



## FONDO MIXTO CONACYT-GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA

### CONVOCATORIA PUE-2018-03

**“DESARROLLO ECONÓMICO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR SALUD DEL ESTADO DE PUEBLA”**

### DEMANDA ESPECÍFICA

#### DEMANDA PUE-2018-03-01

DISEÑO, EQUIPAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DE UN CENTRO PARA EL DESARROLLO DE CAPITAL HUMANO EN ESPECIALIDADES DE DISEÑO, INGENIERÍA Y MANUFACTURA DIGITAL DE PRODUCTO PARA LA INDUSTRIA 4.0 DE LOS SECTORES ESTRATÉGICOS DEL ESTADO DE PUEBLA.

#### 1. PRIORIDAD Y DEMANDA ESTRATÉGICA ATENDIDA

##### Prioridad

4. Fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas de los sectores estratégicos del Estado de Puebla.

##### Demanda estratégica

4) Desarrollar la infraestructura de laboratorios especializados en el área automotriz e impulsar el modelo de tetra hélice para estimular la innovación, la ciencia y la tecnología, aplicada a procesos productivos y comerciales.

#### 2. ANTECEDENTES

En el ámbito global, la relevancia del sector automotriz y de autopartes en las economías, radica en su significativa capacidad para lograr impactos positivos en la generación de empleos, de exportaciones y a la intervención en el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado. Por ello, en la industria global, se han generado iniciativas que promueven el fortalecimiento de capacidades, que se enfocan especialmente en tres tendencias que guían los procesos de innovación y evolución del sector:

- I. Seguridad: incrementar la seguridad de los vehículos, tanto desde un punto de vista personal (reduciendo el número de accidentes y sus consecuencias), como frente a delitos (robos en transporte de mercancías).
- II. Competitividad y eficiencia: ofrecer productos de una alta calidad y competitivos en costos, que permitan obtener rentabilidad de largo plazo para la industria y sus jugadores.

### III. Confort y personalización: satisfacer las demandas de los usuarios en términos de diferenciación, personalización, sostenibilidad y calidad percibida.

Por otra parte, así como a escala global el sector automotriz y de autopartes es un propulsor para el desarrollo de las distintas economías, el caso de México no es la excepción. En el país, dicho sector se considera como estratégico debido, entre otros aspectos fundamentales, al volumen de empleo y de divisas que genera, así como a la significativa relación que tiene con otros sectores de la economía, y a la participación en el producto interno bruto (PIB) y en el comercio exterior. Asimismo, el sector en México es promotor de la competitividad en las regiones donde se ha establecido. Esto se traduce en empleos más calificados y mejor remunerados, así como en un mayor desarrollo del capital humano (Secretaría de Economía [SE], 2012)<sup>1</sup>. En suma, se puede afirmar que el sector automotriz potencia y dinamiza el crecimiento y desarrollo económico de México, como lo muestran las siguientes estadísticas:

- En el año 2015, la industria automotriz contribuyó con el 3.1 % del PIB nacional y el 18.3% del manufacturero.
- Como parte de los alcances de la industria automotriz, se generan impactos en 157 actividades económicas del país, dentro de las cuales, 84 corresponden a la industria manufacturera y 73 a comercio y servicios.
- En el año 2015, el PIB de la industria automotriz (6.6 %) creció 2.6 veces más que el PIB nacional (2.5 %), en comparación al año anterior.
- De 1994 a 2015, el PIB de la industria automotriz creció 3.8 veces más que el PIB manufacturero y el PIB nacional.

(Asociación Mexicana de la Industria Automotriz [AMIA], Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores [AMDA], Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C.[ANPACT], e Industria Nacional de Autopartes, A.C. [NA]., 2018)<sup>2</sup>

En este contexto, el sector automotriz mexicano ha aprovechado las condiciones de una economía abierta, para iniciar su transición de un sector principalmente ensamblador, a un esquema de desarrollo global en el que las empresas del sector impulsen la innovación, atendiendo a las tendencias globales que le rigen (SE, 2016)<sup>3</sup>.

