

# XIV

## ASAMBLEA GENERAL DE ALAFEC

Ciudad de Panamá, Panamá  
del 21 al 24 de Octubre de 2014



**Integración de energías renovables en procesos de tenerías:  
¿alternativa de innovación tecnológica para la sustentabilidad?**

# Integración de energías renovables en procesos de tenerías: ¿alternativa de innovación tecnológica para la sustentabilidad?

**Área Temática:**  
Ética y responsabilidad social

**Sub área temática:**  
Responsabilidad social empresarial

**Autores:**  
*Dra. Lorena del Carmen Álvarez-Castañón\**  
*Dr. Daniel Tagle Zamora\*\**

**Universidad de Guanajuato**

Bldv. Puente Milenio #1001;  
Fracción del Predio San Carlos;  
C.P. 37670; León, Guanajuato, México.  
Tel. 52 + (477) 267 4900 ext. 4856

\*lorenalvarezc@gmail.com ; lc.alvarez@ugto.mx

\*\* datagle@yahoo.com.mx

## RESUMEN

---

La industria de la curtiduría transforma cueros en pieles para la fabricación de objetos diversos; su producto es considerado un bien intermedio e insumo principal para otras industrias. La tradición artesanal en la elaboración de productos de piel, junto con la disponibilidad de materias primas y mano de obra, han favorecido el desarrollo de la industria de la curtiduría en México; se encuentra ubicado entre los diez mayores productores de pieles a nivel internacional, pues genera aproximadamente el 4% de la producción mundial (ANPIC, 2013).

Originalmente las tenerías se ubicaban en lugares en los que el agua era abundante, como en las riberas de los ríos y se encontraban distribuidas en todo el territorio nacional. La modernización del sector condujo a la desaparición de las tenerías artesanales y dio lugar al crecimiento de las empresas y a la formación de núcleos de industrias curtidoras y a su concentración en unos cuantos clústeres; 73% de las curtidurías mexicanas se encuentran en León, 11% en Guadalajara, 11% en la ciudad de México y 5% en el resto del país (INEGI, 2011).

Este trabajo se relaciona específicamente con el problema de la innovación tecnológica en las empresas curtidoras, los conflictos socioambientales en la zona, asociados con el alto consumo energético, marcan la pauta para identificar propuestas de innovación tecnológica que aporten al alivio de la problemática que vive León. A partir de esto, una investigación de tipo cualitativo, realizada en 2013, en una tenería grande que integra a su proceso de manufactura una plataforma de gestión de energía, ha arrojado resultados positivos respecto a la generación de energía mediante radiación solar (GERS) para los procesos que demanda el curtido en la generación de agua caliente, de aire caliente y de energía eléctrica.

La pregunta central fue ¿los sistemas GERS son una alternativa viable para lograr la sustentabilidad energética en la industria de la curtiduría?. Los resultados encontrados dan cuenta de la viabilidad técnica y financiera de dichos sistemas en el proceso de tenería y del interés de la empresa por operar un modelo de negocio sustentable; el análisis se realiza en el marco de las contraposiciones respecto a la sustentabilidad en las ciencias sociales.

*Palabras clave:* Innovación tecnológica, sustentabilidad, gestión de energía, curtiduría.

## I. CONTRAPOSICIONES RESPECTO A SUSTENTABILIDAD EN LAS CIENCIAS SOCIALES

Desde las ciencias sociales coexisten dos enfoques en el campo de la economía que se contraponen en el análisis de la sustentabilidad: la Economía Ambiental (EA) y la Economía Ecológica (EE). El primer enfoque se deriva del enfoque dominante del campo de la economía ortodoxa, se basa en el mercado y en el optimismo tecnológico para garantizar la cuestionable Sustentabilidad Débil (SD). Sustentabilidad que plantea el mantenimiento de la suma de capital natural y capital hecho por los humanos (Martínez-Alier, 1999); es decir, supone la sustituibilidad de los componentes y procesos ecológicos por el capital socialmente fabricado.

El segundo enfoque, un reciente esfuerzo transdisciplinario, coloca a la economía como un subsistema de un sistema mayor, el planeta Tierra. Este sistema mayor es un sistema abierto a la entrada de energía pero finito en materiales y energía, la naturaleza es proveedora de los mismos y receptora de todos los residuos generados por los procesos económicos (Martínez Alier y Roca, 2003). Su postura cuestiona a la SD por no reconocer la interacción de materiales y energía con el proceso económico; desde esta postura, la economía no es ajena a las leyes de la física, sobre todo a las categorías de entropía y resiliencia.

Asimismo, la EE cuestiona el instrumento de mercado por su carácter monocriterial y conmensurable, lo cual imposibilita abordar cuestiones fundamentales de la Sustentabilidad como son justicia la justicia social, la equidad intergeneracional y el asunto de los procesos de apropiación social de la naturaleza. La EE aboga por una Sustentabilidad Fuerte (SF) entendida como “el mantenimiento de los elementos de la naturaleza que son críticos para la economía humana y el planeta” (Martínez-Alier y Roca: 2003:367).

### **1.- El rol de la innovación tecnológica en la Sustentabilidad: ecología industrial versus economía ecológica**

Dado que el interés del presente documento es evaluar si la innovación tecnológica GERS aporta o no a la sustentabilidad, en esta sección se sintetiza el rol que se le otorga a la innovación tecnológica desde los dos enfoques contrapuestos al análisis de la sustentabilidad.

