimismo, es necesario identificar y cuantificar el consumo energético, los materiales y las





emisiones medioambientales durante el ciclo de vida del satélite, considerando como primer factor la disposición de los residuos sólidos al final de su vida útil y sus potenciales efectos ambientales.

Con base en lo anterior, es necesario establecer las estrategias tecnológicas con perspectiva sustentable, la estrategia de financiamiento, determinación de la demanda y oportunidades en el mercado, así como la determinación de los aspectos legales, normativos y técnicos.

Asimismo, es necesario generar una propuesta técnico-económica que incluya costos, recursos humanos, materiales, equipo, viáticos, transporte, consumibles, becas y cualquier otro gasto para desarrollar el proyecto.

Por otra parte, es necesario describir y definir las actividades con base en las necesidades no solamente del desarrollo tecnológico, sino también establecer los límites y efectos ambientales a partir de su identificación en la evaluación del ciclo de vida del producto.

### **5.2.3.2 Fase II. Desarrollo e implementación**

Incluye dos etapas: a) evaluación y selección de la tecnología y b) diseño y desarrollo de la misión espacial, existente y por desarrollar. (Véase figura 5.4). Estas dos etapas incluyen diez actividades que son: determinación de criterios de vinculación industria espacial-academia para definir la participación de ambas partes en el desarrollo tecnológico; establecimiento de los lineamientos jurídicos y legales de la colaboración; definición de sistemas y subsistemas de la misión espacial; definición de los participantes del proyecto, de las actividades y de las etapas a seguir de la misión espacial; financiamiento para cada etapa de la misión; establecimiento de las especificaciones de diseño; definición de participantes en cada subsistema y sus actividades a seguir; formación de los equipos de trabajo; logística, comercialización y producción e integración de los subsistemas. (Figura 5.5).

Es importante resaltar que en esta fase II se deben evaluar los posibles efectos ambientales generados por el consumo energético, por la generación de desechos espaciales y por el impacto ambiental generado por el uso de los materiales identificados en la fase anterior; asimismo, se deben monitorear y vigilar los resultados de todas las actividades descritas para seleccionar los puntos críticos que



deben controlarse en el desarrollo del satélite para tener una comprensión integral de los aspectos de sustentabilidad a incorporar en la fase de diseño e integración del satélite durante toda la misión espacial.

### **5.2.3.3 Fase III. Evaluación**

Esta fase incluye dos etapas: a) protección y vigilancia tecnológica y b) implementación y uso de la tecnología (figura 5.4); estas etapas contemplan cuatro actividades: licenciamiento; control y monitoreo de la tecnología; propiedad intelectual y difusión del desarrollo tecnológico en los niveles nacional e internacional. (Figura 5.5)

En esta fase III es necesario seleccionar y establecer el impacto del desarrollo tecnológico en la industria espacial y en otras industrias relacionadas, así como para anticipar oportunidades de comercialización de la tecnología y sus posibles aplicaciones para la solución de problemas sociales y ambientales.

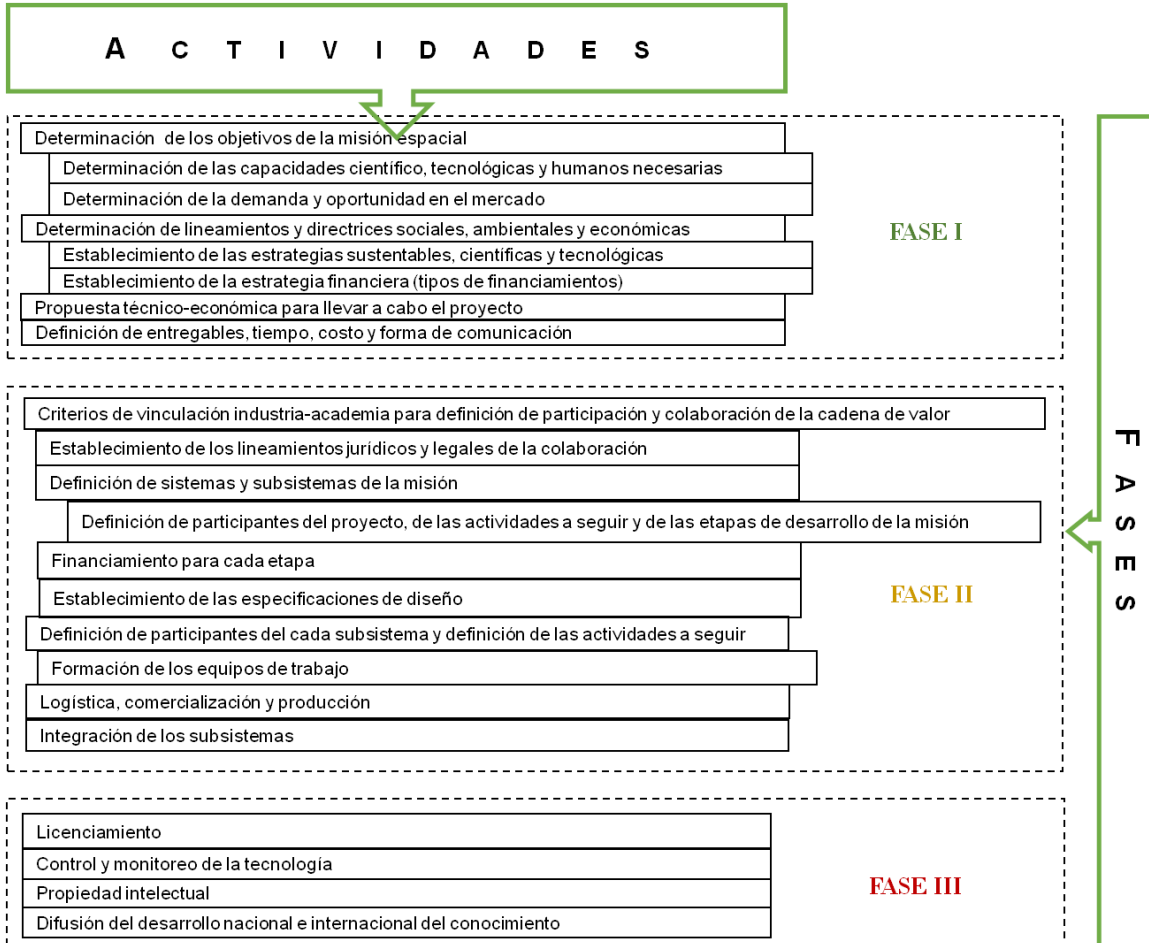
Es importante que exista comunicación entre las fases descritas de la administración de tecnología, la cual se considera fundamental para la coordinación integral del proyecto tecnológico espacial; también es relevante para que todos los participantes tengan la información, requerimientos funcionales y especificaciones en cada una de las etapas del proyecto, lo cual facilitará la incorporación de la perspectiva sustentable mediante LCM

Cabe destacar que la administración del ciclo de vida (LCM) se considera el eje primordial del modelo, dado que debe incorporarse de manera transversal en las tres fases del modelo y en sus respectivas etapas, así como en las estrategias sustentables descritas.

Durante la formulación de las necesidades tecnológicas se determinan también diversas soluciones técnicas para satisfacerlas, así como también se definen y establecen los objetivos de cada proyecto, alineados a los de la organización.



**Figura 5.5**  
**Actividades en cada fase del proceso del Modelo Administración de Tecnología con perspectiva sustentable (ATpS)**



Fuente: elaborado con base en Guglielmi (2010), Gramas (2014), Gobierno Federal *et al*, (2012), COPUOS (2015) y Martínez (2013); Copuos (2016); Belkys y Márquez (2009); Hidalgo (1999); Hidalgo, León y Pavón (2002); Baena, Botero y Montoya (2003); Marshall, Prusak y Shpilberg (1997); PNT (2010); Hart y Milsterin (2003); COTEC (1999a); COTEC (1999b).

### 5.2.4 Herramientas para la ATpS

Con base en lo anterior, el conjunto de herramientas que se consideran importantes para la administración de la tecnología son: benchmarking, análisis de mercado, vigilancia e inteligencia tecnológica, análisis de patentes, matriz de correlación, metodologías de diseño, LCA, auditorias, evaluación del proyecto, matriz de posición tecnológica, alianzas tecnológicas, análisis de valor y planeación tecnológica. (COTEC, 1999b:7), (Hidalgo, 1999), (Hidalgo, *et al*, 2002).



Cada fase de ATpS se puede apoyar con herramientas, aun cuando esta parte no es esencial (COTEC 1999a:14), es de gran importancia contar con instrumentos de apoyo que permitan entender cómo integrar en cada etapa del proceso de ATpS las necesidades y estrategias planteadas, sobre todo en industrias que están en su fase inicial de desarrollo, como es el caso de la industria espacial en México.

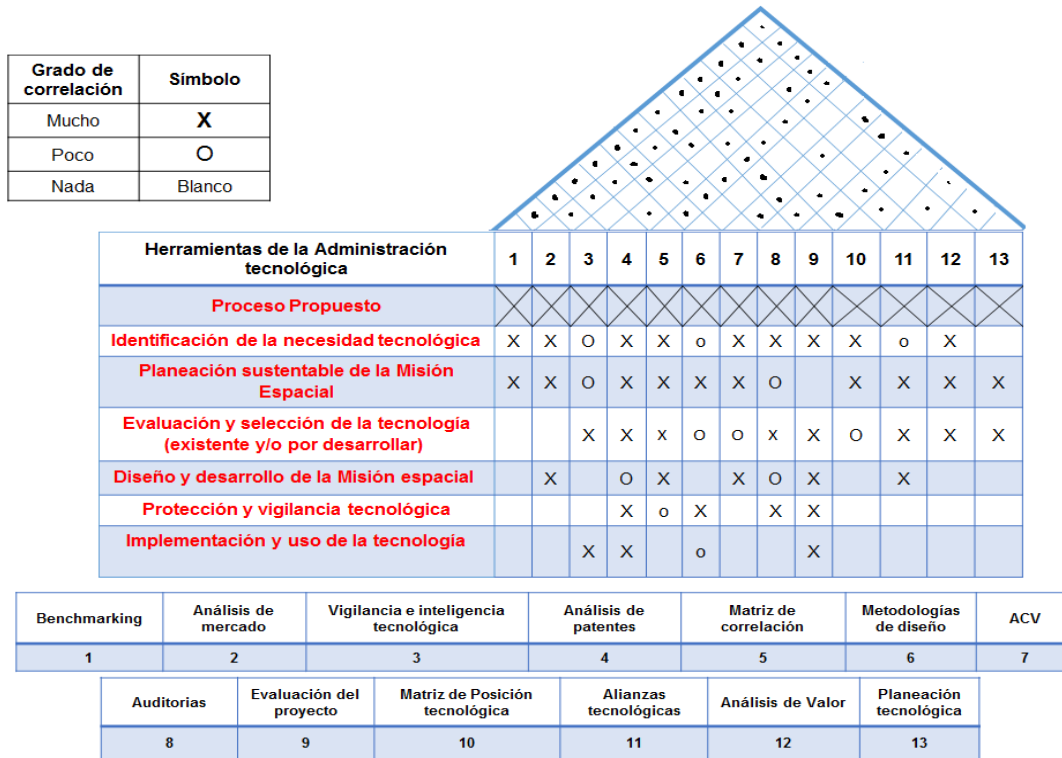
En este apartado se presenta una breve descripción de las herramientas que se consideran más relevantes para la ATpS, resaltando la relación que tienen con cada parte del proceso propuesto y la interrelación entre las mismas.

En figura 5.6 se presenta en forma esquemática la relación que existe entre cada una de las herramientas propuestas; así como su posible aplicación en cada una de las etapas del proceso de ATpS. La figura se divide en dos partes: la primera parte presenta a través de una matriz de correlación, las etapas del proceso y la posible aplicación de las herramientas en cada una de ellas; en la segunda parte, en la parte superior de la tabla (la parte del triángulo) se presenta la relación entre cada una de las herramientas propuestas. Cabe destacar que estas herramientas se complementan cuando se aplican con base en el mismo contexto u objetivo de trabajo. (COTEC 1999b:8)



Figura 5.6

Herramientas propuestas para la ATpS



Fuente: elaborado con base COTEC (1999a); COTEC (1999b); Gramas (2014); Belkys y Márquez (2009); Hidalgo (1999); PNT (2010); Marshall *et al* (1997); Baena, *et al* (2003).