Por su alineación con estas tendencias y su potencial para generar conocimiento e innovación en procesos y nuevos productos, el sector automotriz en Puebla es uno de los sectores estratégicos de la entidad. Para el año 2012, la industria automotriz en el Estado representó el 47.2 % de participación de la industria manufacturera en el PIB estatal, con un

<sup>1</sup> Secretaría de Economía. (2012, marzo). *Industria Automotriz. Monografía*. Recuperado de [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/Monografia\\_Industria\\_Automotriz\\_MARZO\\_2012.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Monografia_Industria_Automotriz_MARZO_2012.pdf)

<sup>2</sup> Asociación Mexicana de la Industria Automotriz [AMIA], Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores [AMDA], Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C.[ANPACT], e Industria Nacional de Autopartes, A.C. [NA]. (2018). *Diálogo con la industria automotriz 2012-2018*. Recuperado de <https://www.amda.mx/wp-content/uploads/2018/02/Dialogos01-12-16.pdf>

<sup>3</sup> Secretaría de Economía. (2016, diciembre 26). *México cuenta con una industria automotriz en crecimiento*. Recuperado de <https://www.gob.mx/se/articulos/mexico-cuenta-con-una-industria-automotriz-en-crecimiento>

Índice de Especialización Local (IEL) de 13.82 y una tasa anual de crecimiento de 16.4 % (Gobierno de México, y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT], 2015)<sup>4</sup>. Esto manifiesta el desarrollo de actividades altamente especializadas en el sector, las cuales, para 2014, generaron empleo para un total de 13,716 personas en la fabricación de automóviles y camionetas, actividad posicionada en el primer lugar del PIB sectorial y valor agregado (Gobierno de México, y CONACYT, 2015)<sup>4</sup>.

De acuerdo con estadísticas del INEGI (2016)<sup>5</sup>, durante 2016, la entidad ocupó el 13° lugar en exportaciones a nivel nacional, contribuyendo con el 2.9 % del total de los intercambios comerciales que se realizaron en México para la industria manufacturera. Este logro nace como consecuencia de los recursos que el Estado ha invertido para garantizar su posicionamiento en el sector. Al respecto, desde el 2014, en Puebla se han instalado grandes empresas internacionales líderes en la fabricación de automóviles y sus servicios, teniendo inversiones de por más de 2 mil 500 millones de dólares (López, 2018)<sup>6</sup>.

Aunado al sector automotriz, el sector de proveeduría de primer nivel (TIER 1) en Puebla es altamente competitivo, ya que se han realizado inversiones de empresas transnacionales muy importantes en el ramo vinculadas a empresas automotrices (Gobierno de México, y CONACYT, 2015)<sup>7</sup>. En el caso de proveeduría de segundo y tercer nivel, hay una incipiente dinámica de tracción con otras empresas de menor tamaño. Sin embargo, la mayoría de las empresas integradas a la cadena de proveedores no son nacionales, lo cual aumenta los costos por concepto de importaciones. Esta situación representa un área de oportunidad para el sector estatal en el desarrollo de su cadena de proveeduría regional.

Para capitalizar las oportunidades en la cadena de proveeduría regional, se requiere elevar la calidad y las calificaciones técnicas del capital humano de las PYMES que componen la cadena, ya que existe un déficit de competencias en áreas muy específicas como: diseño, metalurgia, estampados y procesos de manufactura. En este contexto, se plantea como estratégico mantener la posición de liderazgo en el campo de la fabricación de automóviles y camionetas, así como en la fabricación de partes automotrices tales como: sistemas de frenado y piezas metálicas troqueladas entre otras.

Por lo anterior, para el Gobierno del Estado de Puebla resulta prioritario impulsar y fortalecer programas sustentables de desarrollo de talento que, en un marco de estrecha vinculación academia-industria, contribuyan a elevar la competitividad estatal a partir del incremento de sus competencias y de sus capacidades de innovación, fortaleciendo la productividad de la cadena de proveeduría y favoreciendo la adopción de procesos

<sup>4</sup> Gobierno de México, y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT]. (2015). *Agenda de Innovación de Puebla. Resumen Ejecutivo*. Recuperado de <http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/03/AgendaPuebla.pdf>

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Exportaciones por Entidad Federativa*. Recuperado de [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/exporta\\_ef/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/exporta_ef/default.aspx)

<sup>6</sup> López, V. (2018, marzo 6). Confirma VW inversión por 2 mil 500 mdd hasta 2020. *Milenio*. Recuperado de <http://www.milenio.com/negocios/confirma-vw-inversion-2-mil-500-mdd-2020>

<sup>7</sup> Gobierno de México, y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2015). *Agenda de Innovación de Puebla. Documentos de Trabajo: 4.1 Agenda de Especialización Automotriz*. Recuperado de <http://www.agendasinnovacion.org/wp-content/uploads/2015/03/4.2-Agenda-del-área-Automotriz1.pdf>

establecidos por la industria 4.0. Con este fin, el sector automotriz de Puebla requiere, específicamente, de la formación de talento especializado para el uso de tecnologías de la Industria 4.0 en materia de diseño, ingeniería y manufactura digital de componentes, así como del fortalecimiento de la colaboración entre la academia y la industria en proyectos que atiendan las demandas de esta última.