La Ecología Industrial (EI) es el área de la EA que se encarga de la relación industria-medio ambiente. Su postura consiste en el desarrollo de la innovación tecnológica con el fin de aminorar el impacto de la industria en el medio ambiente. Muchas empresas bajo la

categoría de mercado “Empresa Socialmente Responsable (ESR)” han adoptado prácticas de eficiencia en materiales y energía para desmaterializar sus procesos productivos. Este enfoque plantea situaciones de “*win win*”, ya que la reestructuración de la industria genera procesos de sustentabilidad débil, junto con beneficios económicos a través de la reducción de costos y la ventaja competitiva que otorga la categoría de ESR en el mercado.

Para lograr una producción más amigable con los ecosistemas, diversas empresas han adoptado la ecoeficiencia y producción más limpia que enfatizan un uso más responsable de los recursos y la minimización de los desechos y emisiones generadas. De esta manera, reducen la contaminación generada por la industria y generan valor agregado mediante el aumento de la calidad de los productos, así como la competitividad de las empresas que lo adopten (García 2008: 58).

Contrario a la postura de la EI, la EE cuestiona severamente el papel de la innovación tecnológica, especialmente cuando ésta se aplica con el fin de superar las limitantes físicas, es decir, se rechaza la idea de que el capital hecho por el hombre pueda sustituir en el largo plazo al capital natural (Barkin, Fuente y Tagle, 2011).

La EE opta por una cuidadosa elección de tecnologías; identificar aquellas tecnologías que contribuyan al buen vivir de las sociedades y rechazar el uso de tecnologías que tratan de sostener un modelo de producción inviable ecológicamente. Dentro de la elección de tecnologías debe ponerse especial atención en el volumen de consumo de recursos que requieren dichas tecnologías; la elección debe optar por aquellas tecnologías de baja entropía, además de reconsiderar la adopción de aquellas técnicas y conocimientos vernáculos que contribuyan al uso y manejo sustentable de los recursos naturales y a la cobertura de las necesidades de las sociedades (Tagle 2012: 117).

La EE no se contrapone a la innovación tecnológica, a lo que se opone es a que la ventaja competitiva que ofrece el desarrollo tecnológico sea apropiado por el capital bajo el discursos de la sustentabilidad. Dicho desarrollo debe ser de apropiación social con fines de interés general, reflejado en procesos orientados a revertir el severo estado de degradación ambiental que presentan los ecosistemas. La lógica de la EI, vista desde la EE, no plantea una desvinculación del crecimiento económico a pesar de la desmaterialización propuesta por la EI (Barkin, Fuente y Tagle, 2012). En el cuadro 1, sintetizan las posturas tanto de la EE como de la EI respecto al tema de la sustentabilidad y la implicación de la innovación tecnológica.

Una vez esbozadas las principales posturas en el tema de la sustentabilidad en el campo de la ciencias sociales, es posible proceder a ubicar si la innovación tecnológica GERS abona o no al tema de la sustentabilidad; no obstante, previamente se aborda el contexto que hace posible el desarrollo del GERS en la industria curtidora leonesa, además de describir esta innovación GERS, con el fin de dar respuesta a la pregunta que guía este documento.

**Cuadro 1. Economía ecológica frente a ecología industrial**

<b>ECONOMÍA ECOLÓGICA</b>	<b>ECOLOGÍA INDUSTRIAL</b>
<b>SIMILITUDES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclusión de las esferas social-ambiental-económica               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas relacionadas con su entorno</li> <li>• Reestructurar la relación industria-ambiente                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir los impactos ambientales</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
<b>DIFERENCIAS</b>	
<i>Valor social-ambiental</i>	<i>Visión capitalista</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principios éticos con la sociedad y el ambiente.</li> <li>• Rescate de las tradiciones como medio para innovar los procesos productivos.</li> <li>• Algunas innovaciones tecnológicas resultan ser más dañinas para el medio ambiente.</li> <li>• Imposibilidad de valorar los recursos naturales.</li> <li>• Recursos naturales finitos.</li> <li>• Los daños ambientales son irreversibles.</li> <li>• Evitar o generar residuos sólo en la cantidad que el ecosistema pueda absorber.</li> <li>• Generación de una deuda ecológica.</li> <li>• Principio precaución.</li> <li>• Sustentabilidad radical</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la rentabilidad basada en la protección al ambiente.</li> <li>• Las innovaciones tecnológicas aminoran los impactos ambientales</li> <li>• Valoración de recursos naturales</li> <li>• Recursos Naturales infinitos</li> <li>• No se considera la irreversibilidad.</li> <li>• No se considera la deuda ecológica generada por las industrias.</li> <li>• Reutilizar los residuos como materia prima en otra industria.</li> <li>• Construcción de parques ecoindustriales.</li> <li>• Ecoeficiencia.</li> <li>• Producción más limpia al final del tubo.</li> <li>• Sostenibilidad (introducción de las vertientes social-ambiental-económica)</li> </ul>
<i>Ciencia para el bienestar</i>	<i>Ciencia para el capital</i>

Fuente: García (2008:65) tomado en Álvarez y Tagle (2014).

## II. GESTIÓN DE ENERGÍA EN PROCESOS DE TENERÍA

### 1.- Gestión de energía

Es fuerte la relación entre energía y crecimiento económico de un país, según el balance nacional de energía el coeficiente de correlación de Pearson entre producto interno bruto (PIB) y del consumo energético nacional es 0.92 –de 2001 a 2011- (SENER, 2011). A nivel nacional, el sector transporte es el mayor consumidor energético, seguido del sector industrial; el consumo del sector industrial equivale a 28.8% del consumo energético total y creció un 5% de 2010 a 2011.