A continuación, se presenta una pequeña descripción de cada una de las herramientas propuestas, así como la forma en que pueden ayudar a la administración y cómo se puede dar seguimiento a los proyectos que se desarrollan en el marco de la industria espacial.

5.2.4.1 Benchmarking

Según COTEC (1999b) el benchmarking mide los procesos, productos y/o servicios de una organización y los compara con las empresas que tienen las mejores prácticas; teniendo como principal objetivo establecer metas ambiciosas pero alcanzables de un proceso continuo que permita: a) tener una mejor comprensión de los procesos internos de la organización; b) contar con una comparación sistemática de los procesos y prácticas tanto interna como externa de la organización y del sector; y c) establecer los puntos críticos y establecer mejoras alcanzables para la



organización, para así poder competir con las empresas que establecen las mejores prácticas.

A continuación, se presenta el objetivo del *benchmarking*:

*El benchmarking es una herramienta que ayuda a la empresa a identificar las best practices, o mejores prácticas, que llevan a resultados superiores a aquéllos que las utilizan, los denominados best in class o los mejores de su clase, con el objetivo de mejorar el propio funcionamiento, alcanzando y superando a éstos. (COTEC 1999b:27)*

Con base en lo anterior, el propósito principal del *benchmarking* es definir los objetivos alcanzables de la empresa para conseguir la mejora continua, esto a fin de tener una mejor comprensión tanto de las necesidades económicas, ambientales y sociales, como de las tecnológicas en particular, para así poder establecer las estrategias y objetivos a seguir con ventaja competitiva sustentable.

#### **5.2.4.2 Análisis de mercado.**

El análisis de mercado ayuda a establecer principalmente dos aspectos importantes de ATpS: el primero identificar las nuevas oportunidades que tiene la organización y el segundo ayudar a convertir el conocimiento tecnológico generado en nuevos productos; para el caso particular de la industria espacial el análisis del mercado permitirá conocer las necesidades del este sector, así como para poder establecer futuras estrategias para asimilar las tecnologías desarrolladas en nuevos productos en otros sectores relacionados.

Por otro lado, el análisis de mercado permite a la organización hacer frente a los cambios actuales y futuros y asimilar los impactos generados por los mismos. Es importante señalar que con base en este análisis se pueden detectar factores económicos, institucionales, ecológicos, climatológicos, socio-demográficos y culturales; con el fin de determinar situaciones de peligro, tendencias y cambios tecnológicos en un entorno determinado para establecer las amenazas y las



oportunidades que enfrenta una organización o el sector en general. (Quintana, s.f:13). El objetivo del análisis del mercado planteado por COTEC (1999b) es:

*Analizar todos los aspectos del mercado, y en particular, el comportamiento y las necesidades de los clientes, lo cual puede aportar información muy valiosa con la que alimentar el proceso de innovación, por ejemplo, para identificar y evaluar las especificaciones de los nuevos productos.*

Con base en lo anterior, podemos resaltar que el análisis de mercado permitirá identificar y evaluar las amenazas y oportunidades en todas las dimensiones de la sustentabilidad; así como también conocer la relación que se tiene entre las necesidades planteadas, el mercado y los requisitos técnicos y tecnológicos que se requieren para el desarrollo de nuevas tecnologías sustentables.

#### **5.2.4.3 Vigilancia e inteligencia tecnológica.**

La vigilancia tecnológica se enfoca en captar, analizar y difundir información de tipo económico, tecnológico, político, social o comercial, con el fin de identificar oportunidades y amenazas provenientes del entorno para poder sistematizar y organizar los esfuerzos de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información de la organización. La vigilancia aparece como una de las funciones claves para la ATpS para mantener en vanguardia la cartera tecnológica de una organización o un sector; es esencial la detección de los cambios de tendencias, así como las nuevas tecnologías con la suficiente antelación para poder evaluarlas y prepararse, bien sea para su adopción y explotación o para entender las dinámicas del conocimiento en un área determinada (COTEC, 1999<sup>a</sup>); (Hidalgo, 1999) y (Arango *et al*, 2012).

En Clarke, Modet & Co, (s.f) se establece la diferencia entre la vigilancia y la inteligencia tecnológica como:

*La inteligencia se diferencia de la vigilancia en que constituye un paso más en el proceso de gestión de la información obtenida: la vigilancia persigue la búsqueda y obtención de la información más relevante para nuestros*



*intereses del entorno, mientras que la Inteligencia hace especial énfasis en el análisis y evaluación de los resultados obtenidos de la vigilancia en base a diferentes “indicadores” o tipos de análisis, presentados en forma de informes cuyo uso facilite la toma de decisiones. (Clarke, Modet & Co, s.f).*

La inteligencia tecnológica permite conocer algunos aspectos importantes: qué tecnologías están emergiendo y cuáles están en declive, qué tecnologías se están transfiriendo a nuevas áreas o productos, qué hace la competencia, con quién coopera, quiénes son los principales investigadores en esta tecnología, así como también la evolución de la I + D de los competidores, cuáles son los principales mercados para una tecnología y cuáles son los países líderes tecnológicos. (Clarke, Modet & Co,s.f).

#### **5.2.4.4 Análisis de patentes.**

El objetivo del análisis de patentes es obtener, conocer y evaluar la información más relevante patentada sobre cierta tecnología, para así poder simplificar su comprensión e identificar aspectos complejos de: a) las empresas líderes de cierta tecnología en particular, así como las empresas que están emergiendo con el desarrollo de estas tecnologías para que sean incluidas en actividades de la vigilancia tecnológica; b) los periodos de tiempo en que esas tecnologías despuntaron y su desarrollo y evolución en el tiempo; c) las personas o los equipos de trabajo que cuentan con el conocimiento y experiencia en este tipo de tecnologías y el posicionamiento de la competencia con respecto a ellas; y d) las patentes más relevantes, es decir las patentes claves de ese desarrollo. Con base en esta información se pueden tomar mejores decisiones para: seleccionar empresas proveedoras de tecnología; enfocar la I+D propia para prevenir y solucionar conflictos de patentes; analizar la patentabilidad de un desarrollo propio; y vigilar nuevas patentes de la competencia o alrededor de una tecnología. (COTEC, 1999b: 34-42)

#### **5.2.4.5 Matrices de correlación.**

Esta herramienta se basa en el uso de matrices que utilizan técnicas de correlación para identificar las relaciones que existen entre varios aspectos de la ATpS, sobre





todo aquellos que son de mayor relevancia para la toma de decisiones; esta técnica se basa en consideraciones subjetivas para una medición correcta de la información de gestión para establecer un mapa que visualice el cómo integrar las estrategias establecidas en la visión de la empresa como una ventaja competitiva en cada etapa del proceso de la ATpS; algunos ejemplos de esta herramienta son la matriz proceso-producto y la matriz diferenciación-madurez. (COTEC, 1999b; Belkys y Márquez 2009; Hidalgo 1999).

#### **5.2.4.6 Metodologías de diseño**

Se pueden utilizar métodos de diseño como catalizadores entre los grupos de trabajo, tales como: análisis modal de fallos y efectos (AMFE), la ingeniería de valor, el análisis morfológico y el despliegue de la función de la calidad (QFD, por sus siglas en inglés *Quality Function Deployment*), las cuales también se pueden considerar ayudas a la creatividad en la ATpS. La matriz QFD es especialmente útil dentro de proyectos donde se reconoce la necesidad de comprender adecuadamente las necesidades del cliente y donde se aprecia el valor de la interpretación y articulación de las necesidades no expresadas. (COTEC. 1999b:88)

Una de las principales razones para proponer esta herramienta como parte de la ATpS es porque considera desde la fase de diseño de los productos las estrategias sustentables de la fase inicial del proceso y porque establece cuál es la relación que tiene con la administración del ciclo de vida (LCM) desde su concepción; con base en ésta, se pueden abordar principalmente los impactos económicos y ambientales como aquellos asociados a la generación de residuos en el proceso de fabricación o implementación; asimismo, permite considerar el costo beneficio asociado al reciclaje, reuso, reducción y/o eliminación de desechos de los productos. (COTEC. 1999b: 155)

#### **5.2.4.7 Evaluación del ciclo de vida del producto (LCA)**

El análisis del ciclo de vida es una herramienta que aporta a las empresas información cuantitativa, que evalúa todas las etapas del ciclo de vida del producto desde un punto de vista integral y con una dependencia recíproca, lo que significa



que este análisis permite estimar los impactos ambientales acumulativos resultantes del análisis de cada una de las etapas del ciclo de vida del producto (Gramas, 2014); es decir, desde la extracción de materias primas, el transporte de materiales, transformación de las materias primas, así como la disposición final de productos, con base en esto las empresas pueden ampliar la vida de sus productos, ofreciéndoles así una ventaja competitiva. (COTEC 1999b:156-159).

Específicamente, el LCA es una técnica que sirve para evaluar los impactos potenciales medioambientales asociados a un producto, proceso o servicio, mediante: i) generación de una base de datos del consumo energético y materiales, así como de emisiones ambientales; ii) evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados con las entradas y salidas de emisiones ambientales, aguas residuales, residuos sólidos generados; así como co-productos u otros vertidos identificados; iii) contar con una interpretación de los resultados para ayudar a tomar decisiones con una visión holística y sustentable. (Gramas, 2014; COTEC 1999b:156-159).

#### **5.2.4.8 Auditorías tecnológicas**

Las auditorías tecnológicas son revisiones de inventarios de los recursos y activos tecnológicos, requisitos, sistemas y procedimientos; éstas recogen datos e información sobre la empresa con base en listas y cuestionarios que son diseñados específicamente para un propósito determinado de la auditoría. Las herramientas de auditoría que se integran como parte de las diferentes funciones de la administración de tecnología son las auditorías de: a) capacidades, que consiste en generar un informe del estado de las capacidades intelectuales de los individuos y/o equipos que forman parte de la organización; b) de tecnología, que sirven para identificar las necesidades tecnológicas, el equipo y la capacidad instalada de una empresa, la base de conocimiento que se puede utilizar en futuros proyectos de I +D y la posibilidad de realizar licenciamientos, redes de colaboración y patentamiento; c) de innovación, la cual evalúa el potencial de innovación de la empresa, es decir, su necesidad de innovar y/o su capacidad de gestionar el cambio. La auditoría de



innovación puede incorporar la dimensión tecnológica, de mercado y la organizacional. (COTEC 1999a).

#### **5.2.4.9 Evaluación de proyectos**

Según COTEC (1999b), el objetivo de la evaluación de proyectos es: “aportar la información necesaria para evaluar el valor de un proyecto potencial”, con estimaciones de costos, recursos y beneficios; esto con la finalidad de decir el rumbo a seguir de un proyecto o para tener el control y saber dónde invertir los recursos para “mejorar las oportunidades de alcanzar el éxito” de la empresa. Con base en lo anterior, el objetivo de la evaluación de proyectos es analizar los proyectos y actividades de I + D, así como las ideas para: tener una comprensión general del proyecto; identificar las prioridades entre la variedad de proyectos que tiene la organización; tomar la decisión del rumbo del proyecto y dar seguimiento a los parámetros por los cuales fue seleccionado el proyecto; así como evaluar los resultados obtenidos al finalizar el proyecto. Se pueden utilizar varias técnicas para la evaluación de un proyecto, pero su selección dependerá de la naturaleza del mismo, de la disponibilidad de información y de la cultura de la empresa, adaptándose a las necesidades particulares de la organización.

#### **5.2.4.10 Matriz de posición tecnológica**

Es una matriz que se utiliza para analizar y representar la situación de los proyectos, actividades de I + D o actividades de las unidades empresariales, según dos o tres variables significativas; esto con el fin de analizar los datos y tomar decisiones sobre un proyecto individual, su ubicación en la estructura de cartera; incluyendo los elementos estratégicos más críticos para la empresa. (COTEC 1999b).

Esta herramienta ayuda a identificar y priorizar opciones estratégicas mediante un análisis cuantitativo, el cual depende de la ponderación de las variables significativas establecidas. (Hidalgo, 1999) Esta matriz permite, según COTEC (1999b) conocer el dominio conseguido por la empresa sobre cada tecnología crítica y los gastos realizados en I + D; las competencias intelectuales con la que se cuentan, el número de patentes y la red de relaciones externas; también permite establecer la posición



tecnológica de los productos de una empresa respecto a sus competidores en el mercado y la posición de liderazgo que se tiene dentro de la industria.