Esta necesidad está igualmente apoyada y justificada en el Programa Sectorial de Trabajo y Desarrollo Económico (Gobierno de Puebla, 2011)<sup>8</sup>, derivado del Plan Estatal de Desarrollo 2011-2017 del Estado de Puebla (PED 2011-2017), dentro del cual, el objetivo 2 plantea aumentar la productividad y permanencia de las empresas establecidas en la entidad, a través de una serie de estrategias. La estrategia 2.1 prioriza acelerar y fortalecer el crecimiento de empresas instaladas en el Estado de Puebla, a fin de detonar y dar certidumbre al empleo, mediante distintas líneas de acción. Para este caso, la línea 2.1.5. resulta importante, ya que llama a identificar las vocaciones productivas en las diferentes regiones del Estado susceptibles a ser integradas a cadenas de suministro y de valor más amplias, que les permitan a los productores poblanos acceder a nuevas tecnologías, mercados, incluyendo la exportación, y canales de distribución institucionales. Asimismo, resulta indispensable rescatar la estrategia 2.1.6., relacionada con la importancia de impulsar obras de infraestructura en áreas industriales existentes del Gobierno del Estado para la modernización y sustentabilidad de los mismos.

Por todo lo anterior, se plantea la implementación de un Centro para el Desarrollo de capital humano en especialidades avanzadas, como diseño 3D, Ingeniería y Manufactura Digital, que se constituya como un elemento habilitador para que las empresas de la industria automotriz, así como de los demás sectores estratégicos de Puebla, accedan al talento que apoye la transformación de sus procesos productivos hacia los nuevos procesos de la Industria 4.0.

### **3. FINALIDAD Y PROPÓSITO DE LA DEMANDA**

#### **3.1. Propósito**

Apoyar el desarrollo de la cadena de proveeduría del Sector Automotriz en el Estado de Puebla, a través de la implementación de un Centro de Especialización de Capital Humano para la Industria 4.0, en áreas como Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto, que contribuya con el desarrollo de recursos humanos que requieren las empresas del sector, para elevar sus capacidades de innovación y de vinculación, incrementando los procesos intensivos en conocimiento de las mismas.

---

<sup>8</sup> Gobierno de Puebla. (2011). *Actualización del Programa Sectorial de Trabajo y Desarrollo Económico 2011-2017*. Recuperado de <http://planeader.puebla.gob.mx/pdf/programas/estatales/sectoriales/IN.66.pdf>

### **3.2. Finalidad**

Formar recursos humanos en especialidades asociadas al Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto que requiere el Sector Automotriz y los demás sectores estratégicos del Estado de Puebla, para apoyar la transformación de sus procesos productivos hacia los nuevos procesos de la Industria 4.0.

## **4. INDICADORES DE IMPACTO**

- a) Incremento de los servicios de formación continua especializada para empresas y profesionistas en Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto para la Industria 4.0.
- b) Número de empresas vinculadas con el Centro que soliciten capacitación en servicios tecnológicos especializados en materia de Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto para la Industria 4.0 para aumentar su productividad.
- c) Número de Instituciones de Educación Superior, Centros de Investigación y empresas que colaboren con el Centro en el diseño de programas de capacitación.
- d) Fortalecimiento de la infraestructura para el Desarrollo de Capital Humano en especialidades de Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto para la Industria 4.0.
- e) Número de especialistas capacitados en especialidades de Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto para la Industria 4.0.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Diseñar, equipar y poner en marcha un Centro para el Desarrollo de Capital Humano en Especialidades de Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto para la Industria 4.0, enfocado a los sectores estratégicos del Estado de Puebla.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- I. Desarrollar el Plan Estratégico para el Centro de Desarrollo de Capital Humano en Especialidades de Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto.
- II. Desarrollar el Proyecto Ejecutivo para el equipamiento y puesta en marcha del Centro de Desarrollo de Capital Humano en Especialidades de Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto.
- III. Equipar, instalar y poner en marcha el Centro de Desarrollo de Capital Humano en Especialidades de Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto.

- IV. Estructurar un Programa de Formación de Formadores enfocado en diseño, ingeniería y manufactura digital de producto.
- V. Desarrollar el Plan de Capacitación Técnica del personal que estará a cargo de la operación de los laboratorios del Centro de Desarrollo de Capital Humano en Especialidades de Diseño, ingeniería y Manufactura Digital de Producto.
- VI. Desarrollar el Plan de Vinculación del Centro de Desarrollo de Capital Humano en Especialidades de Diseño, Ingeniería y Manufactura Digital de Producto, con Instituciones de Educación Superior y del sector productivo.