Siguiendo a SENER (2011), los principales energéticos del sector industrial son: gas seco (38.4%), electricidad (36.8%), coque de petróleo (6.2%), carbón y coque de carbón (4.8%) y diesel (4.3%); la energía solar generada por el sector industrial es casi nula (0.0%), sin embargo tuvo un crecimiento de 19.8% de 2010 a 2011. En Guanajuato, el sector industrial consume el 59.2% de la energía eléctrica que se genera en el estado; la relación entre ventas de electricidad y PIB en el estado es 32.3% mayor que en el caso nacional –la aportación al PIB del sector industrial es 6.7 puntos porcentuales mayor que en el caso nacional-. Específicamente en energía eléctrica, en 2011 consumió 57.8% de las ventas, de las cuales el 36.9% correspondió a gran industria (SENER, 2012)

Aunado a lo anterior, los precios de los energéticos se incrementan desmedidamente, por citar algunos ejemplos, de 2010 a 2011 en promedio los precios de los combustibles incrementaron un 31.36%, la tarifa H-MC –horaria general, media tensión, con demanda menor de 1000 KW o más, para corta utilización- incrementó un 13.7% (SENER, 2011).

Es acuciante la gestión de energía en las empresas. En la estructura de costos tradicional, los principales componentes son materias primas, mano de obra e indirectos; ahora en la estructura de costos los principales componentes deberían ser materias primas, mano de obra, energía e indirectos. ¿Por qué? Porque en los mercados tan competidos no hay fidelidad del cliente, selecciona el producto de la competencia por centésimas en la diferencia de precio, esas centésimas podrían estar en el costo de la energía.

En esta tesitura, la gestión de energía es estratégica para las empresas, está ligado significativamente con las tres esferas del desarrollo: económico, social y ambiental; la energía es el motor de una empresa, una gestión de energía eficiente y eficaz puede marcar

la diferencia en su productividad, al tiempo de promover una cultura ambiental. Involucra acciones estratégicas como el análisis de datos clave –costo de gasto energético y su relación con datos productivos-, generación de indicadores para seguimiento y control del consumo energético, toma de decisiones en el uso de los recursos productivos y energéticos, simulación de arranques de líneas de producción y construcción escenarios –respecto a horarios y secuencias de arranque para determinar cuál es la combinación óptima para ahorrar energía-, entre otros.

## **2.- Procesos de tenería**

La tradición artesanal en la elaboración de productos de piel, junto con la disponibilidad de materias primas y mano de obra, han favorecido el desarrollo de la industria de la curtiduría en nuestro país. México se encuentra ubicado entre los diez mayores productores de pieles a nivel internacional, pues genera aproximadamente el 4% de la producción mundial (ANPIC, 2013). La industria está altamente concentrada por entidad federativa, según INEGI (2011), 73% de las curtidurías mexicanas se encuentran en la ciudad de León, 11% en Guadalajara, 11% en la ciudad de México y 5% en el resto del país.

Un sector industrial con un histórico impacto ambiental en México ha sido el curtidor, tanto en las cuestiones de agua como por sus altos consumos de energéticos fósiles. Es un sector que se caracteriza por su alto consumo y por los patrones horarios de demanda. Por tanto, abordar los problemas sustantivos de la sustentabilidad de la industria curtidora en León, Guanajuato es de una fuerte complejidad.

La industria de la curtiduría consiste en la transformación de cueros en pieles para la fabricación de objetos diversos; su producto es considerado un bien intermedio e insumo principal para otras industrias. La gestión del agua y energía en las curtidurías leonesas es un proceso complejo, las tenerías por un lado se han visto envueltas en un marco legal que pretende regular el cuidado y conservación del medio ambiente; y por otro, envueltas en las presiones de las demandas del mercado, la alta competencia, la “consciencia” del consumidor que constantemente solicita productos que sean amigables con el ambiente, la estricta normatividad para la exportación, entre otras.

El curtido al cromo es el método utilizado en el 80% de la industria, el resto curte con taninos vegetales. El impacto ambiental se ha visto magnificado por los largos periodos, en los cuales el manejo de los desechos ha sido inadecuado; el establecimiento de sistemas de control de la contaminación se ha visto obstaculizado por las condiciones sociales y económicas que han prevalecido y el consumo energético es significativo, tanto el eléctrico

como el consumo de diesel y gas. Los tipos de cuero transformados con mayor frecuencia son de bovino, porcino, caprino, ovino y, en menor cantidad, de equino. Este proceso de transformación se puede clasificar básicamente en cuatro etapas (figura I):

a) *Ribera*. En esta etapa se realiza la limpieza del cuero, que se recibe en estado de conservación<sup>1</sup> como materia prima; se eliminan todos los componentes del cuero que no son transformables a piel como: sales de sodio, pelo y material proteínico. En este estado el cuero se denomina “*verde salado*” y las dos principales actividades en esta etapa son:

- ⇒ *encalado*, se le quita el pelo y la grasa.
- ⇒ *rendido*, se aplican químicos para aumentar el volumen del cuero y con ello aumentar su rendimiento.

La limpieza o *rivera* es relativamente similar para todo tipo de cuero.

b) *Curtido*. En esta etapa se garantiza proporcionar estabilidad química y física al cuero para evitar putrefacción y hacerlo más resistente a cambios de temperatura y humedad. Hay dos tipos de proceso de curtido dependiendo del origen de la piel y del tipo de materiales que se utilicen para lograr las ciertas características:

- ⇒ curtido vegetal, proceso realizado utilizando taninos<sup>2</sup>, el producto en esta etapa se denomina *wet brown*.
- ⇒ curtido al cromo, proceso realizado utilizando sales inorgánicas principalmente sales de cromo<sup>3</sup>, el producto en esta etapa se denomina *cuero azul* o *wet blue*.