#### **5.2.4.11 Alianzas tecnológicas**

En el trabajo de Hidalgo (1999), se explica que las alianzas tecnológicas forman parte de las estrategias de cooperación, las cuales tienen como característica el desarrollo de relaciones contractuales entre las empresas y otras organizaciones para desarrollo conjunto de nuevas tecnologías. Este autor señala que la principal ventaja de esta herramienta es: "...incrementar la diversidad de competencias necesarias para estar presente con eficacia en diversos campos tecnológicos", permitiendo así reducir los riesgos financieros en I + D y aumentar las posibilidades de colaboración industria-academia.

#### **5.2.4.12 Análisis de valor**

Esta herramienta tiene como objetivo mejorar el valor de un producto, proceso o servicio, con base en la comprensión de sus funciones y de los componentes que lo constituyen; así como los costos asociados a ellos. Las funciones se desglosan de forma jerárquica partiendo por la función básica o principal, después se establecen las secundarias, las cuales son aquellas que sirven de apoyo a la principal; luego se identifica la asociación que tienen los componentes en cada función, que permiten aumentar el valor mejorando y/o sustituyendo componentes individuales (Hidalgo, 1999). Esta técnica utiliza un método sistémico, el cual puede contemplar la percepción que tiene el cliente del producto y al mismo tiempo adaptarla a la necesidad de la organización.

#### **5.2.4.13 Planeación tecnológica**

Es una actividad de la administración de tecnología que permite a los gerentes establecer y formalizar las directrices de la estrategia tecnológica de acuerdo con las estrategias corporativas (Minotta y Mosquera, 2011), así como darles seguimiento durante todo el ciclo de vida. Para llevar a cabo el proceso de planeación tecnológica es necesario contar previamente con una planeación estratégica; ya que esta



herramienta analiza a la tecnología tanto en el interior como en el entorno de la organización; Sánchez y Álvarez (2005) señalan que con base en las estrategias adoptadas por la empresa, se evalúa su congruencia con las políticas propuestas en la planeación estratégica con el fin de determinar los lineamientos para establecer el perfil de proyectos de I + D y así incrementar la competitividad de la empresa.

Se concluye que la administración de la tecnología con perspectiva sustentable utiliza diversas herramientas de la administración, las cuales sirven de apoyo a las organizaciones para lograr un mejor desempeño de los recursos tecnológicos y realizar innovaciones que contribuyan a lograr mayor eficiencia, competitividad y permanencia en el tiempo a la vez que contribuyen al cuidado y preservación del medio ambiente espacial y a la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

### **5.3 Generación de valor sustentable en la industria espacial y la ATpS**

Como ya se señaló en este trabajo, los seres humanos y demás seres vivos de nuestro planeta estamos enfrentando grandes retos ambientales como el cambio climático y contaminación de suelos, agua, aire y espacio; asimismo, la humanidad afronta graves problemas sociales como el desempleo y condiciones de trabajo cada vez más precarias, así como desigualdad en la distribución de la riqueza que ha ocasionado miles de millones de pobres en todo el mundo. Estos problemas se han desenfrenado y salido de control en muchos países, dando como resultado mayores desastres naturales, daños graves en la salud, condiciones de violencia e inseguridad, así como incremento del crimen organizado; en el caso de la industria espacial existe una grave contaminación del espacio por los desechos sólidos generados en los lanzamientos de las misiones espaciales de diversos países del mundo.

Ante esta problemática, se requiere cambiar el paradigma económico por otro sustentable, el cual plantea que todas las organizaciones incluidas las empresas, deben atender los aspectos económicos, ambientales y sociales; no obstante, en el último siglo las empresas han revertido el orden de dichas prioridades y se han



ocupado principalmente de generar valor para sus accionistas, aspecto central del paradigma racional económico.

El paradigma sustentable genera tensiones a los accionistas de las empresas y a las partes interesadas, pues se enfrentan a la inconsistencia aparente entre ser sustentables y generar riqueza; desde luego que conciliar dichos aspectos de la sustentabilidad parece una tarea casi imposible para las empresas, se considera que si no formulan estrategias para contribuir al desarrollo sustentable, ponen en riesgo su supervivencia en el largo plazo.

Las empresas y en particular las de la industria espacial requieren un marco para entender cómo se interrelaciona la sustentabilidad con la creación de valor para los inversionistas y todas las partes interesadas, así como un procedimiento para reconciliar ambos aspectos; se considera que la generación de valor en los aspectos económico, social y ambiental, requiere incorporar una visión transdisciplinaria holística y estratégica de la interdependencia de los sistemas de la industria espacial que permitan a las empresas la generación de valor sustentable.

Derivado de los planteamientos teóricos expuestos en los capítulo I y II de este trabajo, se argumenta que el objetivo prioritario de la industria espacial en México (organismos internacionales, dependencias gubernamentales, ONGs, y empresas) debe ser: satisfacer las necesidades de la sociedad y también las de sus clientes; contribuir a la conservación de los recursos naturales y al cuidado y preservación del medio ambiente; y generar riqueza para sus accionistas y todas las partes interesadas. Asimismo, cabe recordar que en el capítulo I se definió el concepto de generación de valor sustentable como la identificación de estrategias y prácticas que contribuyen a un mundo más sustentable contemplando los retos globales asociados con la sustentabilidad mediante un conjunto apropiado de perspectivas de negocio y la utilización de estas estrategias y prácticas para generar valor para los accionistas.

En este apartado se muestra cómo se puede generar valor en las empresas y proyectos del sector espacial incorporando la administración de tecnología con perspectiva sustentable (ATpS), lo cual se considera complejo por la naturaleza de



la industria espacial mexicana, la cual todavía está en proceso de desarrollo en nuestro país.

En este trabajo se utiliza el marco de generación de valor sustentable de Hart y Milstein (2003) analizado en el capítulo 1, para explicar de qué manera las empresas e instituciones públicas y privadas del sector espacial pueden generar valor sustentable, contemplando la incorporación de la propuesta de administración de tecnología con perspectiva sustentable.

Se argumenta en este apartado que mediante una relación directa entre sustentabilidad y valor de los accionistas las empresas de la industria espacial pueden exitosamente incluir las consideraciones de sustentabilidad en las decisiones gerenciales y crear valor sustentable. Las oportunidades de creación de valor incluyen entre otros aspectos la reducción de costos, reducción de riesgos, diferenciación del producto, y nuevos productos para atender necesidades no satisfechas.

Es importante señalar que en este modelo de generación de valor se observa una diferenciación clara entre la sustentabilidad vista desde un plano conceptual, y el desarrollo sustentable comprendido como un proceso integral que requiere de programas estratégicos en sus tres esferas: económica, social y ambiental.

En resumen, con base en el marco teórico expuesto en el capítulo 1, principalmente las aportaciones de Hart y Milstein (2003), Simón y Rueda (2015) y Manda *et al* (2016), se plantea un marco analítico en el cual la industria espacial mexicana puede generar valor sustentable, siendo económicamente viable, a la vez que proporciona servicios a la población para elevar su calidad de vida y contribuye a la mejora del medio ambiente espacial ultraterrestre.

En el caso de la sustentabilidad ambiental, se considera que incorporar la administración del ciclo de vida (LCM) en la propuesta de una administración de tecnología con perspectiva sustentable permite contemplar de qué manera se pueden incorporar criterios de sustentabilidad durante todo el ciclo de vida del producto, en este caso satélites, desde la etapa de diseño hasta la disposición de los



desechos sólidos espaciales. Asimismo, también se considera muy importante mencionar que LCM incorpora el análisis de la cadena de valor proporcionando información para la toma de decisiones en selección de procesos y materiales, incorporando en todas las empresas que conforman la cadena requisitos de cumplimiento de la normatividad con respecto a la calidad y la sustentabilidad. El análisis de la normatividad internacional proporciona una guía clara sobre cómo contextualizar la aplicación del LCM en la industria espacial y como integrar sus puntos de vista en las funciones de las empresas para generar valor.

La integración de la sustentabilidad en los negocios de la industria espacial debe empezar con las funciones primarias de las empresas como investigación y desarrollo tecnológico e innovación, operaciones, abastecimiento, mercadotecnia y ventas.

A continuación, se analizan los criterios que sugieren Manda *et al* (2016) para desarrollar un marco adecuado para la generación de valor incorporando la evaluación del ciclo de vida; dichos criterios se analizan en el contexto de la industria espacial. Dicho marco debe:

- a) Ser capaz de capturar las tendencias actuales y futuras y los conductores de sustentabilidad. (Véanse inciso 4.2.2. Problemática y retos en México y 4.2.5 Tendencias de la industria espacial).

Como ya se mencionó en este trabajo, los retos que enfrenta el sector espacial mexicano son enormes para su desarrollo y competitividad, así como para contribuir a la resolución de problemas ambientales, sociales y económicos; asimismo, en el capítulo 4 se describieron las tendencias globales y nacionales del sector espacial y se analizaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de dicha industria (FODA) con el objetivo de que ésta pueda aprovechar sus oportunidades con base en sus fortalezas, y corregir sus debilidades ante las amenazas que le representa el entorno nacional e internacional.

Con base en los resultados de una encuesta global aplicada por *United Nations Global Compact*, Manda *et al* (2016) señalan que la principal barrera para incorporar





la sustentabilidad en las empresas es la falta de una percepción y conciencia de la relación entre la sustentabilidad y el valor de la empresa; dichos autores también señalan que se necesita un marco que haga clara la relevancia de la sustentabilidad y su relación directa con la creación de valor en las empresas. Asimismo, sugieren un enfoque estratégico que permita a las empresas obtener utilidades mientras incorporan la sustentabilidad en sus negocios, el cual también creará oportunidades y mayor ventaja competitiva.

- b) Considerar la visión más amplia de las partes interesadas y otras preocupaciones en el corto y mediano plazo.

En el capítulo 3 de este trabajo se analizó la visión y misión de la Agencia Espacial Mexicana, así como los lineamientos establecidos en el Programa Nacional de Actividades Espaciales y su alienación con el Plan Nacional de Desarrollo. Asimismo, se analizaron las directrices de la COPUOS sobre la sustentabilidad del espacio ultraterrestre.

- c) Tener un amplio significado de generación de valor sustentable que incluya aspectos económicos, ambientales y sociales.

Los conceptos más relevantes sobre generación de valor sustentable, se analizaron en el capítulo I, principalmente los de Hart y Milstein (2003) y Simón y Rueda (2015).

- d) Dar cuenta desde la perspectiva del ciclo de vida de los procesos tecnológicos, productos y servicios ofrecidos por las empresas.

Con base en este criterio se presenta en este capítulo una propuesta de administración de tecnología con perspectiva sustentable para la industria espacial, la cual contempla la administración del ciclo de vida (LCM).

- e) Demostrar una relación directa entre estrategias de negocio y generación de valor sustentable. En la figura 5.7 se presenta en forma esquemática esta relación considerando dos dimensiones: de tiempo (corto y largo plazo) y de los factores que intervienen en su formulación (internos y externos).
- f) Identificar los roles y participación de las principales funciones de negocio para la creación de valor sustentable. Ambos aspectos se incluyen en la figura 5.7, en las dos dimensiones descritas en el inciso e).



En esta propuesta para la generación de valor sustentable de la industria espacial, se establece la relación directa entre generación de valor sustentable, estrategias y la participación de las principales funciones de negocio de dicha industria (Figura 5.7). Esta propuesta cubre los criterios mencionados por Hart y Milstein (2003) y Manda *et al* (2015); asimismo, reconoce la liga entre los factores que impactan la sustentabilidad (conductores/*drivers* en inglés), con las estrategias y valores de negocio.

En el eje horizontal se muestran las necesidades de la empresa para administrar las habilidades y capacidades internas, mientras se atienden las perspectivas y retos de las partes interesadas externas; las estrategias en el lado izquierdo son de la competencia de la empresa (cuadrantes I y III) y las estrategias en el lado derecho son en su mayoría impulsadas por otras partes interesadas o por las circunstancias cambiantes en los aspectos ambientales, sociales y de mercado (cuadrantes II y IV). En el eje vertical se presentan los resultados de corto plazo (cuadrantes I y II) como mejoras financieras, mientras se progresa para el crecimiento y éxito del negocio en el largo plazo en un escenario tecnológico competitivo y disruptivo (cuadrantes III y IV).

En dichos cuadrantes se describen los cuatro conjuntos de conductores de la sustentabilidad junto con las correspondientes estrategias propuestas y los beneficios potenciales que éstas generan.