## 6. PRODUCTOS ESPERADOS

- I. Plan Estratégico para el Centro, que establezca las acciones a tomar en el corto, en el mediano y en el largo plazo, a fin de alcanzar la auto-sustentabilidad, que incluya al menos los siguientes aspectos:
  - a) Modelo de Negocios enfocado en la sustentabilidad del Centro.
  - b) Cartera de productos y servicios que se ofertarán.
  - c) Análisis de sustentabilidad financiera del Centro.
  - d) Análisis de los riesgos técnicos y las acciones contingentes para enfrentarlos.
- II. Proyecto Ejecutivo para el equipamiento y puesta en marcha del Centro, que incorpore todos los elementos necesarios para el exitoso establecimiento y puesta en marcha de los espacios del mismo, estando integrado por:
  - a) Diseño de distribución arquitectónica.
  - b) Programa de adecuaciones para la habilitación de los espacios.
  - c) Especificaciones de equipos requeridos.
  - d) Plan de Instalación y puesta en marcha del Centro.
  - e) Cualquier otro aspecto indispensable para su exitosa habilitación y puesta en marcha.
- III. Centro de formación de capital humano en especialidades de diseño, ingeniería y manufactura digital de producto equipado, instalado y puesto en marcha, que deberá estar constituido por al menos los siguientes espacios:
  - a) Laboratorio de formación especializada en diseño e ingeniería de producto.
  - b) Laboratorio de ingeniería inversa.
  - c) Laboratorio de prototipado rápido.
  - d) Laboratorio de diseño e ingeniería de producto.
  - e) Espacios para trabajo colaborativo.
- IV. Programa para la Formación de Formadores, enfocado en diseño, ingeniería y manufactura digital de producto.
- V. Plan de Capacitación Técnica para el personal encargado de la operación del Centro, enfocado en el equipamiento y *softwares* especializados, incluyendo la constancia de capacitación de al menos cinco personas operativas.
- VI. Plan de Vinculación del Centro y al menos cinco vinculaciones formalizadas con Instituciones de Educación Superior y empresas nacionales y/o internacionales.

## 7. TIEMPO DE EJECUCIÓN

12 meses.

## 8. MODALIDAD

D. Creación y Fortalecimiento de Infraestructura.

## 9. USUARIO

Secretaría de Competitividad, Trabajo y Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Puebla.

## 10. CONSIDERACIONES PARTICULARES

- a) El proyecto deberá estructurarse al menos en dos etapas subsecuentes sin rebasar cada una de ellas una duración de seis meses y, en su conjunto, el tiempo máximo establecido en la Demanda Específica.
- b) Las propuestas deberán atender la Demanda en su totalidad, para lo cual, el proponente tendrá que considerar en la integración del grupo de trabajo investigadores de las disciplinas y especialidades necesarias que aseguren una respuesta integral a los requerimientos establecidos en la Demanda.
- c) Los recursos solicitados al Fondo Mixto deberán ser congruentes con el alcance del proyecto y con la estrategia de desarrollo del mismo.
- d) Las propuestas de instituciones ubicadas fuera del Estado de Puebla deberán incluir dentro de su grupo de trabajo a instituciones, investigadores y académicos del Estado de Puebla.
- e) La institución proponente deberá tener la facultad legal suficiente y no tener impedimento normativo para hacer la transferencia al Usuario de la tecnología generada con el proyecto. Lo anterior deberá acreditarlo mediante una carta firmada por el Representante Legal de la institución. Los derechos de propiedad intelectual que se generen por el proyecto serán del Sujeto de Apoyo beneficiado por el Fondo Mixto, de acuerdo con lo establecido en el apartado VI "Confidencialidad, Propiedad, Reconocimientos y Difusión de los Resultados del Proyecto", numeral 4, de los Términos de Referencia de la presente Convocatoria.
- f) La institución proponente deberá acreditar, mediante documentación oficial, experiencia previa en proyectos de Desarrollo Tecnológico similares y explicitar sus fortalezas relacionadas con las especialidades requeridas para el Centro.
- g) Previo a la firma del Convenio de Asignación de Recursos, el proponente deberá acreditar la propiedad o posesión de un inmueble ubicado en una Institución de Educación con oferta educativa de Ingeniería, con superficie mínima de 300 m<sup>2</sup> de construcción, en el Estado de Puebla.  
Para acreditar cualquiera de las dos figuras jurídicas mencionadas, se deberá constatar lo siguiente:



- Propiedad: presentar copia certificada de la escritura que para tal efecto haya expedido el notario público correspondiente.
- Posesión: presentar copia certificada del contrato de comodato pasado ante la fe del notario público correspondiente, y con vigencia de al menos 20 años, prorrogables por un plazo igual.