La temperatura promedio del agua utilizada en el proceso de curtido es de 70 grados, suponiendo que la temperatura ambiente del agua es de 21 grados, se requieren cantidades significativas de combustibles para subir la temperatura del agua.

c) *RTE*. Recurtido, teñido y engrase son las actividades en esta etapa, donde se logra

---

<sup>1</sup> El cuero generalmente es conservado con “*sal común*” o cloruro de sodio.

<sup>2</sup> Los productos curtidos al vegetal, generalmente se utilizan para suelas, productos ecuestres, entre otros.

<sup>3</sup> Los productos curtidos al cromo, generalmente se utilizan en la manufactura de calzado, marroquinería (bolsas, cinturones, carteras, etc.).

dar suavidad, elasticidad, llenura, cuerpo, color y otras características que son necesarias para la utilización posterior de la piel. En el *recurtido* se emplean curtientes de origen tanto orgánico como inorgánico, en función de la calidad de la materia prima recibida y/o el tipo de producto que se vaya a elaborar. En el *teñido* se proporciona el color al cuero y para ello se utilizan diferentes tipos de pigmentos y/o anilinas; el teñido puede dar color solamente a nivel superficial o atravesar el espesor de todo el cuero. Por último, en el *engrase* se utilizan aceites y grasas de origen natural o sintético; con el engrase se lubrican las fibras y se da al cuero propiedades físicas que le aporten características que exige el mercado como elasticidad, suavidad o dureza, hidrofobicidad, textura, tacto, elongación, conductividad térmica, peso específico, etc.

Esta etapa se caracteriza por altos consumos de energéticos –gas, diesel, energía eléctrica- porque el cuero se somete a procesos de secado<sup>4</sup> para eliminar el exceso de agua. Hay distintos métodos de secado: cámaras; túneles con secaderos de pinzas, secadero pasting o toggling; placas secotherm; al vacío; bombas de calor; por radiación.

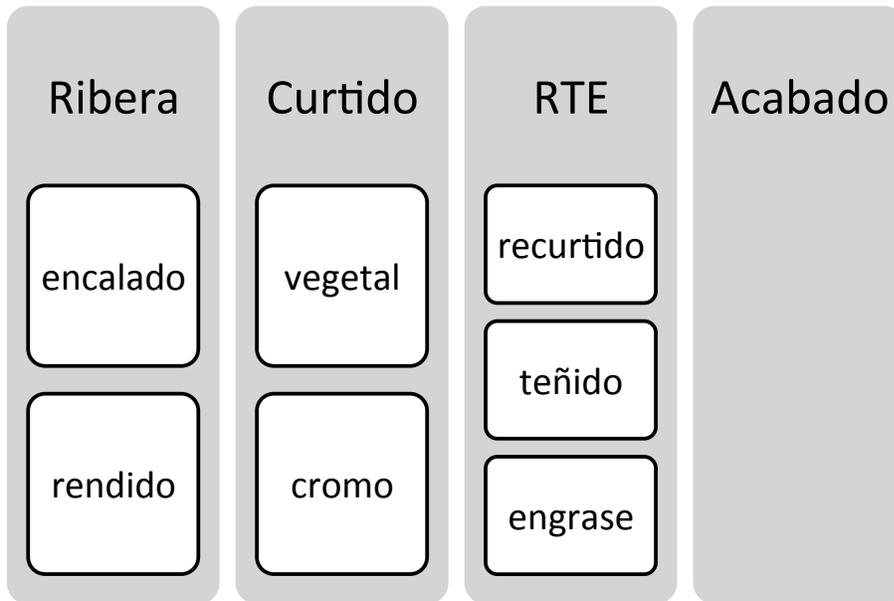
El secado es fundamental en la calidad del cuero, descuidar el método de secado implica defectos en el producto.

d) *Acabado*. Se termina el proceso dando a la piel características específicas según requerimientos del mercado como pueden ser grabado, color y tacto; se utilizan diversos materiales como lacas, pigmentos, tactos, aceites, semianilinas, etc.

---

<sup>4</sup> De manera artesanal, para secar los cueros se cuelgan al aire y se acelera el proceso, por las condiciones ambientales demasiado húmedas, utilizando aire caliente en diversos tipos de secadero.

Figura I. Proceso de curtiduría



Fuente: elaboración propia, con base en datos obtenidos en el trabajo de campo.

Los efluentes de las tenerías contienen grandes cantidades de sangre, pelo, estiércol, proteínas tanto en solución como en suspensión, además de metales pesados como el cromo. En el tratamiento de este tipo de efluentes se han utilizado algunos sistemas biológicos como la digestión anaerobia o procesos aerobios; que requieren altos consumos energéticos.

En esta tesitura, el tratamiento y procesado de pieles y cueros origina un notable impacto sobre el medio ambiente, no solamente en el tema del agua, sino también por los altos consumos energéticos que requiere el proceso. Es indudable que la industria de la curtiduría es altamente contaminante, principalmente el grado de contaminación al agua como consecuencia de los vertidos no tratados, los cuales pueden producir un rápido deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Sin embargo, es una de las nueve actividades industriales de Guanajuato, en una industria cuero-calzado que genera alrededor de 266,000 empleos directos, que consume cantidades considerables de agua y energía, que tiene el reto de seguir garantizando pieles de excelente calidad y 100% libre de agentes contaminantes además de cumplir con la normatividad ambiental vigente en varios ámbitos.

En cuanto a la gestión de energía, el consumo sostenible de energía puede ser posible si se tienen alternativas de innovación tecnológica para la generación de energía mediante fuentes renovables, como la radiación solar<sup>5</sup>, en las partes del proceso que se han mencionado. Por tanto, es acuciante desarrollar tecnologías eficientes de apropiación social, como podrían ser los sistemas GERS, tanto para la generación de energía eléctrica como para el calentamiento de agua de proceso y generación de aire caliente.