Manda *et al* (2016) señalan que hay varias palancas que contribuyen a la generación de valor económico, ambiental y social, los cuales también se reconocen como valores de negocio como: reducción de costos y reducción de riesgos, legitimidad de su existencia, reputación, diferenciación del producto, innovación y crecimiento del negocio, por citar algunos. La innovación cubre diferentes aspectos tales como tecnologías, prácticas administrativas y modelos de negocio. El crecimiento del negocio puede ser alcanzado expandiéndose a nuevos mercados y proporcionando nuevos productos para cubrir necesidades no satisfechas.

A continuación, se describe para cada uno de los cuadrantes de la figura 5.7, los conductores de sustentabilidad identificados para la industria espacial, la o las estrategias que deben seguirse para incrementar el valor sustentable, así como los



valores de negocio que éstas generan. También se presentan las funciones claves de negocio de la industria espacial encargadas implementar las estrategias o bien que se beneficien de la estrategia respectiva. Estos elementos que se describen a continuación, se presentan de manera esquemática en la figura 5.7.

### **5.3.1 Aspectos internos para la generación de valor de la industria espacial en el corto plazo (cuadrante I)**

#### **Conductores de sustentabilidad (*drivers*)**

- Costos (materias primas, seguro)
- Interrupción de operaciones
- Contaminación de tierra, agua, aire y espacio de la misión espacial
- Residuos espaciales

#### **Funciones clave del negocio para abordar dichos conductores**

- Administración de tecnología con perspectiva sustentable
- Administración de operaciones.
- Administración financiera
- Asuntos legales

#### **Estrategia (s) para generar valor sustentable**

- Estrategias de eficiencia operacional para minimizar consumo de agua, energía y generación de residuos y emisiones de las operaciones, como por ejemplo: auditorías de producción limpia y energía eficiente.
- Estrategias medioambientales señaladas en el inciso 5.2.2.2.
- Estrategias para conseguir financiamiento para los proyectos.

#### **Valores de negocio:**

- Reducción de costos
- Reducción de riesgos

### **5.3.2 Aspectos externos para la generación de valor de la industria espacial en el corto plazo (cuadrante II)**

#### **Conductores de sustentabilidad (*drivers*)**

- Regulación ambiental
- Directrices de COPUOS



- Sociedad civil
- Transparencia
- Interconectividad

**Funciones clave del negocio para abordar dichos conductores**

- Administración de tecnología con perspectiva sustentable
- Asuntos legales
- Comunicaciones / relaciones públicas

**Estrategia (s) para generar valor sustentable**

- Estrategias de la administración del ciclo de vida, Integrando las visiones de las **partes interesadas** en los procesos tecnológicos y empresariales, como por ejemplo: cuidado responsable, directrices de la industria, evaluación y autorización de materiales y restricción de sustancias contaminantes.

**Valor de negocio:**

- Legitimidad y reputación
- Ahorro de costos por responsabilidad de productos

**5.3.3 Aspectos internos para la generación de valor de la industria espacial en el largo plazo (cuadrante III)**

**Conductores de sustentabilidad (*drivers*)**

- Competitividad
- Salud humana
- Eco-sistemas
- Escasez de recursos naturales/ agotamiento

**Funciones clave del negocio para abordar dichos conductores**

- Administración de tecnología con perspectiva sustentable
- Innovación
- Administración de la cadena de valor
- Administración del ciclo de vida
- Mercadotecnia
- Finanzas

**Estrategia (s) para generar valor sustentable**

- Reinventar procesos, productos y modelos de negocio.



- Mejorar el desempeño tecnológico y de innovación en todo el ciclo de vida de los productos y en toda la cadena de valor, incorporando LCM en una administración de tecnología con perspectiva sustentable.

**Valor de negocio:**

- Ventaja competitiva
- Mejor desempeño tecnológico e Innovación
- Diferenciación de producto

**5.3.4 Aspectos externos para la generación de valor de la industria espacial en el largo plazo (cuadrante IV)**

**Conductores de sustentabilidad (*drivers*)**

- Población
- Pobreza e inequidad
- Urbanización
- Límite planetario

**Funciones clave del negocio para abordar dichos conductores**

- Estrategia corporativa
- Administración de tecnología con perspectiva sustentable
- Innovación
- Mercadotecnia

**Estrategia (s) para generar valor sustentable**

- Satisfacer necesidades sociales al alinear la visión corporativa
- Proporcionar servicios satelitales para prevención de desastres, telecomunicaciones, geolocalización, entre otros que eleven la calidad de toda la población dentro de los límites del planeta mediante **colaboración abierta e innovación radical**.

**Valor de negocio:**

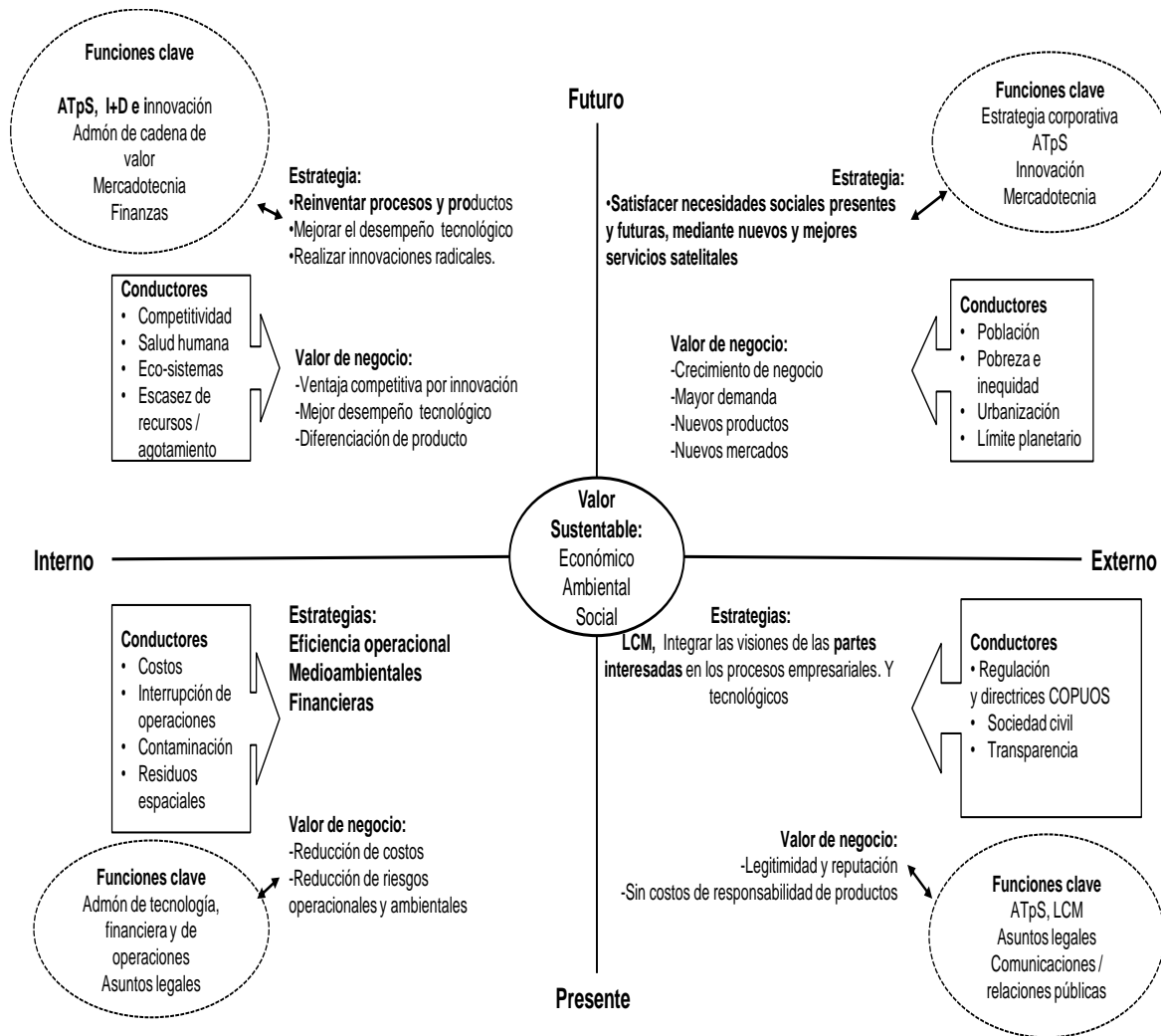
- Mayor número de clientes que aceptan los productos de la industria
- Crecimiento de negocio
- Nuevos productos
- Nuevos mercados



En la figura 5.7 se presenta de manera esquemática el marco analítico para la generación de valor para las empresas de la industria espacial, el cual incluye los conductores de sustentabilidad, las estrategias.

Figura 5.7

**Marco analítico para la generación de valor sustentable en la industria espacial**



Fuente: elaborado con base en Hart, S., y Milstein, M. (2003). *Creating sustainable value*. Academy of Management Executive. 17(2). P.57. y Manda, K., Bosch, H., Karanam, S., Beers, H., Bosman, H., Rietveld E., Worrel E., y Patel, M. (2016). Value creation with life cycle assessment: an approach to contextualize the application of life cycle assessment in chemical companies to create sustainable value. *Journal of Cleaner Production*. 126, p.340.



A continuación, se analizan los elementos descritos en cada uno de los cuadrantes de la figura 5.7, así como sus interrelaciones:

- I. El primer conjunto de conductores descritos en el cuadrante I se relaciona con la industrialización creciente y sus resultados, tales como exagerado consumo de energía y recursos no renovables, contaminación y basura espacial; por ejemplo, una **estrategia y prácticas de eficiencia operacional** como reducción de costos, minimización de riesgos y prevención de la contaminación pueden contribuir a generar valor sustentable. Dicha prevención requiere el involucramiento de todo el personal y el desarrollo de capacidades y habilidades en la mejora continua y administración de la calidad. Los sistemas de administración ambiental como la ISO 14,000 proporcionan una guía para el desarrollo de procesos que disminuyan los residuos y la basura. Hart y Milstein (2003) reportan que se han desarrollado trabajos empíricos que demuestran que dicha estrategia de prevención de la contaminación genera utilidades y reduce costos, generando así mayor valor para los accionistas. Otros ejemplos en la industria espacial son las estrategias relativas a la prevención, mitigación y eliminación de los desechos sólidos espaciales mencionados en el apartado 5.2.2.2.

La incorporación del LCM en el modelo propuesto de administración de tecnología permite, además de identificar los impactos ambientales en todas las etapas del ciclo de vida del producto, determinar ineficiencias en cada una de éstas como en la de diseño y en las empresas que integran la cadena de valor. Este análisis también ayuda a reducir las entradas de materias primas, energía y agua, así como la generación de emisiones, basura y desperdicio de agua, lo cual potencialmente contribuye a la reducción de costos y de riesgos operacionales como la interrupción de las operaciones de la empresa. LCM también proporciona información sobre el origen de los principales impactos en la sustentabilidad, lo cual permite a las funciones clave focalizar sus esfuerzos. Cabe destacar que



se denominan estrategias de eco-eficiencia cuando se combinan los aspectos económicos y ambientales sobre el ciclo de vida de un producto. El pensamiento del ciclo de vida que subyace en LCM está limitado a consideraciones de aspectos ambientales, pero es muy útil para analizar y reducir el impacto negativo de los desechos sólidos espaciales; una efectiva LCM debe basarse en la normatividad relativa al producto emitida por la ISO, la COPUOS y otros organismos relativos; además, se pueden mejorar los focos rojos en todo el ciclo de vida de los satélites, utilizando prácticas y técnicas como producción sustentable, eco-diseño, por citar algunas,

- II. El segundo conjunto de conductores se presenta en el cuadrante II, los cuales se refieren a la transparencia y a las regulaciones que deben ser atendidas para mejorar la reputación y la legitimidad de la empresa mediante la interacción con proveedores, clientes, organismos reguladores, organizaciones no gubernamentales (ONGs), medios de comunicación y todas las partes interesadas; al respecto, en el capítulo 3 de este trabajo se analizaron las directrices sobre sustentabilidad de la COPUOS. Una adecuada estrategia al respecto es la **administración de tecnología y del ciclo de vida del producto LCM** que incorpora el análisis de la cadena de valor; esta estrategia va más allá de los límites de la empresa tradicional incluyendo costos y beneficios de los productos en todas las etapas del ciclo de vida de los productos, distribución, uso final de los consumidores y la disposición de los desechos al fin de la vida del satélite:

Si se entienden bien las interrelaciones entre los diferentes procesos en todo el ciclo de vida, pueden atenderse las preocupaciones de diversas partes interesadas, como por ejemplo, cómo la pintura exterior de los satélites puede producir contaminación del espacio. Este tipo de análisis ayuda a las empresas para prepararse ante nuevas regulaciones y a rendir informes transparentes sobre su desempeño ambiental en relación a los desechos sólidos espaciales, adquiriendo mayor legitimidad y reputación por su enfoque proactivo y responsable, como por ejemplo extendiendo la





vida de los satélites mediante la colaboración y compartiendo experiencias con todas las empresas de la cadena de valor.