## 11. CONTACTO

Mtro. Jaime Raúl Oropeza Casas

Secretario de Competitividad, Trabajo y Desarrollo Económico

Dirección: Callejón de la 10 Norte, No. 806, Paseo de San Francisco, Barrio el Alto Puebla, Puebla.

Tel. (222) 229 82 00, ext. 5011

Correo electrónico: [jaime.oropeza@secotrdepuebla.net](mailto:jaime.oropeza@secotrdepuebla.net)



## FONDO MIXTO CONACYT - GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA CONVOCATORIA PUEBLA 2018-03

“DESARROLLO ECONÓMICO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR SALUD DEL ESTADO DE PUEBLA”

### DEMANDA ESPECÍFICA

#### DEMANDA PUE 2018-03-02

DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS DE ALTA RESOLUCIÓN Y SENSIBILIDAD PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE CÁNCER DE MAMA EN EL ESTADO DE PUEBLA.

### 1. PRIORIDAD Y DEMANDA ESTRATÉGICA ATENDIDA

#### 6. Prioridad

Fortalecer la infraestructura científico-tecnológica para el desarrollo del sector Salud en el Estado de Puebla.

#### 6) Demanda Estratégica

Implementar y desarrollar instrumentos, equipo y laboratorios de innovación tecnológica para su aplicación en la detección de enfermedades terminales para el desarrollo del sector Salud en el Estado de Puebla.

### 2. ANTECEDENTES

El cáncer de mama es el tumor maligno más común entre las mujeres a nivel mundial. Cada año se diagnostican alrededor de 1.67 millones de mujeres con cáncer de mama, de las cuales 522,000 fallecen a causa de esta enfermedad (Masson Doyma México S.A., 2017)<sup>9</sup>. Actualmente, en México, el cáncer de mama ha presentado un incremento tanto en las tasas de incidencia como en la mortalidad, ocupando el primer lugar por encima de cualquier otro

<sup>9</sup> Masson Doyma México S.A. (2017). *Consenso Mexicano sobre diagnóstico y tratamiento del cáncer mamario*. Recuperado de <http://juntoscontraelcancer.mx/jcc/wp-content/uploads/2017/06/152-GPC-Interinstitucional-CancerMama-Consenso-MexicanosobreDiagnosticoTratamiento2017.pdf>

tipo de cáncer en mujeres. Diariamente en el país mueren, en promedio, 15 mujeres debido a esta enfermedad. De acuerdo con cifras de *the Mexican Burden of Disease study* (MBD-2013), en el año 2013 se detectaron más de 23,873 mil casos de cáncer de mama, de los cuales 5,902 casos resultaron en defunciones (Gómez-Dantés et al., 2016)<sup>10</sup>. Los principales factores de riesgo conocidos para el desarrollo del cáncer de mama son: biológicos (sexo femenino, envejecimiento, densidad mamaria); ambientales (exposición a radiaciones ionizantes) y factores de riesgo relacionados con el estilo de vida (alimentación rica en carbohidratos y baja en fibra, obesidad (Aguilar-Cordero et al., 2011)<sup>11</sup>, sedentarismo, entre otros) (Oliva Anaya, Cantero Ronquillo, y García Sierra, 2015)<sup>12</sup>.

El factor de riesgo más importante relacionado con el estilo de vida es la obesidad (Arnold et al., 2015)<sup>13</sup> y, dado que en nuestro país esta condición está presente en un porcentaje muy elevado de la población, representa un serio problema de salud. Por otro lado, las probabilidades de contraer cáncer de mama aumentan conforme el envejecimiento. No obstante, se ha observado un crecimiento alarmante de más del 10 % en los últimos años. Tan solo en el año 2016 se detectaron 23 mil nuevos casos en el país y, de esos, 3 mil correspondieron a mujeres menores a 40 años, es decir un 15 % del total (Toribio, 2017)<sup>14</sup>.

La detección temprana de pequeños tejidos anormales en los senos permite planificar una terapia adecuada y controlar su propagación (Uscanga-Sánchez, Torres-Mejía, Ángeles-Llerenas, Domínguez-Malpica, y Lazcano-Ponce, 2014)<sup>15</sup>. En México se cuenta con la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA2-2011, para la prevención, diagnóstico, tratamiento, control y vigilancia epidemiológica del cáncer de mama (Secretaría de Salud, 2011)<sup>16</sup>. Sin embargo, comparada con los estándares internacionales, muestra una capacidad insuficiente (del orden del 37 %), una baja cobertura para su muestreo (15 %), un bajo diagnóstico (16 %) y, más alarmante, la baja eficiencia en las mastografías realizadas (del orden del 0.4 %). Por ello, es necesario contar con sistemas más eficientes para la detección de esta enfermedad. La mastografía resulta menos eficiente cuando se estudia tejido mamario denso, ya que se reduce su precisión. Por otro lado, las pacientes que se someten a este diagnóstico están expuestas a una alta dosis de radiación de rayos