Una vez que se ha construido el objeto de estudio, en la siguiente sección se esboza la estrategia metodológica de la investigación.

### III. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

La investigación se define de tipo exploratoria cualitativo, ya que este trabajo se relaciona específicamente con el problema de la innovación tecnológica y su aportación a la gestión de energía en la industria curtidora, en el marco de los conflictos socioambientales en la zona, asociados con el alto consumo energético.

También es de carácter descriptivo ya que busca caracterizar la relación que existe entre innovación tecnológica y sustentabilidad, ello marca la pauta para identificar propuestas de innovación tecnológica que aporten al alivio de la problemática de la industria. Bajo el supuesto que los sistemas GERS son una alternativa de innovación tecnológica viable para la gestión de energía en las curtidurías de León, Guanajuato.

La estrategia metodológica que guía la investigación es de estudio de caso, y la pregunta central fue ¿los sistemas GERS son una alternativa viable para lograr la sustentabilidad energética en la industria de la curtiduría?. El horizonte temporal transcurre en 2013, el sujeto de estudio fue tenería grande que se encuentra instalada en León, se reserva el nombre de la misma a solicitud expresa del informante.

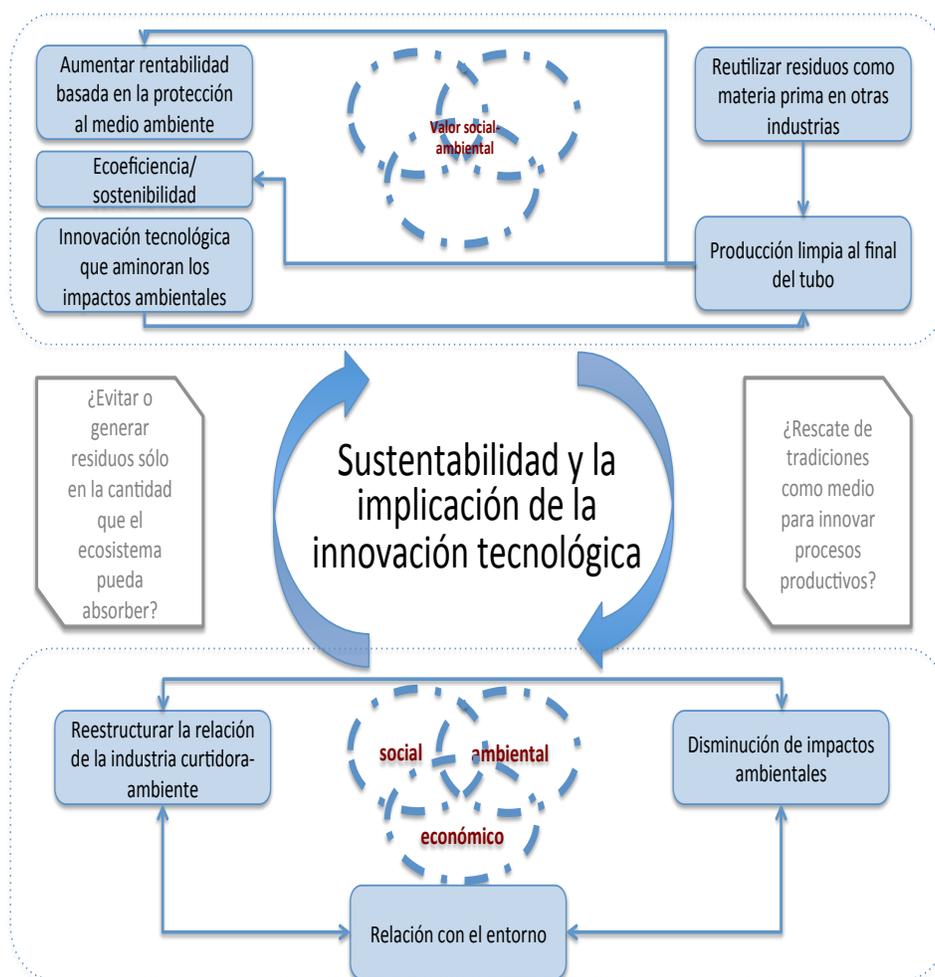
La entrevista semi-estructurada y la observación directa fueron las herramientas de recolección de datos. Las entrevistas se realizaron al director general y al director de operaciones de la empresa sujeto de estudio; esa cercanía, permitió explorar el contexto institucional y también la manera en que se implica la innovación tecnológica en los

---

<sup>5</sup> Hay dos medios para el aprovechamiento de la radiación solar: energía solar térmica, se usa la radiación para calentar un fluido que, en función de su temperatura, se emplea para producir agua caliente o vapor; energía solar fotovoltaica, se transforma la energía solar en eléctrica mediante “células solares” fabricadas con materiales semiconductores que generan electricidad cuando incide sobre ellos la radiación solar.

procesos de manufactura. La observación directa fue sobre el proceso productivo, recogiendo también las impresiones de los operarios, de acuerdo con Callon (1986, 2006) y Latour (1983), la innovación se propaga por los efectos sucesivos de traducción de actores humanos y no humanos. Es decir, según Callon (1986), traducir es expresar en el propio lenguaje lo que otros dicen y quieren, el por qué actúan como lo hacen y cómo se asocian entre sí. El resultado de esa traducción se presenta en la siguiente sección. Así también una entrevista no estructurada a un investigador del CIMAT<sup>6</sup> a fin de contrastar las categorías de análisis de interés para la investigación (figura II).

**Figura II. Modelo conceptual de la investigación**



Fuente. Elaboración propia basado en García (2008).