- III. El tercer conjunto de conductores se puede ver en el cuadrante III, mismos que se refieren principalmente a la huella ambiental creciente y el agotamiento de los recursos naturales; las estrategias propuestas para abordar estos conductores se refieren a utilizar un modelo de administración tecnológica con perspectiva sustentable, que propicie la reinención de procesos y productos, así como el uso de tecnologías más limpias y el desarrollo de innovaciones.

Dicha estrategia, además de reducir los impactos negativos de las operaciones de las empresas, dará elementos para contribuir a la solución de los problemas ambientales y sociales. Cabe mencionar que los beneficios de las inversiones en investigación, desarrollo tecnológico e innovación se ven en el largo plazo y son difíciles de cuantificar. Cabe destacar que ATpS mediante LCM proporciona la huella ambiental de productos y proporciona información sobre cuáles materias primas y procesos tienen mayor impacto ambiental, lo cual ayuda para hacer innovaciones de nuevos productos, servicios y modelos de negocio, con menor impacto ambiental.

La innovación también puede incluir prácticas administrativas tales como política de selección de proveedores y el registro contable de las externalidades. Otra contribución importante de LCM se refiere a mejorar las competencias medulares de la empresa y a la capacitación de los empleados, así como al desarrollo de nuevos productos con nuevas tecnologías avanzadas de reciclaje y reuso.

Las funciones clave de negocio que se benefician del LCM son además de la administración de tecnología, la innovación en la mejora del diseño de los productos o procesos y en la mejor selección de proveedores y materiales correctos, marketing que comunica los aspectos de diferenciación del producto o trae las demandas de los clientes y finanzas que establece la estructura de costo de estos productos y mide el éxito económico. Por consiguiente, el valor para la compañía mediante la



administración de tecnología con el LCM es una competitividad mejorada en los negocios existentes mediante la diferenciación, lealtad del cliente, creación de oferta de nuevos productos y nuevos modelos de negocio.

- IV. El cuarto conjunto de conductores se insertan en el cuadrante IV y se refieren a megatendencias tales como crecimiento de la población, pobreza, desigualdad y límites planetarios; estas tendencias representan oportunidades a la empresas para su futuro crecimiento: por ejemplo, las necesidades insatisfechas de consumidores otras partes interesadas previamente ignoradas, constituyen fuente de creatividad e innovación y proporcionan orientación y guía para la empresa y sus proyectos tecnológicos en término de prioridades estratégicas, desarrollo de tecnología, asignación de recursos y diseño de nuevos modelos de negocio. Como ejemplos en la industria espacial están los satélites que proporcionan información para prevención de desastres, localización geográfica, telecomunicaciones, e investigación científica en todas las áreas de conocimiento.

Se requieren estrategias para la satisfacción de dichas necesidades alineadas a la visión corporativa, lo cual requiere innovaciones radicales nuevos productos y servicios para atender las necesidades de la población del planeta, principalmente de la mayoría de la población que sufren marginación y pobreza. Estos nuevos productos debieran ser capaces de reducir los impactos de los productos actuales, en el caso de la industria espacial, por ejemplo, producir satélites con mayor vida útil, cuyos desechos puedan ser eliminados del espacio ultraterrestre.

Desde luego que para lograr lo anterior, se requiere de herramientas de ingeniería en las fases de diseño de procesos y productos, de arquitectos de sistemas y desarrolladores de materiales que den lugar a nuevos productos que tengan menor impacto ambiental. Por consiguiente, ATpS y LCM contribuyen en la fase de diseño para crear productos o escenarios de servicio dentro de restricciones tales como los límites planetarios y proporciona una guía a las empresas para idear nuevas soluciones y nuevas maneras de pensamiento dentro de dichas restricciones. Las



funciones claves de negocio tales como ATpS, estrategia corporativa, innovación y marketing pueden usar puntos de vista clave del LCM para concebir nuevos productos y hacer colaboraciones con otras industrias para impulsar el crecimiento del negocio; el valor para la empresa que se logra con lo anterior consiste en nuevas oportunidades de negocio y crecimiento del mercado mientras se vive mejor en los límites de nuestro planeta.

Manda *et al* (2016) señalan los resultados de sus estudios de caso en la industria química, algunos de los cuales son aplicables a la industria espacial: el primer conjunto de conductores (cuadrante I) fueron la contaminación y la basura, el segundo conjunto de conductores (cuadrante II) se refiere a la transparencia y a las regulaciones, el tercer conjunto (cuadrante III) incluye a la huella ambiental creciente y el agotamiento de los recursos naturales y el cuarto conjunto de conductores (cuadrante IV) se refiere a las megatendencias tales como población, desigualdad y límites planetarios.

Dichos autores señalan que dirigiendo estos conductores con una estrategia adecuada se puede incrementar el valor del negocio, como por ejemplo, la eficiencia operacional puede dirigir los conductores tales como costos de materias primas y contaminación y puede crear valor del negocio tal como reducción de costos y evitar riesgos operacionales y ambientales.

Aunque los conductores ambientales en los cuadrantes III y IV parecen muy similares, su influencia en las empresas es diferente. En el cuadrante III, las empresas abordan las restricciones de recursos e impacto de productos con un enfoque paulatino, mientras que en el cuadrante IV, las empresas deben estar conscientes de la capacidad limitada de nuestro planeta y su influencia en su existencia en el largo plazo y, por consiguiente, se requiere la colaboración abierta con otros actores para transformar radicalmente el sistema entero para avanzar hacia la sustentabilidad. Implementar estrategias en cada dimensión necesita el involucramiento de funciones corporativas específicas para generar valor y ser exitosas en el corto y en el largo plazo.



Cabe mencionar que una estrategia perteneciente a un cuadrante puede también crear valor en otros cuadrantes, lo cual sugiere la naturaleza no exclusiva de creación de valor en sólo uno de éstos. Las empresas usualmente progresan en el orden de los cuadrantes I, II, III y IV. En términos generales para lograr la generación de valor sustentable deberán:

- a) Orientar sus operaciones hacia una producción sustentable, la cual se definió en el capítulo I.
- b) Dialogar con las partes interesadas externas sobre la sustentabilidad de los productos actuales.
- c) Desarrollar nuevos productos con una visión de sustentabilidad.
- d) Desarrollar estrategias y prácticas que tengan el potencial de reducir costos y riesgos, mejorar su reputación y legitimidad, acelerar las innovaciones y el reposicionamiento y cristalizar su trayectoria de crecimiento, las cuales son cruciales para la generación de valor.

De lo expuesto en este capítulo se desprende que el desafío de la sustentabilidad es complejo, multidimensional y de carácter emergente y requiere un abordaje desde la transdisciplina. El principal reto para la sustentabilidad de la industria espacial es minimizar los desechos sólidos en el espacio ultraterrestre mediante una administración de tecnología con perspectiva sustentable que permita reorientar sus competencias y habilidades hacia tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente. Las empresas que logren implementar estrategias en los cuatro cuadrantes pueden tener ventajas como: ser mejores sujetos de financiamiento; ser proveedores preferidos por los clientes clave como el gobierno, por ejemplo; atraer inversionistas, atraer y retener talentos; así como influir en quienes formulan políticas públicas por su compromiso y credibilidad.



# Conclusiones

---



## Conclusiones

Una grave problemática que enfrenta la industria espacial, se manifiesta por los grandes impactos ambientales originados en el espacio por numerosos desechos derivados principalmente de los satélites fuera de funcionamiento. Estos desechos constituyen un riesgo para las actividades espaciales y para la población en caso de que caigan objetos grandes en la superficie terrestre. Cabe destacar que es hasta 50 años después de que se iniciaron las primeras misiones espaciales, que la ONU emitió las primeras directrices para el control y mitigación de dichos desechos en el espacio; se concluye que esto es lamentable porque se hubieran podido disminuir dichos riesgos con una debida planeación con visión de largo plazo.

En relación al objetivo general de esta investigación, se analizaron las características de la administración de tecnología que sirven de soporte a la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones que conforman la industria espacial en México y sobre los desechos generados por los desarrollos satelitales.

Se concluye que las características de la administración de tecnología que sirven de soporte a la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones que conforman la industria espacial en México son: desarrollo tecnológico e innovación; competitividad; generación de valor; coordinación, integración funcional y formulación de estrategias; sin embargo, no contemplan la visión de futuro y la sustentabilidad en los procesos de planeación, implementación y evaluación de los recursos tecnológicos de las organizaciones de dicha industria, para que éstas, además de ser económicamente viables, contribuyan a la satisfacción de las necesidades de la población y a la disminución de la contaminación del medio ambiente, en particular a la generada por los desechos sólidos espaciales. Cabe destacar que este hallazgo aporta evidencia a favor de la hipótesis principal de esta tesis.

Este trabajo también aporta evidencia en relación a la hipótesis secundaria referente a que la conceptualización de la administración de tecnología carece de consideraciones sobre el impacto ambiental de los productos y recursos tecnológicos desde el diseño hasta el fin de su vida útil.



Con base en el análisis realizado, se propone un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable para la toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos de las organizaciones de la industria espacial en México, con el propósito de contribuir a su viabilidad económica, a la satisfacción de las necesidades de la población y a la disminución de la contaminación del medio ambiente, en particular a la generada por los desechos sólidos espaciales.

Se considera que la aportación principal de este modelo es que incorpora la perspectiva de la sustentabilidad mediante la administración del ciclo de vida (LCM) de los productos de la industria espacial y el análisis de su cadena de valor. Este trabajo se centró en la esfera ambiental de la sustentabilidad, ya que la problemática planteada hace referencia al control y mitigación de los desechos sólidos que se encuentran en la órbita baja de la Tierra (LEO); con base en esto es de gran importancia considerar que el proceso de generación de desechos debe de ser evaluado a fin de identificar las cargas ambientales asociadas a los recursos tecnológicos y así disminuir el uso de energía, materiales y los desechos liberados. Este modelo considera cada una de las etapas del ciclo de vida de un satélite, es decir, desde su concepción y diseño, la adquisición de materias primas, su transformación, la puesta en órbita, así como también la disposición final del satélite al concluir su vida útil.

Por esta razón, se considera que la administración del ciclo de vida es fundamental para el desarrollo de tecnologías espaciales; ya que está orientada a determinar el impacto ambiental de los productos de manera sistémica, considerando la extracción y transformación de materias primas, la manufactura, la distribución y transporte, así como el uso y reuso, el mantenimiento, reciclaje y disposición final de los recursos tecnológicos.

Como parte de la aportación del modelo propuesto de administración de tecnología, se presenta un marco analítico multidimensional de generación de valor sustentable para la industria espacial. En éste se destaca la contribución de la administración de tecnología para la creación de dicho valor, considerando: el corto y largo plazo, así como los aspectos internos y externos a la empresa. En cada una de las dimensiones



de este marco analítico se identifican criterios, estrategias, participación de las funciones de negocio, factores que impactan la sustentabilidad (conductores) y cuáles son los valores del negocio que se pueden lograr.

Cabe mencionar que para la elaboración de esta propuesta fue fundamental conocer la situación en la que se encuentra la industria espacial en México, así como identificar las acciones que se realizan en relación a las directrices planteadas por la COPUOS en materia de sustentabilidad espacial y control/mitigación de desechos espaciales.

El estudio de caso llevado a cabo en esta investigación sobre la industria espacial, requirió un abordaje transdisciplinario con una visión sistémica (holística e integral) que permite explicar de qué manera se pueden conciliar los resultados económicos de los desarrollos científico-tecnológicos de la industria espacial con su aplicación para la satisfacción de necesidades sociales y con la prevención y cuidado del medio ambiente, en particular del espacio ultraterrestre, mediante la eliminación y/o mitigación de los desechos sólidos derivados de las misiones espaciales.