<sup>10</sup> Gómez-Dantés, H., Lamadrid-Figueroa, H., Cahuana-Hurtado, L., Silverman-Retana, O., Montero, P., González-Robledo, M.C. ... Lozano, R. (2016). The burden of cancer in Mexico, 1990-2013. *Salud Pública de México*, 58(2), 118-131. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v58n2/0036-3634-spm-58-02-00118.pdf>

<sup>11</sup> Aguilar-Cordero, M.J., González-Jiménez, E., García-López, A.P., Álvarez Ferré, J., Padilla López, C.A., Guisado Barrilao, R., y Rizo Baeza, M. (2011). Obesidad y su implicación en el cáncer de mama. *Nutrición Hospitalaria*, 26(4), 899-903. Recuperado de [http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v26n4/33\\_original\\_28.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v26n4/33_original_28.pdf)

<sup>12</sup> Oliva Anaya, C.A., Cantero Ronquillo, H.A., y García Sierra, J. C. (2015). Dieta, obesidad y sedentarismo como factores de riesgo del cáncer de mama. *Revista Cubana de Cirugía*, 54(3). Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74932015000300010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932015000300010&lng=es&tlng=es)

<sup>13</sup> Arnold, M., Pandeya, N., Byrnes, G., Renehan, A.G., Stevens, G.A., Ezzati, M. ... Soerjomataram, I. (2015). Global burden of cancer attributable to high body-mass index in 2012: a population-based study. *Lancet Oncol*, 16(1), 36-46. Recuperado de [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanonc/PIIS1470-2045\(14\)71123-4.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanonc/PIIS1470-2045(14)71123-4.pdf)

<sup>14</sup> Toribio, L. (2017, octubre 20). El cáncer de mama llega antes de los 40; aumenta incidencia en México. *Excelsior*. Recuperado de <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2017/10/20/1195945>

<sup>15</sup> Uscanga-Sánchez, S., Torres-Mejía, G., Ángeles-Llerenas, A., Domínguez-Malpica, R., y Lazcano-Ponce, E. (2014). Breast cancer screening process indicators in Mexico: a study case. *Salud Pública de México*, 56(5), 528-537.

<sup>16</sup> Secretaría de Salud. (9 de junio de 2011). Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA2-2011, Para la prevención, diagnóstico, tratamiento, control y vigilancia epidemiológica del cáncer de mama. Recuperado de [http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/equipoMedico/normas/NOM\\_041\\_SSA2\\_2011.pdf](http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/equipoMedico/normas/NOM_041_SSA2_2011.pdf)

X durante la prueba. Adicionalmente, los equipos de mastografía solo alcanzan a diagnosticar un 7 % en las áreas rurales de México (Gutiérrez-Delgado et al., 2009)<sup>17</sup>.

En el Estado de Puebla el cáncer de mama tiene una incidencia, en promedio, de 250 nuevos casos anuales y una tasa de 24 %, lo que lo ubica en el lugar número 14 del país (Olguín, 2017)<sup>18</sup>. Con relación al incremento en mortalidad dentro del Estado, un factor clave ha sido la falta de detección temprana de la enfermedad. Un ejemplo es el bajo porcentaje de mastografías realizadas en mujeres, con solo un 1.4 % del total de las realizadas en el país (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2015)<sup>19</sup>. En este aspecto, el Estado se encuentra muy rezagado en comparación con otras entidades, como la ciudad de México, que ocupa el primer lugar con 29.5 %, seguida de Baja California con 6.9 %, Jalisco con 6.1 % y Veracruz con 4.9 % (INEGI, 2015)<sup>11</sup>. Lo anterior es consecuencia del número limitado de equipos de mastografía en la entidad, aunado al alto costo de dichos equipos y su poca portabilidad.

Una de las técnicas alternativas a la mastografía para la detección temprana de cáncer de mama es la *termografía infrarroja*. Esta técnica está basada en el monitoreo de la temperatura de los cuerpos, a través del registro de su radiación infrarroja. La medición de la temperatura del cuerpo humano se almacena en el dispositivo de alta sensibilidad y se procesa para producir una imagen con un rango de colores asociados a los cambios de temperatura en el cuerpo (Omranipour et al., 2016)<sup>20</sup>. El cáncer de mama, desde su etapa inicial, produce aumentos localizados de temperatura, los cuales aumentan en las regiones de mayor número de células cancerosas.