<sup>6</sup> El CIMAT es un centro de investigación que pertenece a la red de centros CONACYT; sus líneas de investigación son: matemáticas básicas; probabilidad y estadística; ciencias de la computación.

## IV. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

La producción de cuero es uno de los procesos industriales menos estandarizados, aun cuando se procese el mismo tipo de piel para elaborar el mismo producto bajo condiciones similares en dos líneas de producción, éstos no son iguales. Como se mencionó en la sección anterior, las operaciones de una curtiduría se dividen en cuatro procesos: ribera, curtido, RTE y acabado; pero las dos primeras son las que más contaminan por el volumen y la carga contaminante de los efluentes, además son las que demandan agua caliente en los procesos; RTE, también tiene altos consumos energéticos por el proceso de secado que requiere generar aire caliente.

En el caso de la tenería estudiada, es miembro de *British Leather Centre* (BLC) y del *Leather Working Group*. BLC le otorgó el *Gold Rated Medall BLC*, este certificado se otorga a empresas que cumplen con los requisitos ambientales a nivel mundial. Este certificado valida que sus productos sean amigables con el medioambiente mediante: gestión de energía para la eficiencia energética; gestión de agua, con procesos que reducen su consumo y la trata para reúso en tareas de mantenimiento y riego de jardines; gestión de residuos, donde los clasifica y trata adecuadamente; aseguramiento de aire limpio, opera un sistema de control de emisiones; define una política de sustancias restringidas.

Han ejecutado proyectos piloto para la generación de energía mediante procesos de biodigestión de sus aguas residuales. La producción de tabiques de las aguas residuales, ha sido otro de los proyectos para el cuidado ambiental que la empresa estudiada ha emprendido. Estos proyectos los ha ejecutado en vinculación con Centros de Investigación CONACYT. Su director general afirma que “Nuestro compromiso ecológico va más allá de una convivencia armoniosa con la naturaleza, ya que en la empresa hacemos de la metodología de trabajo una práctica consiente y comprometida con el entorno natural...”.

Se identifican en la tenería estudiada tres módulos que constituyen el sistema GERS: sistema híbrido de generación de agua caliente; sistema híbrido de generación de aire caliente; sistema de generación de energía fotovoltaica. En las siguientes subsecciones se esbozan dichos módulos del sistema GERS de la tenería estudiada.

### 1.- Innovación tecnológica módulo GERS para calentamiento de agua

Para el calentamiento de agua de proceso operan un sistema híbrido, que aprovecha la energía termosolar, a través de colectores solares. Los colectores solares, operan en base a tres principios físicos: la propiedad del color negro para atraer el calor; el efecto invernadero que se provoca en la caja con un cristal en la parte frontal y la tendencia que tiene el agua más caliente a ubicarse sobre el agua más fría.

El sistema primario consiste básicamente, en colectores solares plano, un termotanque y el sistema termosifónico. La temperatura del agua de proceso requerida es 70° en promedio, la temperatura ambiente del agua es 21°, el proceso tradicional requiere gas para subir la temperatura. La temperatura promedio anual del agua termosolar es 62°, esto ha generado un ahorro de 22.89% en el costo unitario por decímetro producido, y se redujeron un 32.91% el consumo de combustibles fósiles.

## **2.- Innovación tecnológica módulo GERS para generación de aire caliente**

Para la generación de aire caliente, operan un sistema GERS en el área de RTE, en este sistema por convección forzada en un túnel de operación continua de secado, convergen altas temperaturas –controladas mediante sensores de humedad y de aire, para la inyección de aire caliente conforme vaya necesitando el proceso-. Con ello se logra la eficiencia del consumos energéticos y se mejora el tiempo de secado, para tener un mejor control de calidad y formar una piel con textura uniforme dirigida al mercado automotriz.

Está integrado de un arreglo de paneles solares, que garantiza uniformidad del flujo de aire –el espacio está directamente relacionada con la cantidad de aire que fluye en cada punto de dicho espacio-. A través de un análisis del flujo de aire, determinaron las variables que intervienen en el proceso de secado –temperatura y humedad de la piel, temperatura y humedad en cada una de las secciones del sistema de secado, además del área de la piel en la entrada y salida del sistema- porque se debe garantizar la calidad del producto y evitar que la piel se encoja en el proceso de secado. Controlan la calidad del aire, mediante el movimiento y la velocidad del flujo de aire, analizan los datos del sistema mediante herramientas de análisis multivariado, estadística espacial y diseños experimentales no-estándar, según se requiera.

Es un sistema híbrido, donde la generación por radiación solar es el sistema primario y los combustibles fósiles el sistema secundario. Éste opera a través del calentamiento de agua, se almacena y por medio de un intercambiador de calor se produce el calor requerido para brindar la temperatura necesaria durante las noches. Se utiliza un controlador que sirve para comunicar que la temperatura del aire captado por la energía solar no es la adecuada para el proceso, y entra el sistema secundario. La capacidad del sistema de secado depende de la cantidad de producto a secar.

Los colectores solares convierten la energía solar en calor, este es transportado por una corriente de aire a través de una tubería. La corriente de aire sirve por una parte para calentar los sólidos y por otra para evacuar el contenido de humedad eliminado; se utiliza un abanico centrífugo, éste succiona el aire y lo impulsa dándole velocidad de flujo al aire para que pase por el producto. Mediante este sistema se evitan las operaciones intermitentes y se logra un considerable ahorro de energía lo cual garantizara la productividad y competitividad de la industria.