Para aportar evidencia a favor de la hipótesis secundaria planteada en este trabajo en relación al Programa Nacional de Actividades Espaciales, se revisó el correspondiente al periodo 2011-2015, se observa la ausencia explícita de la sustentabilidad y del desarrollo sustentable en el nombre de sus ejes estratégicos, éstos se refieren básicamente a sus aspectos económicos y sociales. No obstante que en sus objetivos se destaca que deberá impulsarse la investigación científica y el desarrollo tecnológico espacial para la atención de necesidades nacionales tales como prevención de desastres y para la protección del medio ambiente, de los recursos naturales y energéticos, no se refieren a la prevención y mitigación de desechos sólidos espaciales. Es relevante resaltar que el PNAE no incluye explícitamente el aspecto de la sustentabilidad del espacio en el largo plazo, de conformidad con las directrices emitidas por COPUOS.

El desafío de la sustentabilidad de la industria espacial es complejo y multidimensional; el principal reto que enfrenta es minimizar los desechos sólidos en el espacio ultraterrestre, para lo cual se propone una administración de tecnología con perspectiva sustentable que permita reorientar sus competencias y habilidades





hacia tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente. Se considera relevante mencionar que las empresas que logren implementar estrategias con visión de corto y largo plazo incorporando las regulaciones y expectativas de las partes interesadas en sus funciones principales, estarán en mejor posición para conciliar sus objetivos económicos, con los ambientales y los sociales, y así generar valor sustentable.

También se concluye que se requieren mayores inversiones presupuestales tanto públicas como privadas debido al costo elevado de las misiones y de la exploración espacial, principalmente en aspectos relativos a infraestructura industrial, investigación y desarrollo científico y tecnológico. Asimismo, se plantea que se requieren nuevas formas de administrar las organizaciones públicas y privadas, para que éstas contribuyan a mitigar la contaminación de suelos, aire, agua y espacio, a eliminar la explotación irracional de recursos naturales y a generar una mejor calidad de vida para sus trabajadores y en general para todas las personas que participan en sus actividades.

No obstante, los incipientes esfuerzos relativos al desarrollo de alta tecnología e innovación en el sector espacial mexicano, éstos han sido aislados y no han contado con apoyo y financiamiento adecuados por parte del gobierno mexicano; también se considera imprescindible que éste destine mayor presupuesto a los proyectos de alta tecnología e innovación que se desarrollan en las universidades públicas y centros de investigación del país. También se considera fundamental incrementar la vinculación universidad-industria espacial-gobierno para fortalecer la generación de conocimientos, el desarrollo tecnológico y la competitividad de la industria espacial mexicana.



## Referencias

- Adam, J.A., Ibáñez, F. y Mena M. (2002). *Valuación de empresas y creación de valor. México, Fundación del Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, A.C., Universidad Nacional Autónoma de México y Price Water House Cooper.*
- Agencia Espacial Mexicana [AEM] (2014). *Catálogo y análisis de capacidades de investigación y desarrollo tecnológico espacial en México.* Ciudad de México: Agencia Espacial Mexicana.
- Agencia Espacial Mexicana [AEM] y ProMéxico (2017). *Plan de Órbita 2.0: Mapa de ruta de la industria espacial mexicana.* Ciudad de México, ProMéxico. P. 43 Disponible en <http://promexico.gob.mx/documentos/biblioteca/plan-orbita.pdf>
- Agencia Espacial Mexicana [AEM] y ProMéxico (2012). *Plan de Órbita: Mapa de ruta de la industria espacial mexicana,* Ciudad de México, ProMéxico, octubre. Disponible en <http://www.promexico.gob.mx/documentos/mapas-de-ruta/plan-orbita.pdf>
- Ahi, P., y Searcy, C. (agosto 2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 52, 329-341.
- Aktouf, O. (2009). *La administración entre tradición y renovación.* Cali: Universidad del Valle, Universidad Libre, Editores-Impresores.
- Andrenucci, M., Pergola, P. y Ruggiero, A. (febrero 2011). *Active Removal of Space Debris: Expanding foam application for active, debris removal: Final Report.* European Space Agency. Disponible en [http://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ARI/ARI%20Study%20Report/ACT-RPT-MAD-ARI-10-6411-Pisa-Active\\_Removal\\_of\\_Space\\_Debris-Foam.pdf](http://www.esa.int/gsp/ACT/doc/ARI/ARI%20Study%20Report/ACT-RPT-MAD-ARI-10-6411-Pisa-Active_Removal_of_Space_Debris-Foam.pdf)
- Arango, B., Tamayo L., & Fadul, A. (2012). Vigilancia Tecnológica: Metodologías Y Aplicaciones. *Revista GPT Gestión De Las Personas y Tecnología*, (13). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4125293.pdf>



- Asociación de la Industria Satelital [AIS] (2016). *Informe 2016 de la industria satelital*. Disponible en <http://latamsatelital.com/informe-2016-la-asociacion-la-industria-satelital/>
- Badawy, K. (1997). *Temas de Gestión de la Innovación para Científicos e Ingenieros*. Clásicos Cotec No. 2. Madrid: Fundación Cotec.
- Baena E., Botero C. y Montoya O. (julio 2003). Gestión tecnológica y competitividad. *Scientia et Technica* No. 21, p.p. 121-126.
- Belkys A. y Márquez A. (enero 2009) Un modelo conceptual para gestionar la tecnología en la organización. *Revista Espacios* Vol. 30 (1) (6-8). Fecha de consulta en junio 2016 Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a09v30n01/09300121.html>
- Brundtland, G., et al. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Documento de Naciones Unidas. Disponible en <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Cabrera, L. (2007). El derecho a un medio ambiente adecuado. En Rabasa, E. (coord.). *La Constitución y el medio ambiente*. México: UNAM-IIJ.
- Cadena G., Castaños A., Machado F., Solleiro J. y Waisbluth M. (1986), *Administración de proyectos de innovación tecnológica*, ediciones Gemika, CIT-UNAM, CONACYT, México.
- Calvente, M. (2007). El concepto Moderno de Sustentabilidad; Universidad Abierta Interamericana. Centro de Altos Estudios Globales UAIS-SDS-100-002, junio 2007; Pp. 1-7. Disponible en: <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/uais-sds-100-002%20-%20sustentabilidad.pdf>
- Chanaron, J., y Jolly, D. (1999). Technological management: expanding the perspective of management of technology. *Management Decision*, 37(8). 613-620.



Clarke, K., Ford, D., y Saren, S. (1989). Company technology strategy, *R&D Management*. 19(3). 215-229.

Clarke, Modet & Co, (s.f). ¿Qué es la inteligencia tecnológica? - Clarke, Modet & Co. Clarkemodet.com.; Recuperada el 26 marzo 2017, de <http://www.clarkemodet.com/es/faqs/inteligencia-tecnologica/que-es.html>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (2014). *Integración regional: hacia una estrategia de cadenas de valor inclusivas*, LC/G.2594(SES.35/11). Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS) (2016), *informe 59º período de sesiones Viena, 8 a 17 de junio, Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)*. La versión en inglés de este documento, está disponible en: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/lsc/2016/index.html>

Committee on the Peaceful Uses of Outer Space [COPUOS] (2015). *Sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre*. Viena, 26 de noviembre, versión en español del original en inglés, distribución limitada.

Committee on the Peaceful Uses of Outer Space [COPUOS] (2016). *The fifty-ninth session of the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS)*. Viena, 8 a 17 de junio. Naciones Unidas. Disponible en <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/journals.html>

Diario Oficial de la Federación [DOF] (2010). *Decreto por el que se crea el Premio Nacional de Tecnología e Innovación*. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/87011/D133.pdf>

Diario Oficial de la Federación [DOF] (2010). *Ley que crea la Agencia Espacial Mexicana*, publicada el 30 de julio de 2010. Disponible en [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/laem/LAEM\\_orig\\_30jul10.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/laem/LAEM_orig_30jul10.pdf)



- Diario Oficial de la Federación [DOF] (2014). *Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión*. Publicada el 14 de julio de 2014. Disponible en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5352323&fecha=14/07/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5352323&fecha=14/07/2014)
- Diario Oficial de la Federación [DOF] (2015). *Acuerdo por el que se expide el Programa Nacional de Actividades Espaciales*. Disponible en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5388707&fecha=14/04/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5388707&fecha=14/04/2015)
- Dundar, K., Tugrul, D., y Jetter, A. (2008). Defining the Research Agenda: Technology Management as a Contributor to Service Sciences, Management and Engineering. En Hefley, B., y Murphy, W. (Eds.) (55-60). *Service Science, Management and Engineering Education for the 21st Century*. Estados Unidos: Springer. Pp. 55-60
- Dyllick, T., y Hockerts, K. (2002). Beyond the business case for corporate sustainability. *Business Strategic and the environment*. 11(2). 130-141.
- European Space Agency [ESA] (2006). *Position Paper Space Debris Mitigation: Implementation Zero Debris Creation Zones*. Países Bajos: ESA Publications Division.
- Fayol, H. (1949). *General principles of management*. (Constance Storrs, Trad). London: Pitman and Sons, Ltd., 1949, 110 pp.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico (2007), *Propuesta de una Ley de Ciencia y Tecnología e Innovación*, México, 26 de julio.
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica (COTEC) (1999a), *Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y de la innovación para empresas: TEMAGUIDE. Tomo I: Perspectiva empresarial*, Fundación COTEC, 1999 Madrid. Disponible en: [http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/extension/pluginfile.php/28244/mod\\_resource/content/0/MODULOI.pdf](http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/extension/pluginfile.php/28244/mod_resource/content/0/MODULOI.pdf)



Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica (COTEC) (1999b), *Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y de la innovación para empresas. TEMAGUIDE, Tomo I, Módulo II: Herramientas de la gestión de la tecnología*, Fundación COTEC, 1999, Madrid España. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiUtri52uPSAhVEOCYKHZNbAdoQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.redcide.es%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D53%26Itemid%3D26&usg=AFQjCNGKlf43UvavWTr7q84pl2pl1AluJg](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiUtri52uPSAhVEOCYKHZNbAdoQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.redcide.es%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D53%26Itemid%3D26&usg=AFQjCNGKlf43UvavWTr7q84pl2pl1AluJg)

Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica (COTEC) 2001, *Informe COTEC Tecnología e innovación en España*, Fundación COTEC, 1999, Madrid España. Pag 105-194. Disponible en: [http://informecotec.es/media/A06\\_Inf.01.pdf](http://informecotec.es/media/A06_Inf.01.pdf)

Fundación Premio Nacional de Tecnología® (FPNT) (2011), Premio Nacional de Tecnología e Innovación 2011; Disponible en: <https://www.novomania.com/gestores/descargas/item/modelo-nacional-de-gestion-de-tecnologia-e-innovacion-mgdt-2>

García, Cristina (2017). *Marco regulatorio nacional e internacional para la adquisición de frecuencias (VHF/UHF) para la operación de nano y microsatélites desarrollados en México*. Tesis para obtener el título de Ingeniera en Telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNAM, dirigida por el Dr. José Alberto Ramírez Aguilar.

Gaynor, G. (1988). Managing Technology-A Driving Force for the Future. *Technology Managements Publication* TM. 1. 791-808.

Glavic, P., y Lukman, R. (2007). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*. 15.1875-1885.

Gobierno Federal (2016). *Programa Nacional de Actividades Espaciales 2013-2018*, disponible en



[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194707/Programa\\_Nacional\\_de\\_Actividades\\_Espaciales\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/194707/Programa_Nacional_de_Actividades_Espaciales_2016.pdf)

Gobierno Federal, Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Agencia Espacial Mexicana (2012). *Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE) 2011-2015*, disponible en <http://www.aem.gob.mx/downloads/documents/PNAE%202011-2015.pdf>

Gramas (2014), *Metodología del Análisis de Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment LCA)*, disponible en <https://gramaconsultores.wordpress.com/2014/01/16/metodologia-del-analisis-de-ciclo-de-vida-life-cycle-assessment-lca/>

Guglielmi, W., Groepper, P. y Lascar, S. (2010), The technology management process at the European space agency. *Acta Astronáutica*, Volume 66, Issue 5, p. 883-889, Elsevier, DOI 10.1016/j.actaastro.2009.09.011, disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576509004500>

Hart, S. (2007). *El capitalismo en la encrucijada. Cómo obtener beneficios empresariales y generar mejoras sociales a un mismo tiempo*. Barcelona: Ediciones Deusto.