La presente Demanda consiste en desarrollar tecnologías integrales de alta sensibilidad en imagenología para prevenir y combatir el cáncer de mama. En este sentido, se propone fabricar dispositivos de termografía infrarroja, los cuales consisten en arreglos de sensores infrarrojos llamados micro-bolómetros y confinados en áreas de decenas de micrómetros cuadrados. Se espera que la propuesta contemple la fabricación de dispositivos portátiles capaces de detectar regiones localizadas, los cuales tengan dimensiones cercanas al tamaño de la longitud de onda de la radiación infrarroja emitida por el cuerpo humano, es decir, cercano a los 10 micrómetros. Lo anterior, con el fin de mejorar la sensibilidad de detección y el incremento en la resolución lateral para la detección de tumores malignos en etapas tempranas del cáncer de mama.

<sup>17</sup> Gutiérrez-Delgado, F., Vázquez-Luna, J., Venegas-Hernández, L., Terrazas-Espitia, S., Marcial-Toledo, S., Guzmán-Patraca, C., Pérez-Romero, J., y Saldana-Téllez, M. (2009). Feasibility of thermal infrared imaging screening for breast cancer in rural communities of Southern Mexico: The experience of the Centro de Estudios y Prevención del Cáncer (CEPREC). *Journal of Clinical Oncology*, 27, 21-1521.

<sup>18</sup> Olguín, I. (2017, octubre 19). Cáncer de mama en Puebla primer lugar en el Estado. *Unión Puebla*. Recuperado de <http://www.unionpuebla.mx/articulo/2017/10/19/salud/cancer-de-mama-en-puebla-primer-lugar-en-el-estado>

<sup>19</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2015, octubre 16). *Estadísticas a propósito del día mundial de la lucha contra el cáncer de mama (19 de octubre). Datos nacionales*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/mama0.pdf>

<sup>20</sup> Omranipour, R., Kazemian, A., Alipour, S., Najafi, M., Alidoosti, M., Navid, M. ... Izadi, S. (2016, Agosto 25). Comparison of the Accuracy of Thermography and Mammography in the Detection of Breast Cancer. *Breast Care*, 11(4), 260-264. doi: 10.1159/000448347

Las tecnologías convencionales de fabricación de estos dispositivos están limitadas a dimensiones del orden de decenas de micras. En este sentido, la Demanda abre la oportunidad para el empleo de nuevas técnicas de fabricación de los dispositivos en salas blancas de estándar internacional, así como el nanomaquinado y su caracterización con técnicas como el microscopio de iones focalizados. La fabricación de dispositivos a menor escala aumenta la densidad de dispositivos por área, reduce el área no activa de los pixeles y, en consecuencia, aumenta la resolución en la sensibilidad del sensor (Tissot et al., 2009)<sup>21</sup>.

La fabricación de dispositivos semiconductores integrados en áreas mayores requiere infraestructura única, capaz de ensamblar arreglos electrónicos en el rango de micrómetros y su posterior caracterización eléctrica. Asimismo, etapas de la fabricación fina pueden ser alcanzadas en equipos de iones focalizados, integrados a un microscopio electrónico de barrido (*microscopios de doble haz*), los cuales integran dos aspectos, el nanomaquinado de los sensores y el monitoreo del proceso de fabricación, con la obtención de imágenes en alta resolución (Zamani et al., 2012)<sup>22</sup>. La oportunidad que se expone en la presente Demanda tiene como objetivo la fabricación de cámaras infrarrojas, a escalas micro y nanométrica, y su caracterización a través de técnicas de microscopía electrónica de doble haz. De esta forma, el proyecto contribuirá, de manera única, a la detección de cáncer de mama, cubriendo así las necesidades de la región y el país expuestas en la presente Demanda.

### 3. FINALIDAD Y PROPÓSITO DE LA DEMANDA

#### 3.1. Propósito

Desarrollar un prototipo de un dispositivo de termografía infrarroja que permita un aumento en la resolución espacial para la detección temprana de cáncer de mama en mujeres del Estado de Puebla y del país.

#### 3.2. Finalidad

Incrementar la competitividad y eficiencia productiva del sector salud, mediante la creación, desarrollo, implementación y puesta en marcha de un sistema de identificación de células cancerígenas en el Estado de Puebla.

### 4. INDICADORES DE IMPACTO

a) Número de personas beneficiadas con el prototipo de detección.