### 3.- Innovación tecnológica módulo GERS para generación de energía eléctrica

El tercer módulo del sistema alternativo implementado por la tenería es la generación de energía eléctrica es el sistema GERS fotovoltaico, mediante paneles instalados en su techumbre para derivar energía a la red eléctrica; en consecuencia autogenerar energía para consumo propio, al tiempo de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>.

El sistema fotovoltaico (SFV), fue instalado orientado al sur y una inclinación específica de entre 16° a 22° grados del techo para aprovechamiento de la irradiación solar, son paneles con un marco de aluminio y estructuras contrapuestas de cristal y celdas de silicio, que con la irradiación solar, generan un campo electromagnético que crean energía eléctrica, misma que es transportada por un cableado que conecta con varios inversores que transforman la energía directa (DC), de bajo voltaje pero con alto amperaje, a energía alterna de 220 a 440 voltios y que se puede conectar a la red de CFE por medio de un medidor bidireccional que mide el consumo de la empresa y lo que genera.

El SFV que opera en la empresa SFV genera energía no convencional de alrededor de 75,000 kW por año, equivalente al consumo promedio de 40 casas habitación. Es un sistema que tiene una vida útil de 25 años con un rendimiento de 90%, mismo que se amortiza en 8 años de operaciones en promedio.

## V. A MANERA DE CONCLUSIONES

México es uno de los países con mayor potencial de radiación solar. Aun cuando los sistemas de generación de agua caliente están siendo utilizados por otras tenerías, no se conoce un sistema GERS integral como el que opera la tenería estudiada. Los resultados encontrados dan cuenta del interés de la empresa por operar un modelo de negocio sustentable, más allá de la normatividad ambiental. Los resultados del contraste de la innovación tecnológica GERS con las categorías definidas a partir de la teoría se sintetizan en la figura III.

Figura III. Contraste GERS-teoría social



Fuente: elaboración propia basado en trabajo de campo.

Desde la perspectiva de la EI ésta se puede catalogar como una innovación tecnológica rentable para la generación de energía en la industria de la curtiduría a nivel industrial y viable técnica, ambiental y financieramente, tiene características de resaltar como:

1. Es un sistema innovador para la gestión de energía que opera un procedimiento simple y de bajos requerimientos operativos, requieren poco o nulo mantenimiento anual. El módulo GERS de generación de aire caliente es un sistema disruptivo.
2. El sistema permite aprovechar mejor las fuentes de energía alternativa. Las energías renovables no producen emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes a la atmósfera.
3. En una tecnología que se podría clasificar como genérica, es decir, podría haber una apropiación social del conocimiento en el resto de la industria en León.
4. Es una tecnología sustentable que podría tener múltiples aplicaciones, es decir, no exclusivamente orientadas a la gestión de energía en curtidurías.
5. Para el calentamiento de agua, se reduce significativamente el consumo de combustibles fósiles –gas y diesel- en una sola operación, por tanto es una alternativa económica y ambiental.
6. Para la generación de aire caliente, se reduce significativamente el consumo de combustibles fósiles –gas y diesel- en una sola operación, por tanto es una

alternativa económica y ambiental. Este proceso es crucial para garantizar la calidad del producto y para incrementar la productividad.

7. Se reduce significativamente el consumo eléctrico, equivalente al consumo promedio de 40 casas habitación.

La industria curtidora ha hecho un uso desmedido de los recursos naturales, tanto de recursos renovables como no renovables. La innovación tecnológica GERS estudiada pretende generar modificaciones en las prácticas actuales que sean menos dañinas al medio ambiente. Es decir, propone implantar un ecosistema industrial basado en el funcionamiento de ecosistema que permite se aprovechen tanto los recursos como los desechos; tal como lo plantea Carpintero (2005), la combinación del mercado meta de la industria curtidora más los sistemas GERS podrían aminorar las contradicciones existentes, y que le permiten a la industria curtidora cumplir con la legislación ambiental, establecer una nueva relación con el medio ambiente.

A manera de conclusión y después de evaluar la innovación tecnológica GERS, presentada en este documento, ésta si corresponde a una innovación tecnológica que aporta a la sustentabilidad desde el enfoque de la ecología industrial. Tal como Graedel (1994, citado en Carpintero 2005:120) plantea es una alternativa que pretende optimizar la productividad de todos los insumos del proceso de curtido para reducir sus requerimientos y el volumen de sus residuos; aunado a ello, pretende incorporar el aprovechamiento de los desechos generados por su propio proceso. Las características primordiales de la innovación tecnológica GERS son:

- a. Es un sistema innovador para la generación de energía.
- b. Operación simple y de bajos requerimientos operativos.
- c. Reducción significativa de combustibles fósiles para el calentamiento de agua de proceso.
- d. Reducción total de combustibles fósiles para la generación de aire caliente.
- e. Innovación tecnológica que aminora el impacto al ambiente.
- f. Innovación tecnológica rentable.
- g. Inclusión de la esfera ambiental.
- h. Empresa preocupada con su entorno.
- i. Ecoeficiencia energética
- j. Aprovechamiento de energías renovables (energía solar).
- k. Reconocimiento ambiental con certificadoras nacionales e internacionales.

Identificar este tipo de innovaciones tecnológicas es relevante porque el impacto económico de la industria curtidora en la región es significativa, y relevante para la competitividad de la empresa.