Hart, S., y Milstein, M. (2003). Creating sustainable value. *Academy of Management Executive*. 17(2). Pp. 56-67

Hernández, M. (2016). *Marco legal para el desarrollo de tecnología espacial en los proyectos del Centro de Alta Tecnología de la FI en la UNAM*. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNAM, dirigida por el Dr. Carlos Romo Fuentes.

Hidalgo, A. (1999), La gestión de la tecnología como factor estratégico de la competitividad industrial. *Economía industrial*, ISSN 0422-2784, N° 330, 1999 Pp..43-54. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=140168>



Hidalgo, A. (1999). La gestión de la tecnología como factor estratégico de la competitividad industrial. *Economía Industrial*. VI (133). 43-54.

Hidalgo, A.; León, S.; Pavón, J. (2002). *La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones*. Madrid: Ediciones Pirámide, 559 pp

Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*. 39(2). 137-175.

<http://www.supcorp.com/premio-nacional-de-tecnologia-e-innovacion-2011/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2012). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx>

Inter-Agency Space Debris Coordination Committee [IADC] (2011). *Homepage*. Disponible en <http://www.iadc-online.org>

International Standard Organization [ISO] (2006) ISO 14040:2006, *Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and framework*. Disponible en <https://www.iso.org/standard/37456.html>

International Telecommunication Union [ITU] (2010). *Brief Overview of Space Market*. Doha, Qatar: International Telecommunication Union.

International Trade Administration [ITA] (2016). *Sustainable Manufacturing Minimizes Environmental Impact While Improving Bottom Line*. EUA. Department of Commerce. Disponible en [http://trade.gov/press/publications/newsletters/ita\\_1008/sustainable-mfg\\_1008.asp](http://trade.gov/press/publications/newsletters/ita_1008/sustainable-mfg_1008.asp).

Kaplinsky, R., y Morris, M. (2010 [2001]). *A handbook for value chain research* (Vol. 113). Ottawa: IDRC (Trad. Guillermo Canale y Julieta Caló. *Un manual para la investigación de cadenas de valor*. Disponible en





<http://www.proyectaryproducir.com.ar/wp-content/uploads/2010/04/Kaplinsky-Manual-completo-Rev-4-2010doc.pdf>.

Kates, R., T. Parris, y A. Leiserowitz (2005). *What Is Sustainable Development? Goals, Indicators, Values, and Practice, Environment*. 47. PÁGINAS

Lacayo, H., y Juárez, J. (2016). Principales estrategias tecnológicas de la industria automotriz mundial para limitar la contaminación ambiental por el uso del automóvil. En Simón, N. y Rueda, I. (coordinadoras). *Hacia una administración sustentable*. México: Publicaciones empresariales UNAM, FCA Publishing.

Lara, A. (1998). *Aprendizaje tecnológico y mercado de trabajo en las maquiladoras japonesas*. México: UAM, UNAM, Miguel Ángel Porrúa.

Lezama, C. (2000). *Estrategias empresariales para la innovación tecnológica y la protección ambiental: El caso de una empresa fundidora*. En Corona, L. y R. Hernández (coordinadores) (79-98). *Innovación tecnológica y medio ambiente*. México: IPN, Plaza y Valdés.

Lu, B., Zhang, J., Xue, D., y Gu, P. (2011). Systematic Lifecycle Design for Sustainable Product Development, *Concurrent Engineering*. Vol 19 Issue 4, pp. 307 – 324, Octubre 2011. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1063293X11424513>

Luengo González Enrique (coordinador) (2012): *Interdisciplina y transdisciplina: aportes desde la investigación y la intervención social universitaria*. Guadalajara, ITESO, agosto de 2012. Disponible en: <https://formacionsocial.iteso.mx/documents/10901/0/D-200400-2.pdf/c25c322f-fd1e-47bf-be55-fa427f2cda6a>

Manda, K., Bosch, H., Karanam, S., Beers, H., Bosman, H., Rietveld E., Worrel E., y Patel, M. (2016). Value creation with life cycle assessment: an approach to contextualize the application of life cycle assessment in chemical companies to create sustainable value. *Journal of Cleaner Production*. 126. 337-351.



- Marshall, C.; Prusak, L.; Shpilberg, D. (1997). Riesgo financiero y la necesidad de una mejor gestión del conocimiento. *Harvard Deusto business review*, 76: 34-53. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=63139>
- Martinez, P. (2013). *The role of COPUOS in promoting sustainability of outer space activities. United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UN COPUOS)*. UNIDIR Space Security Conf, Geneva, 2-3 Apr 2013. Disponible en <http://www.unidir.ch/files/conferences/pdfs/uncopuos-scientific-technical-subcommittee-s-working-group-on-the-long-term-sustainability-of-outer-space-activities-en-1-828.pdf>
- Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., y Behrens, W. (1972). *The limits of growth*. New York: Universe Books.
- Medellín, E. (2010). *La gestión de tecnología en empresas innovadoras mexicanas*. Tesis doctoral en Ciencias de la Administración. México: UNAM.
- Minotta R y Mosquera, J. (2011). *Guía Metodológica Para La Planeación tecnológica en una empresa apoyada en la relación universidad empresa*. Disponible en: [https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/621897/mod\\_folder/content/0/Guia%20metodologica%20para%20el%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20Plan%20Tecnologico%20apoyado%20en%20la%20relacion%20universidad%20-%20empresa.pdf?forcedownload=1](https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/621897/mod_folder/content/0/Guia%20metodologica%20para%20el%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20Plan%20Tecnologico%20apoyado%20en%20la%20relacion%20universidad%20-%20empresa.pdf?forcedownload=1)
- Morín, J., y Seurat, R. (1987). Strategic Use of Technology. *California Management*. 31(4). 91-112.
- Naess, A. y Sessions, G. (1984). *Basic Principles of Deep Ecology*, The Anarchist Library; [theanarchistlibrary.org](http://theanarchistlibrary.org); Pp. 1-7; Disponible en: <https://theanarchistlibrary.org/library/arne-naess-and-george-sessions-basic-principles-of-deep-ecology.lt.pdf>



National Aeronautics and Space Administration [NASA] (2012). *Orbital Debris, Quarterly News*. Orbital Debris Program Office. 16(4). Disponible en <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv16i4.pdf>

National Research Council [NRC] (1987). *Management of Technology: The Hidden Competitive Advantage, Task Force on Management of Technology*. National Research Council. Washington, D.C., Estados Unidos: National Academy Press.

Nuthall, K., Jackson, E., y Lyman, E. (2010). Copenhagen ends, but many questions still remain. *Petroleum Review*. 64(757). 39-40.

Ochoa, M., Valdés, M., y Quevedo Y. (2007). *Innovación, tecnología y gestión tecnológica*. Acimed.16(4). Disponible en: [http://eprints.rclis.org/10618/1/08-Innovaci%C3%B3n,\\_tecnolog%C3%ADa\\_y\\_gesti%C3%B3n\\_tecnol%C3%B3gica.pdf](http://eprints.rclis.org/10618/1/08-Innovaci%C3%B3n,_tecnolog%C3%ADa_y_gesti%C3%B3n_tecnol%C3%B3gica.pdf)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE] (2012). *OECD Handbook on Measuring the Space Economy*. Disponible en <http://www.oecd.org/futures/oecdhandbookonmeasuringthespaceeconomy.htm>

Ortiz, M. (2000). *Gestión del conocimiento y producción ajustada: el proceso de dirección estratégica*. Disponible en [www.gestiondelconocimiento.com](http://www.gestiondelconocimiento.com)

Pere, C., y Jaume, P. (2003). *Tecnología e innovación en las empresas*. Barcelona, España: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya.

Pillownaut Web (2013). *Pillow Astronaut - Map of Worldwide Space Agencies*. Disponible en <http://pillownaut.com/spacemap/spacemap.html>

Premio Nacional de Tecnología [PNT]. (2010). *Modelo Nacional de Gestión de Tecnología*. Fundación Premio Nacional de Tecnología, A.C. Disponible en: <http://www.proempleopuebla.org.mx/modelo.pdf>



- Probert, D., Dissel, M., Farrukh, C., Mortara, L., Thorn, V., & Phaal, R. (2011). *Understanding and communicating the value of technology: A process perspective*. Proceedings of PICMET '11: Technology Management in the Energy Smart World. Portland, OR, Junio-Agosto 2011, pp. 1-6. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6017614&number=6017605>
- Quintana, A. (s.f). *Dirección y administración de marketing*. Camarafp.org. Recuperdo de: <http://www.camarafp.org/portal/index.php/empresas/documentos/07marketing/mar001/pdfli/479-mar001/download.html>
- Ricketts, G. (2010). *The roots of sustainability*. Academic Questions. 23. 20-53.
- Robert, K., Schmidt, B., Alois, J., Basile, G., Jansen, J., Kuehr, R., Price, P., Suzuki, M., Hawken, P., y Wackernagel, M. (2002). Strategic sustainable development -selection, desing and synergies of applied tools. *Journal of Cleaner Production*. 10. 197-214.
- Roberts, E. (1996). Ideas generales sobre la gestión de la innovación tecnológica. En Roberts, E. (53-77). *Gestión de la Innovación Tecnológica*. Madrid: Clásicos Cotec No. 1.
- Romaniw, Yuriy y Bras Bert (2012), *Survey of common practices in sustainable aerospace manufacturing for the purpose of driving future research en19th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering*, Berkeley, 2012. Disponible en: [http://www.manufacturing.gatech.edu/sites/default/files/uploads/pdf/214\\_Bras.pdf](http://www.manufacturing.gatech.edu/sites/default/files/uploads/pdf/214_Bras.pdf), consultado el 13 de febrero de 2017.
- Sánchez, D; Álvarez, R (2005). De La Planeación Estratégica A La Planeación Tecnológica. "La búsqueda de ventajas competitivas Sostenibles en un ambiente global". *El Hombre y La Máquina*, (24) 34-45. Recuperado De <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47812408004>



- Sanmartín, J. y Sánchez, G. (s/f). *Una solución práctica para el problema de los residuos espaciales en órbita*. Física aplicada, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos. Disponible en <http://oa.upm.es/26327/1/C40.pdf>.
- Schlör, H., Fscher, W., y Hake J. (2015). The system boundaries of sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 88. 52-60.
- Schwab Klaus, Sala-i-Martin Xavier, Grenhill Robert, (2011), *The global competitiveness Report*, 2011-2012, World Economic Forum, Switzerland. Disponible en: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GCR\\_Report\\_2011-2012.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GCR_Report_2011-2012.pdf) consultado el 30 agosto 2014
- Schwab Klaus, Sala-i-Martin Xavier, Brende, Borge (2012), *The global competitiveness Report*, 2012-2013, World Economic Forum, Switzerland. Disponible en: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GCR\\_Report\\_2012-2013.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GCR_Report_2012-2013.pdf) consultado el 30 agosto 2014
- Schwab Klaus, Sala-i-Martin Xavier, Grenhill Robert, (2013), *The global competitiveness Report*, 2013-2014, World Economic Forum, Switzerland. Disponible en: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GCR\\_Report\\_2013-14.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GCR_Report_2013-14.pdf) consultado el 30 agosto 2014
- Sharachchandra, L. (1991). Sustainable Development: a critical review. *World Development*. 19 (6). 607-621.
- Simón, N., y Rueda, I. (2016). Administración y sustentabilidad. En Simón, N., y Rueda, I. (coordinadoras). *Hacia una administración sustentable*. México: Publicaciones empresariales UNAM, FCA Publishing.
- Smith, L. (2008a). Climate change and energy security. *Petroleum Review*. 62(740). 35-37.
- Smith, L. (2008b). An international climate change agenda. *Petroleum Review*. 62(740). 36-37.



- Solís, J., y Palomo, M. (2010). La gestión de la tecnología: Modelos y sus elementos clave. *Innovaciones de Negocios* 7(2). 315-343.
- Space Foundation. (2012). The Space Report 2012. The Authoritative Guide to Global Space Activity. *Research and Analysis*. Disponible en <http://www.spacefoundation.org/programs/research-and-analysis/%20space-report>
- Starik, M., y Kanashiro, P. (2013). Toward a theory of sustainability management: uncovering and integrating the nearly obvious. *Organization & Environment*. 26(1). 7-30.
- The Club of Rome. (2016). *History*. Disponible en <http://www.clubofrome.org/about-us/history/>
- Trupia, G. (2017). Desarrollo tecnológico y sustentabilidad. *Voces en el Fenix*. disponible en <http://www.vocesenelfenix.com/content/desarrollo-tecnol%C3%B3gico-y-sustentabilidad>
- United Nations [UN] (1987), *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.
- United Nations [UN] (2010). *Space Debris Mitigation Guidelines of Committee on the Peaceful Outer Space*. United Nations Office for Outer Space Affairs. Viena: United Nations.
- United Nations Environment Programme/ Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe [UNEP/SETAC] (2009). *Life Cycle Management: How business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable*. Power Editing, Ireland. Disponible en <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1208xPA-LifeCycleApproach-Howbusinessusesit.pdf>.
- Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM] (2013). "Entrevista al Dr. Saúl Santillán Gutiérrez, coordinador del Centro de Alta Tecnología de la Facultad



de Ingeniería, campus Juriquilla". *Publicada en el Boletín UNAM-DGCS-129*, Ciudad Universitaria, el 27 de febrero de 2013.

Vázquez, Ricardo y Romo, Carlos, (s/f). *Proyecto Quetzal*. Centro de Alta Tecnología de la Facultad de Ingeniería, UNAM y Massachusetts Institute of Technology (MIT). (Documento de diseño).

Vera, P. (2014). *Redefiniendo el papel de la empresa en el desarrollo de la sociedad: el imperativo de la sustentabilidad*. En Hernández, C. (Ed.). *Sustentabilidad y gestión en las organizaciones, Perspectivas teóricas e implicaciones prácticas*. México: Fontamara/ITSON/UES.

Vera, P. (2016). Administración de la sustentabilidad en las cadenas de valor: una aproximación teórica en *Memorias del XXI Congreso Internacional en Contaduría, Administración e Informática*, celebrado en la Facultad de Contaduría y Administración, UNAM.

Viñals, S. y Rosales, M. (noviembre, 2011). Centro de Desarrollo Aeroespacial en RedCyTE: Programa Aeroespacial Politécnico. *Red de Ciencia y Tecnología Espaciales (RedCyTE): Evento de Arranque* [ppt]; Recuperado en: <https://es.slideshare.net/SergioVialsPadilla/pae-411-dtv4r3-mrassv-bv-part-ipn-en-redcyte111122>

Yin, R.K. (1994), *Case Study Research. Design y Methods*, Second Edition, EUA.



## **Anexo**

### **Cuestionario para la validación de un modelo de administración de tecnología con perspectiva sustentable para mitigación de desechos sólidos espaciales**

Estimados Participantes:

El motivo de esta entrevista es invitarle a usted a participar como experto en la validación de una propuesta para generar un modelo conceptual de administración tecnológica que incorpore una perspectiva sustentable durante todo el ciclo de vida de los satélites, desde el diseño hasta el fin de su vida útil, con el objetivo de establecer estrategias y acciones para contribuir a la mitigación de desechos sólidos en el espacio.

Esta investigación se desarrolla como proyecto doctoral de la M.I. Lisette Farah Simón, en el marco del macro-proyecto “Administración y sustentabilidad” de la Facultad de Contaduría y Administración en la Universidad Nacional Autónoma de México (FCA-UNAM); además es uno de los proyectos de la Red de Ciencia y Tecnología Espacial (RedCyTE) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) de México.

#### **Modelo sustentable de Administración de tecnología para mitigación de desechos sólidos espaciales.**

#### **Planteamiento del Problema**

La contaminación espacial se está volviendo un riesgo para la realización de las actividades espaciales, por lo que es necesario adoptar medidas para elaborar y aplicar metodologías que permitan definir con una perspectiva sustentable los requisitos tecnológicos de los procesos de diseño e implementación de una misión espacial para establecer estrategias y acciones para la mitigación de desechos sólidos.

Por esta razón es de gran importancia contar con estrategias que permitan integrar los procesos administrativos con los recursos tecnológicos en las misiones espaciales, con el fin de desarrollar las competencias tecnológicas y el uso integral de los recursos para el cumplimiento de las metas planteadas para la mitigación de los desechos espaciales.

La administración de tecnología consiste en desarrollar técnicas para entender y resolver problemas de una organización, donde se contemplen estrategias tecnológicas como parte fundamental de las estrategias globales de la organización. Éste es un campo de conocimiento





multidisciplinario que conforma su estructura con base en conocimientos científicos, administrativos y de ingeniería.

La implementación del proceso de administración de tecnología con una perspectiva sustentable en una organización considera todas aquellas oportunidades y amenazas que se presentan en el entorno de la empresa; asimismo, establece un vínculo más armonioso entre cada una de las diferentes funciones de la empresa y los procesos requeridos por ésta para contribuir al desarrollo sustentable, generando así una visión integral del uso y control de los recursos tecnológicos.

El objetivo de generar un modelo de administración tecnológica con perspectiva sustentable para proyectos espaciales de I&D, es contar con una propuesta que introduzca durante todos los procesos de desarrollo, evaluación, implementación y puesta en órbita de una misión espacial determinada, estrategias que contribuyan a la mitigación de la basura espacial de una manera sustentable.

Para la elaboración de dichas estrategias se propone utilizar el análisis del ciclo de vida del producto (satélites), con el fin de adquirir y sistematizar la información sobre los impactos económicos, sociales y ambientales generados durante dicho ciclo, desde la extracción de las materias primas, hasta el procesamiento, la fabricación, la distribución, el uso, la reutilización, el mantenimiento, el reciclaje y su disposición final.

Como parte de la metodología de validación del modelo propuesto, se utiliza el método Delphi, por lo que consideramos que su opinión como experto en la industria satelital aportará valiosos elementos para esta investigación. La información que nos proporcione será únicamente utilizada para fines académicos, garantizando la confidencialidad de sus respuestas.



1. Datos personales

**Nombre completo** \_\_\_\_\_ **Género:**  F  M

**Puesto de trabajo** \_\_\_\_\_

**Nombre de la organización** \_\_\_\_\_

**Tipo de organización:**  Pública  Privada

**Correo electrónico** \_\_\_\_\_ **Teléfono de contacto** \_\_\_\_\_

**Nivel de estudios**

- Licenciatura/ Grado Universitario
- Maestría
- Doctorado
- Posdoctorado

**Vinculación Académica**

2. ¿Tiene vinculación con universidades o entidades de investigación para desarrollar proyectos conjuntos? Si ( ) No ( )

En caso de ser afirmativa su respuesta señale el nombre de algunas de ellas y los objetivos de algunos de los proyectos \_\_\_\_\_

**Años de experiencia en el desarrollo de proyectos relacionados con el I&D Espacial** \_\_\_\_\_



3. A continuación, marque con una **X** si ha desarrollado algún proyecto referente a las temáticas que se presentan a continuación:

Tema a tratar	SI	NO	No estoy seguro
Control y mitigación de desechos espaciales			
Administración tecnológica			
Análisis del ciclo de vida del producto			
Sustentabilidad espacial			
Análisis de los sistemas socio-ambientales			
Evaluación económica de proyectos de inversión de la industria satelital			

4. Considera que la política gubernamental ha contribuido al desarrollo tecnológico de la industria espacial.

Mucho ( )      Poco ( )      Nada ( )

Explique:

---



---



---



---



---



5. Indique cual ha sido el grado de influencia de los siguientes temas en el desarrollo de sus proyectos de tecnología espacial:

Temas	Grado de influencia			
	Alto	Medio	Bajo	Nada
Control y mitigación de desechos espaciales				
Procesos tecnológicos y desarrollo de competencias tecnológicas.				
Procesos administrativos				
Desarrollo de procesos que contemplen el uso de datos, información y conocimiento para proyectos de I&D.				
Integración de la sustentabilidad en los procesos de diseño de la misión espacial.				
Concepción, negociación, contratación y supervisión de la transferencia de tecnología de otras organizaciones.				
Interacción social de la gente en la creación de conocimiento y el desarrollo de innovaciones para la generación de valor y ventajas competitivas.				



Administración de proyectos interdisciplinarios y/o ínter organizacionales				
Acortar el ciclo de la innovación tecnológica				
Estudios prospectivos sobre la evolución de las tecnologías				
Participar en actividades de comercialización y mercadeo, dar solución a los problemas que plantean los mercados				

6. A continuación, le solicitamos su opinión sobre si el desarrollo de las siguientes estrategias en los sistemas espaciales, pueden contribuir a la mitigación de desechos sólidos en el espacio: (TA: totalmente adecuado; BA: bastante adecuado; A: Adecuado; PA: poco adecuado; NA: nada adecuado)

<b>Estrategias</b>	<b>TA</b>	<b>BA</b>	<b>A</b>	<b>PA</b>	<b>NA</b>
Desarrollo de misiones espaciales específicas para la mitigación y control de desechos sólidos espaciales					
Desarrollando estrategias sustentables para implementarlas en las fases de diseño de misión espacial.					
Desarrollo de productos sustentables					
Herramientas de medición de sistemas económicos y socio-ambientales.					



Medición de los impactos socio-ambientales que se pueden generar en cada una de las misiones espaciales.					
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--

7. ¿Conoce usted alguna propuesta para la mitigación de desechos espaciales?

---

---

---

---

---

8. ¿Conoce usted qué busca la sustentabilidad espacial?

- Sí       No

En caso de ser afirmativa, justifique su respuesta:

---

---

---

---



9. A continuación, le solicitamos indicar su opinión referente a si la aplicación de los siguientes temas en el diseño de la misión espacial pueden ser un factor importante para mitigar la generación de desechos sólidos espaciales. (MA: muy adecuado; BA: bastante adecuado; A: Adecuado; PA: poco adecuado; NA: nada adecuado)

<b>Procesos</b>	<b>MA</b>	<b>BA</b>	<b>A</b>	<b>PA</b>	<b>NA</b>
Mejora y desarrollo de productos					
Comparación ambiental entre productos					
Identificación de ineficiencias en el ciclo de vida de un producto					
Desarrollo de indicadores ambientales					
Desarrollo de políticas y regulaciones y desarrollo de estrategias de mercado, entre otras					



10. A continuación, le solicitamos indicar si está de acuerdo con la inclusión de los diferentes temas que conforman la propuesta de un modelo de administración sustentable para la mitigación de desechos sólidos espaciales. (TA: totalmente adecuado; BA: bastante adecuado; A: Adecuado; PA: poco adecuado; NA: nada adecuado)

<b>HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b>						
<b>Funciones</b>	<b>Herramientas</b>	<b>TA</b>	<b>BA</b>	<b>A</b>	<b>PA</b>	<b>NA</b>
Evaluación tecnológica	Análisis de mercado					
	Inteligencia competitiva					
	Prospectiva tecnológica					
	Benchmarking					
	Valoración financiera					
	Análisis socio-ambiental					
Planificación estratégica de la tecnología	Roadmapping tecnológico					
	Matrices de decisión					
	Análisis de portfolio					
Implementación tecnológica	Auditorías Tecnológicas					
	Certificación					
	Ingeniería y reingeniería					
	Gestión de proyectos y redes					
	Tecnologías sustentables					
Vigilancia tecnológica	Mapas tecnológicos					
	Benchmarking tecnológico					
	Prospectiva tecnológica					
Protección de las innovaciones	Propiedad industrial					
	Gestión de competencias					





Nota: Si desea hacer alguna observación sobre cualquiera de los temas planteados o proponer alguno tema diferente, puede hacerlo a continuación:

---



---



---



---



---



---

11. A continuación, le pedimos su opinión respecto al impacto de los temas que conforman la propuesta del modelo de mitigación de desechos sólidos espaciales como una alternativa de solución al problema planteado en esta investigación. (TA: totalmente adecuado; BA: bastante adecuado; A: Adecuado; PA: poco adecuado; NA: nada adecuado)

Fuentes de información	Grado de influencia de cada fuente				
	TA	BA	A	PA	NA
Mitigación de desechos espaciales					
Administración de tecnología					
Sustentabilidad espacial					
Análisis del Ciclo de Vida del producto					

12. ¿Cuál es su opinión acerca de generar un modelo de administración tecnológica que permita plantear alternativas de solución al problema de contaminación espacial y



disminución de desechos sólidos en el espacio mediante la integración de procesos sustentables a proyectos de desarrollo tecnológico que conforman una misión espacial?

---

---

---

---

---

Estaría dispuesto a contestar algunas preguntas más vía correo electrónico, en caso de que esta investigación lo requiera.

SI (    )      No (    )

**Por su participación gracias.**

**Atentamente  
Lisette Farah Simón  
lfarah@live.com.mx**