<sup>21</sup> Tissot, J.L., Crastes, A., Vilain, M., Legras, O., Tinnes, S., Minassian, C., Robert, P., y Fieque, B. (2009). Uncooled Amorphous Silicon IRFPA for High Performance and High Volume Applications". *SENSOR+TEST Conference 2009 - SENSOR 2009 Proceedings II*. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.816.8395&rep=rep1&type=pdf>

<sup>22</sup> Zamani, H., Lee, S.W., Avishai, A., Zorman, C.A., Sankaran, R.M., Feng, P.X.L. (2012). Focused ion beam (FIB) nanomachining of silicon carbide (SiC) stencil masks for nanoscale patterning. *Materials Science. Forum*, 717-720, 889-892. Recuperado de <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.717-720.889>

- b) Incremento en atención médica para problemas como cáncer, mejorando la atención oportuna al paciente.
- c) Número de consultas realizadas con la nueva tecnología.
- d) Número de programas que se vinculen al uso de esta nueva tecnología.
- e) Número de personas capacitadas para el uso de los dispositivos fabricados.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Implementar y desarrollar un prototipo de termografía infrarroja con alta resolución espacial para la detección temprana de cáncer de mama para el desarrollo del sector Salud en el Estado de Puebla.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- a) Diseñar y fabricar una matriz de sensores infrarrojos.
- b) Realizar el diseño y la fabricación del circuito integrado para la lectura del arreglo de sensores.
- c) Ensamblar el prototipo.
- d) Realizar más de doscientas pruebas de funcionamiento del prototipo y verificación de funcionamiento, llevadas a cabo en hospitales.
- e) Presentar los resultados del proyecto en foros especializados y gestionar el proceso de publicaciones en revistas de alto impacto.

## **6. PRODUCTOS ESPERADOS**

- a) Diseñar y fabricar una matriz de sensores infrarrojos, haciendo uso de tecnologías no convencionales, como el nanomaquinado y nanofabricación. Lo anterior, con las siguientes características:

Los pixeles para esta aplicación serán optimizados, lo que implica un coeficiente térmico de resistencia (TCR) del 8 %/K mínimo, lo que asegura alta resolución. También, los pixeles deben tener rápidos tiempos de respuesta (menores a 10 ms). Formato de arreglo de pixeles mínimo de 160x120.

- b) Circuito de lectura ya fabricado, así como las lentes del sistema de termografía infrarroja.
- c) Prototipo funcional de un sistema de termografía infrarroja para detección temprana de cáncer de mama como un método novedoso y alternativo a los que actualmente se emplean en los hospitales con mayor resolución y seguridad en el diagnóstico.
- d) Carpeta de evidencia de pruebas realizadas.
- e) Presentación de los resultados en foros especializados y en revistas arbitradas de alto impacto.

## **7. TIEMPO DE EJECUCIÓN**

24 meses.

## 8. MODALIDAD

B. Desarrollo e innovación tecnológica.

## 9. USUARIO

Secretaría de Salud del Estado de Puebla.

## 10. CONSIDERACIONES PARTICULARES

- a) El equipo de trabajo deberá demostrar experiencia en la fabricación de dispositivos electrónicos, en particular sensores infrarrojos.
- b) El equipo de trabajo deberá tener experiencia en la obtención y caracterización de materiales nano estructurados y nano cristalinos, compatibles con la tecnología del silicio (CMOS).
- c) La institución proponente deberá contar con la capacidad científica y tecnológica para la fabricación de los dispositivos a nanoescala, con infraestructura que integre el maquinado y fabricación de los dispositivos de forma conjunta en sistemas de doble haz (iones/electrones).
- d) La institución proponente deberá contar con la capacidad científica y tecnológica para el diseño y fabricación de circuitos integrados.
- e) La institución proponente deberá contar con la capacidad para caracterizar los materiales en diferentes etapas de crecimiento, con el fin de optimizar el funcionamiento de los dispositivos.
- f) Se evaluará la trayectoria del grupo de trabajo a través del número de artículos en revistas internacionales de riguroso arbitraje y alto factor de impacto, tesis dirigidas de maestría y/o doctorado, patentes, así como capítulos de libros. El grupo proponente deberá mostrar que cuenta con los laboratorios y equipos de caracterización, por medio de evidencias, tales como fotos y videos de la operación de dicha infraestructura.
- g) Al término del proyecto se debe transferir al Usuario el prototipo, así como el manual de usuario para el correcto uso de éste.
- h) El proponente deberá tener la facultad legal suficiente y no tener impedimento normativo alguno para hacer la entrega al Usuario de todos los productos generados, los cuales forman parte de los entregables descritos en la presente Demanda Específica.

## 11. CONTACTO

Mtra. Arely Sánchez Negrete  
Secretaría de Salud del Estado de Puebla  
Dirección: 3 Sur, No. 1508, letra "C", Col. El Carmen, C.P. 72000, Puebla, Pue.  
Tel. (222) 551-06-00, Ext. 4002  
E-mail: titular.ssa@puebla.gob.mx