Es acuciante para México al igual que muchos países emergentes, desarrollar tecnologías propias lograr la eficiencia energética y la disminución del uso de combustibles fósiles. Sin embargo, la evaluación de la innovación tecnológica GERS desde el enfoque de la economía ecológica plantea la continuidad de la investigación.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Castañón, Lorena del Carmen. Et al (2014). Recircular agua de proceso en tenerías, ¿una alternativa de innovación tecnológica sustentable?. En el e-book Administración, Gestión de la innovación y desarrollo sustentable. Coord. Zarate Cornejo, et al. Ed. Universidad Autónoma de Baja California y Academia de investigación en Ciencias Administrativas. México. Abril, 2014. (ISBN: 978-0-9911261-6-3.).
- Barkin, D. (2011). La economía ecológica y solidaria: Una propuesta frente a nuestra crisis. En revista sustentabilidades. No. 5
- Barkin, D. (Coordinador) (2006), La Gestión del Agua Urbana en México-Retos, Debates y Bienestar, Universidad de Guadalajara, México.
- Barkin, D. (1998) Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable. México: Editorial Jus y Centro de Ecología y Desarrollo. ISBN: 9687671041; versión electrónica.
- Barkin, D. y Klooster, D. (2006), “Estrategias de la Gestión del Agua Urbana en México: Un análisis de su evolución y las limitaciones del debate para su privatización.” En: Barkin (Coor.) (2006), pp. 1-45.
- Barkin, D., Fuente, M. y Tagle, D. (2012). “La significación de una Economía Ecológica Radical”. Revista REDIBEC. Pág. 1-14.
- Callon, M. (2006). Sociologie de l'acteur réseau. En Sociologie de la traduction. Textes fondateurs, M. Akrich, M. Callon y B. Latour. Paris: Presses des Mines de Paris, pp. 267-276.
- Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc, L'année sociologique, 36, pp. 169-208.
- Carpintero, O. (2005), El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-200), Colección Economía vs Naturaleza, España: Fundación César Manrique.
- Chen, G. (2004). Electrochemical technologies in wastewater treatment. In: Separation and Purification Technology. Vol. 38, No. 1 (jul. 2004); p. 11-41.
- García, E. (2008), “La Economía Ecológica frente a la Ecología Industrial”. Revista Argumentos. Nueva Época. Año 21. Enero-Abril 2008. Pp.55-71.
- González (Coor.) (2008), Gestión de cuencas y servicios ambientales. Perspectivas comunitarias y ciudadanas.
- Hoffmann, S. et al (1995). Chem. Rev. 95; 69.
- Holt, P. et al. (2005). The future for electrocoagulation as a localized water treatment technology. In: Chemosphere Vol.59, No. 3; april; p.355-367.
- Huang, C. et al. (1993). Waste Management. 13-361.

- Landa, R., y Carabias, J. (2008), "Los recursos hídricos y la gestión de cuencas en México". En Luisa Paré, Dawn Robinson y Marco Antonio.
- Latour, B. (1983). Give me a laboratory and I will raise the world. En: Knorr-Cetina., K. y Mulkay, M. (eds.). Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science. Londres: Sage.
- Leff, E. (1998). Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder, Siglo XXI-UNAM, México.
- Leff, E. (1999). La insoportable levedad de la globalización: La capitalización de la naturaleza y las estrategias fatales de la sustentabilidad, Desarrollo sustentable ¿Realidad o retórica? serie Pluriminor, ABYA-YALA, Quito Ecuador.
- Lezama, C. (2001). Estrategias empresariales para la innovación tecnológica y la protección ambiental: el caso de una empresa fundidora. Innovación tecnológica y medio ambiente compilado por Corona, L. & Hernández, R., 79-98. México: Fundación Friedrich Ebert Stiftung.
- Lozano, G. (2014). "La crisis del agua en León: claves para su comprensión." En Daniel Tagle (Coordinador) (2014). La crisis multidimensional del agua en la ciudad de León, Guanajuato. Miguel Ángel Porrúa. México. EN PRENSA.
- Martínez-Alier, J. y Roca, J. (2003), Economía Ecológica y Política Ambiental. FCE. México.
- Martínez-Alier, J. (1999), Introducción a la Economía Ecológica, Rubes, Barcelona.
- Peralta, J. et al. (2009). Recent advances in the application of electro-fenton and photoelectro-fenton process for removal of synthetic dyes in wastewater treatment. Environ. Eng. Manage., 19(5), 257-265 (2009).
- Peralta, J. et al. (2005). Fenton and electrochemical approaches for water purification technologies. Applications of Analytical Chemistry in Environmental Research. Editor: Manuel Palomar.
- Rajeshwar, K. et al. (1997). Environmental electrochemistry: Fundamentals and Applications in pollution abatement. San Diego, California: Academic Press limited, p776.
- Stephenson, R. et al. (2006). New electrocoagulation process treats emulsified oily wastewater at Vancouver Shipyards. [on line]. Vancouver: Environmental Science & Engineering, 2003. [ citado 11 de abril 2006 ] Disponible en: <http://www.esemag.com/0103/electro.html>

### Normas

- NMX-GT-001-IMNC-2007: Sistema de gestión de tecnología - Terminología.

### Bases de Datos y página web institucional

- Cámara de la Industria de la Curtiduría. Varias estadísticas. [en línea]. México. [fecha de consulta 31 de enero de 2013]. Disponible: [www.cicur.org](http://www.cicur.org)

- Cámara Nacional de la Industria de la Curtiduría. Varias estadísticas. [en línea]. México. [fecha de consulta 31 de enero de 2013]. Disponible: [www.canalcur.org](http://www.canalcur.org)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Varias estadísticas. [en línea]. México. [fecha de consulta 31 de marzo de 2013]. Disponible: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Instituto Nacional de Ecología. Varias estadísticas. [en línea]. México. [fecha de consulta 31 de marzo de 2013]. Disponible: [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)
- Secretaría de energía. Balance nacional de Energía (2011); Información energética sobre las 32 entidades federativas (2012); Sistema de información energética (2013). [en línea]. México. [fecha de consulta 31 de marzo de 2013]. Disponible: [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx).