



Fondo de Micro-Sistemas Unidos para la Ciencia
The United States-Mexico Science and Technology

Cost of the project Current status



DOCUMENTO EJECUTIVO DEL PLAN DE DESARROLLO DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA DE MEMS EN PEQUEÑA ESCALA (LMMPE) DEL INAOE

JULIO DE 2008



CONTENIDO

RESUMEN	3
.....	
.....	
OBJETIVO	3
.....	
.....	
ANTECEDENTES Y CONTEXTO	4
.....	
Contexto del LMMPE	6
.....	
DESCRIPCIÓN DEL LMMPE	9
.....	
Proyecciones financieras	10
.....	
Etapas para su desarrollo	11
.....	
ESTRATEGIAS	12
.....	
.....	

Documento Ejecutivo del Plan del Desarrollo del Laboratorio de Manufactura de MEMS en Pequeña Escala (LMMPE) del INAOE

RESUMEN

El objetivo de este Plan es tener el LMMPE operando en 4 años, con las instalaciones y equipos necesarios, con un grupo de dirección y operación especializado y con todos los elementos de apoyo para que el LMMPE sea reconocido mundialmente y sea motor del desarrollo económico y científico - tecnológico en Puebla y en todo el País.

Se presenta la información que describe el LMMPE, su impacto en el Estado de Puebla y en el País, así como el Plan para desarrollarlo, incluyendo: costos, etapas y mecanismos para lograr los recursos necesarios.

Se describen también los casos de MOSIS y Europractice, que son los principales programas para fabricar MEMS bajo contrato en los Estados Unidos y en Europa y que son una referencia para el LMMPE

Se describe el LMMPE y los programas del INAOE que lo apoyan, destacando las ventajas que tendrá respecto a otros en el mundo para manufacturar y apoyar el diseño y desarrollo de MEMS, Sistemas en un Chip (SOC) y Sistemas en Paquete (SIP), basándose en los avances que tiene el INAOE en el desarrollo y aplicaciones microelectrónicas de materiales nanoestructurados, lo que posiciona al LMMPE como un Laboratorio con capacidad para ofertar servicios a nivel mundial.

Se describen las estrategias generales para su desarrollo, partiendo de la infraestructura con la que ya cuenta el INAOE, en la que destaca el Laboratorio de Innovación para Prototipos de MEMS, e incluyendo las acciones planeadas para desarrollar las rutas tecnológicas y las actividades consecuentes para integrar los

avances científicos del INAOE con los equipos y procesos que tendrá el Laboratorio en paquetes tecnológicos con reglas y procedimientos que van a ser la base de operación del LMMPE

Se presenta la integración y funciones del Consejo Asesor Tecnológico Empresarial del Laboratorio de Manufactura de MEMS en Pequeña Escala (CATE-LMMPE), que ayudará en la planeación, dirección, promoción y evaluación del Laboratorio.

OBJETIVO

El Laboratorio de Manufactura de MEMS en Pequeña Escala (LMMPE) del INAOE está planeado para ser uno de los Laboratorio más avanzado del mundo en la fabricación de MEMS, de Sistemas en un Chip (SOC) y en general de Sistemas en un Paquete (SIP). El Laboratorio aprovechará los avances del INAOE en el desarrollo y aplicación de materiales nanoestructurados para aplicaciones electrónicas. Estos Sistemas en un Chip son Circuitos Altamente Integrados con cientos de miles de componentes electrónicos, elementos móviles y sensibles de diferentes características para ser usados en sistemas industriales, de transporte y telecomunicaciones, de aplicaciones biomédicas y en muchos otros sectores

El LMMPE es el elemento central de la estrategia para facilitar la creación y el desarrollo de empresas en varios campos de la electrónica y también para atraer a México importantes inversiones para el diseño y fabricación de componentes y sistemas electrónicos centrados en MEMS, en Sistemas en un Chip y en Sistemas en un Paquete. Será también un detonador y apoyo para programas de investigación, desarrollo tecnológico y formación de especialistas de alto nivel.

ANTECEDENTES Y CONTEXTO

El LMMPE se apoya en la infraestructura que ha creado el INAOE para desarrollar tecnologías, hacer investigación y formar especialistas en el campo de microcomponentes electrónicos, en la que destaca el Laboratorio de Innovación para Prototipos de MEMS, en el que se pueden desarrollar los prototipos de los MEMS que ahora se podrán fabricar en corridas de pequeña escala en el LMMPE. El INAOE tiene la infraestructura más importante del país en este campo, es reconocido internacionalmente, tiene un amplio historial de colaboración con empresas nacionales y extranjeras y también ha sido el semillero de la mayoría de los grupos que trabajan en este campo en empresas, universidades y centros de investigación del país. En el Anexo 1 se presenta la descripción de la infraestructura, la experiencia y los programas que tiene el INAOE en este campo y una presentación de los impactos económicos y empresariales que el Instituto ha tenido en este campo.

El LMMPE apoyará a varias empresas con las que el INAOE ya está colaborando en temas de MEMS, Sensores, Circuitos Integrados, para aplicaciones específicas, y Sistemas en un Paquete como Intel, Freescale, Starmega Corp., Delphi, y Volkswagen entre otras. También apoyará la creación de empresas, tanto las que están basadas en las tecnologías que se requieren para su diseño, construcción y operación, como la que ya se está organizando para el diseño de Cuartos Limpios y como las que se basarán en los nuevos productos que se podrán empezar a fabricar a pequeña escala cuando esté funcionando.

El LMMPE se detonó con el apoyo de la Red de 22 Centros de Diseño y Laboratorios de Innovación relacionados con MEMS, establecidos en universidades, centros de investigación y empresas, que promovió la Fundación México Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC) y que han sido apoyados por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Economía, la Secretaría de Educación y el CONACYT, así como por los gobiernos de 5 Estados de la República. Esta Red se basó en los Mapas Tecnológicos de las aplicaciones de MEMS en los sectores en los que estos dispositivos tienen mayor impacto y en estudios y proyectos con empresas mexicanas y extranjeras en los que participaron universidades e institutos del país.

Los Mapas Tecnológicos incluyen una parte de prospectiva tecnológica que ayuda a identificar líneas estratégicas por medio del mapeo de recursos humanos, infraestructura, tendencias, productos y mercado, basados en determinada tecnología en el mediano y largo plazo. Estos mapas integran conocimiento comercial y tecnológico para solucionar necesidades de mercado o sector industrial, y que son de gran ayuda porque permiten:

- Maximizar las ganancias a partir de las decisiones tomadas de antemano
- Minimizar las pérdidas asociadas con sucesos no controlados o previstos
- Reducir los efectos de competidores externos
- Predecir demandas de mercado
- Predecir oportunidades
- Predecir los medios necesarios para satisfacer las demandas identificadas

Los mapas tecnológicos con que ya se cuentan pueden a ayudar a identificar las líneas de acción, los nichos de oportunidad y los sectores industriales que en donde se encuentran la mayor oportunidad para realizar desarrollos o proyectos tecnológicos.

Los Roadmaps que se han realizados en México son:

- Mapa tecnológico de BioMEMS II
- Prospectiva y tecnologías MEMS en el sector salud
- Prospectiva y ruta para la aplicación de MEMS en el sector eléctrico
- Mapa tecnológico MEMS en el sector automotriz

- Cluster de encapsulado de MEMS en la Región Paso del Norte
- Prospectiva y ruta tecnológica de MEMS en Telecomunicaciones
- Catálogo de productos y dispositivos MEMS
- Mapa prospectivo tecnológico empresarial de FPGA

En el Anexo 2 se presenta información sobre el acervo de Mapas Tecnológicos elaborados por consultoras internacionales disponibles en FUMEC, que complementan los Road Maps de las aplicaciones de MEMS y los estudios que involucraron a empresas mexicanas.

Muchos de estos Centros de Diseño y Laboratorios de Innovación están generando proyectos que requerirán de la capacidad del LMMPE para su fabricación en pequeña escala, Anexo 3.

FUMEC, en apoyo al Gobierno del Estado de Puebla y para ver la proyección de las actividades de MEMS en el Estado, promovió y coordinó el estudio “ Strategic Plan for MEMS based Technological, Scientific and Economic Development for Puebla, 2006-2015” que realizó SRI International, Anexo 4. En este estudio se destaca que tanto el Laboratorio de Prototipos, como este Laboratorio (LMMPE), que se desarrollan en el INAOE con apoyo del Fondo PYME y del Gobierno del Estado, son cruciales para el desarrollo económico basado en MEMS en el Estado.

El estudio de SRI considera la capacidad integral del INAOE y la de otras importantes organizaciones de investigación y enseñanza superior del Estado, como la BUAP, la UPAEP, la UDLAP y el ITESM, el Instituto Tecnológico de Puebla, así como de organizaciones semejantes de D.F. y de otros Estados.

El estudio analiza mercados, tendencias tecnológicas y empresariales y establece oportunidades importantes para el desarrollo económico basado en MEMS en el Estado de Puebla. El estudio presenta un mapa integral de los diferentes elementos de infraestructura y programas que se requieren en el Estado para que se pueda acelerar el desarrollo económico con el apoyo de la innovación tecnológica, tanto para atraer nuevas inversiones empresariales con infraestructura adecuada para formar personal especializado y para realizar investigación y servicios, como facilitando la creación y el desarrollo de empresas tecnológicas en general. Los resultados del estudio sirven de apoyo para el diseño de estrategias estatales que pueden tener un efecto enorme en el desarrollo económico del Estado

Contexto del LMMPE

El LMMPE abre la puerta para que organizaciones de todo el mundo, que están diseñando MEMS y “Sistemas en Paquete”, puedan contratar la fabricación a pequeña escala de sus nuevos productos en el INAOE, a sabiendas de la flexibilidad, calidad y capacidad de asesoría y verificación que ofrece el Instituto.

En este aspecto el INAOE está compitiendo con organizaciones como MOSIS en los Estados Unidos, Europractice en Bélgica y TSMC en Taiwán, por mencionar algunos de los proveedores de tecnología más usados por los que requieren de la fabricación de prototipos, se anexa información sobre MOSIS y Europractice, ver Anexo 5. Sin embargo estos fabricantes ofrecen algunas desventajas en sus productos, por ejemplo MOSIS (por su costo una de las usadas para prototipos de MEMS) solo ofrece tecnología de fabricación de MEMS compatible con MEMSCAP y para estructuras PolyMUMPS, SOIMUMPS, and MetalMUMPS, pero la fabricación de los dispositivos MOS se realiza en la tecnología AMIS ABN y AMIS C5N y queda bajo responsabilidad del diseñador al "liberación" de las estructuras MEMS. Es pertinente hacer notar que la tecnología AMIS es propiedad de Europractice, por lo que el proceso de fabricación de MEMS resulta en características similares a la de MOSIS. Es decir no se garantiza el funcionamiento de los diseños. Situación similar es la encontrada en TSMC, donde ofrecen las tecnologías de 0.7 hasta 0.12 μm para la fabricación de MEMS. Existen sin embargo otros proveedores de tecnología de MEMS (foundries), que se dedican solo a la fabricación de MEMS, no de circuitos integrados, por lo que si requiere de prototipos que integren los circuitos que provean el acondicionamiento de señal de salida, estos foundries no son una alternativa viable, entre estos últimos se puede mencionar a Midwest Microdevices LLD, en Ohio, USA, Issys Sensing System Inc. O IMT, en USA entre otros. También hay fabricantes de circuitos integrados y MEMS con experiencia en las dos áreas, que ofrecen servicios de foundry como Honeywell de 4 y 6 pulgadas de diámetro con geometrías mínimas similares a las que ofrecerá el LMMPE. Sin embargo el costo de fabricación en Honeywell involucra también el costo de hacer a la medida el uso de materiales diferentes a los de su proceso estándar.

En el LMMPE se podrán fabricar en corridas de pequeña escala, los prototipos de los MEMS que se desarrollen en Laboratorio de Innovación para Prototipos de MEMS con el que ya cuenta el INAOE y muchos otros diseños provenientes de universidades, institutos y empresas de todo el mundo. En el Laboratorio de Innovación para prototipos de MEMS se pueden realizar, a costo muy reducidos, prototipos que involucren materiales muy diversos, compatibles con la tecnología del Silicio. Así, una vez que este sea realizado y optimizado se puede llevar al LMMPE y realizar la producción a escala, con la ventaja de asegurar tanto el funcionamiento como el rendimiento del proceso de fabricación. La versatilidad, inclusión de materiales diferentes a los convencionales del proceso de fabricación de circuitos integrados y la integración de los MEMS a la circuitería es la principal ventaja sobre otros foundries, además del bajo costo que implica la realización de procesos a la medida de las necesidades. Así por ejemplo se ofrecerán metales tan diversos como W, Pt, Cu, Ni entre otros depositados mediante "sputtering", dieléctricos como Si_3N_4 , a-C:H, ITO o piezoeléctricos como ZnO estarán también disponibles, técnicas de micromaquinado tanto en volumen como superficial y PolyMUMPS con dos niveles

de poli-silicio similar al ofrecido por MOSIS, conforman parte del espectro de proceso y materiales ofrecidos en este laboratorio, con la garantía de uniformidad, calidad y confiabilidad que nos da nuestra experiencia en le área. Adicionalmente, el costo total resultará menor al ofrecido a nivel global, no por una calidad menor o tecnología no competitiva, sino por el inherente menor costo de vida de nuestro país, aunado a innovaciones en nuestra tecnología de fabricación. Solo como una referencia a costos, mientras que el menor precio ofrecido por foundries de Circuitos integrados a nivel global por milímetro cuadrado de silicio para una tecnología CMOS de 0.8 μm es de 450 euros, aquí lo ofreceremos a 200 USD por mm^2 , con características de funcionamiento superiores gracias a las innovaciones en nuestro proceso de fabricación. Es evidente lo atractivo que este resultará para los innovadores tanto desde el punto de vista económico como de calidad de productos.

Cuando nos referimos a Sistemas en un Chip (SOC) se trata de la integración de todos los circuitos electrónicos de funciones diversas en un solo chip, para llevar a un sistema electrónico completo que ejecuta las más complejas pero más útiles funciones del producto final. De esta manera, en lugar de construir un producto electrónica ensamblando varios chips y componentes sobre un circuito impreso, la tecnología SOC permite que todas esos componentes sean fabricados en un solo chip, que puede operar como el producto final en sí.

Por ejemplo, un SOC para el control electrónico de la suspensión de un automóvil tendrá los siguientes componentes: 1) un acelerómetro para detectar el movimiento del carro; 2) un convertidor analógico-digital para convertir la salida analógica del acelerómetro en digital; 3) un procesador digital de señales para analizar los datos digitales; 4) un sistema director de salida para controlar el comportamiento mecánico del sistema de suspensión. En un SOC, todos estos circuitos individualmente funcionales serán contenidos en un solo chip.

Cuando nos referimos a Sistemas en un Paquete (SIP), se trata de un dispositivo que consiste de múltiples chips fabricados individualmente que hacen un sistema electrónico completo en un paquete único. Por lo que SIP pertenece a una tecnología avanzada de empaquetamiento, mientras que SOC trata de tecnología de fabricación de microchips.

Las ventajas ofrecidas por la tecnología SOC incluyen: 1) alto desempeño, ya que los circuitos están en un solo chip; 2) menores requisitos de espacio; 3) menores requisitos de memoria; 4) mayor confiabilidad del sistema; y 5) menores costos al consumidor.

SOC es usado apropiadamente para la producción en volúmenes elevados de sistemas no muy complejos, para cuando se requieren sistemas complejos de

diferentes tecnologías, SIP es la mejor opción. En el LMMPE se desarrollan y ofrecerán ambos tipos de tecnologías para la integración de MEMS con los circuitos de control integrados tanto en un chip como en un paquete.

INAOE ha venido trabajando con empresas como INTEL en el diseño y desarrollo de Sistemas en un Paquete, aprovechando la capacidad que ha desarrollado para trabajar, por ejemplo, con materiales amorfos que integran nanocristales de tamaños específicos y que permiten proporcionar a los dispositivos características especiales de funcionamiento con una tecnología de fabricación, que se podrá aplicar en pequeñas escalas en el LMMPE, que resulta mucho más económica que con otras tecnologías que producen resultados semejantes.

Así por ejemplo, el uso de un material nanoestructurado de SiGe, ha permitido la realización de transistores bipolares de hetero-unión, que resultan con una frecuencia de corte unitario de 45GHz, lo que nos ha resultado en el desarrollo de un proceso de fabricación Bi-CMOS para la fabricación de circuitos integrados operando hasta 2.3 GHz, que es la frecuencia estándar usada en comunicaciones inalámbricas. De este modo MEMS para aplicaciones en RF pueden ser integrados en un sistema en un chip para este propósito. Otro uso de materiales amorfos es como material de sacrificio para los contacto a las regiones de fuente y drenaje del proceso CMOS, de esta manera se usa el a-Si para la formación de la aleación del metal de contacto sobre estas regiones realizadas en material cristalino, así se reduce la resistencia de estas regiones, resultando en una velocidad de operación más superior en un sistema, a las que presentan proceso de dimensiones mínimas similares. En aplicaciones de sensores de luz, se han obtenido materiales nanoestructurados de SiGe, que permiten que longitudes de onda comúnmente usadas en comunicaciones vía fibra óptica y para las que el silicio es transparente, puedan ahora ser absorbidas y procesadas eléctricamente por la tecnología del silicio, así resultan ahora sistema para comunicaciones ópticas completamente integrados en silicio. El desarrollo de materiales nos ha llevado al desarrollo de guías de onda, moduladores ópticos y fotodetectores en longitudes de onda que van del visible al infrarrojo cercano, y operando en una gran rango de frecuencias de corte desde DC para aplicaciones en metrología hasta 45 GHz para la siguiente generación de comunicaciones vía fibra óptica. Con esto se ofrece una gran variedad de dispositivos ópticos y técnicas de óptica integrada para enriquecer el área de los MEMS ópticos. Dieléctricos de alta y baja constante dieléctrica, conductores transparentes, piezoeléctricos son entre otros, nuevas aleaciones que se incorporan a sensores y MEMS para aumentar las capacidades de estos en muy diversas aplicaciones y donde, las propiedades de estos materiales se pueden diseñar a la medida de las necesidades en función del tamaño y contenido de los nanocristales embebidos en al red amorfa. Dado que el método de depósito es por

PECVD, que es uno estándar en la tecnología del silicio, su inclusión es de muy bajo costo, gran confiabilidad, uniformidad y completamente compatible con el Si.

DESCRIPCIÓN DEL LMMPE

El LMMPE contará con una línea completa de producción integrada por equipos donados por Motorola y equipos nuevos que serán adquiridos. Los servicios que ofrecerá el LMMPE son:

- Servicios de diseño, manufactura, simulación y modelado
- Verificación y manufactura de circuitos integrados analógicos y digitales
- Prototipos o circuitos integrados con especificaciones del cliente (a la medida)
- Pruebas y caracterización de circuitos integrados y dispositivos
- Desarrollo de nuevos procesos tecnológicos para circuitos integrados y dispositivos de silicio
- Desarrollo e incorporación de nuevos materiales con tecnología de silicio
- Desarrollo de circuitos integrados analógicos y digitales
- Desarrollo de pruebas de Circuitos integrados analógicos y digitales
- Desarrollo de sensors de silicio y técnicas de micromanufactura
- MEMS
- SISTEMAS EN PAQUETE

El detalle de los equipos e instalaciones del LMMPE está en el Anexo 6.

El LMMPE se apoya en las experiencias que el INAOE ya ha tenido trabajando con empresas mexicanas y con empresas internacionales como: Motorola, Delphi, Freescale, INTEL, Volkswagen, StarMega Corp., etc. Además de los egresados del INAOE que trabajan en empresas y centros de investigación y de educación superior de México también los hay en el extranjero en organizaciones y empresas como: IMEC Belgium, Texas Instruments, Motorola, Intel, entre otras.

Proyecciones financieras

En el Anexo 7 se presentan las proyecciones financieras en las que se describe la INVERSION necesaria para el desarrollo de todas las etapas es de 25 millones de dólares

ETAPAS DEL PROYECTO VS MONTOS DE FINANCIAMIENTO	
ETAPA	RECURSOS
<p>Etapa 1. Infraestructura básica Inversión realizada: \$ 1.0 millón de dólares. Cedula FP2006-1237 (Recursos solo de infraestructura, no se incluye el costo del terreno)</p> <p>Inversión pendiente: \$ 1.5 millones de dólares</p> <p>Tiempo estimado para la etapa: 12 meses</p>	USA\$ 2,500,000
<p>Etapa 2. Cuarto limpio para Metrología y Fotolitografía</p> <p>a) Construcción Tiempo estimado: 12 meses</p> <p>b) Adquisición de equipos y gestión de equipos adicionales para manufactura Tiempo estimado: 12 meses</p> <p>Monto TOTAL de la ETAPA: \$8.5 millones de dólares</p> <p>NOTAS: Los periodos de tiempo de la etapa 2a y 2b son simultáneos</p>	<p>USA\$ 6,000,000</p> <p>USA\$ 2,500,000</p>
<p>Etapa 3. Construcción cuarto limpio multiclase para manufactura (1,800 m²)</p> <p>Incluye la instalación de los servicios necesarios Tiempo estimado para la etapa: 12 meses</p>	USA\$ 12,000,000
<p>Etapa 3.</p> <p>➤ FABRICACIÓN MEMS Arranque de los procesos de manufactura</p> <p>Tiempo estimado para la etapa: 6 meses</p>	USA\$ 1,000,000
Gastos generales a lo largo de las 4 etapas	USA\$ 1,000,000
TOTAL	USA\$ 25,000,000

ETAPAS PARA SU DESARROLLO

ETAPAS	Etapa 1. Infraestructura básica	Etapa 2. Cuarto limpio para Metrología y Fotolitografía		Etapa 3. Cuarto limpio para manufactura	Etapa 4. - Instalación y prueba de equipo para fabricación - Arranque de los procesos de manufactura	Gastos pre- operativos que se realizan a lo largo de todo el proceso
		Etapa 2a Construcción del cuarto limpio	Etapa 2b Integración del equipo			
ENTREGABLE	<ul style="list-style-type: none"> Finalizar obra de nave (2,541.15 m²) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción del cuarto limpio clase 10 (200m²) 	<ul style="list-style-type: none"> Compra de equipos: para las áreas de Metrología y Fotolitografía Prueba de equipos Calibración del equipo Puesta en marcha del laboratorio Adquisición y gestión de equipos adicionales 	<ul style="list-style-type: none"> Instalación y diseño integral de los servicios necesarios para el cuarto limpio multiclase (1,800 m²) 	<ul style="list-style-type: none"> Especificaciones de producto Manufactura de producto Identificación de clientes (laboratorios, CD-MEMS, empresas, universidades) 	<ul style="list-style-type: none"> Dirección del proyecto Administración de obras e instalaciones Desarrollo de mercado e integración de servicios
PERIODO	12 meses	12 meses		12 meses	6 meses	42 meses
RECURSOS REQUERIDOS	Inversión pendiente: \$ 1.5 millones de dólares	Inversión requerida: \$ 6.0 millones de dólares	Inversión requerida: \$ 2.5 millones de dólares	Inversión requerida: \$12.0 millones de dólares	Inversión requerida: \$ 1.0 millón de dólares	Inversión requerida: \$ 1.0 millón de dólares
INVERSIÓN TOTAL:	Inversión realizada: \$ 1.0 millón de dólares (Cédula FP2006-1237) Aportación Secretaría de Economía \$ 2.5 millones de dólares					

ESTRATEGIAS

1. Integración de grupos de dirección, asesoría y operación

1.1 Integración del Grupo Directivo y del Staff Operativo Básico del LMMPE

2.1 Integración del Consejo Asesor Tecnológico Empresarial

En el anexo 8 se describen los mecanismos para integrar el Consejo Directivo del LMMPE.

2. Administración de Obras e Instalaciones

2.1 Seguimiento a la terminación de las obras en la nave, cuartos limpios y demás áreas del LPPME

2.2 Promoción y seguimiento a las campañas para ampliar los fondos, conseguir donaciones adicionales de equipo y para la adquisición de los equipos adicionales requeridos

2.3 Seguimiento a la instalación y prueba de los equipos e instalaciones y la puesta a punto de los procesos de manufactura, caracterización y metrología

3. Desarrollo de Mercados e Integración de Servicios basados en las Ventajas de la Tecnología del INAOE

3.1 Planeación y Promoción

3.1.1 Planeación estratégica

3.1.2 Prospectiva tecnológica y de negocios

3.1.3 Promoción y vinculación

3.2 Desarrollo científico y tecnológico

3.2.1 Generación de conocimiento (desarrollo y prospectiva científica y tecnológica)

3.2.2 Desarrollo de aplicaciones (prototipos)

3.2.3 Formación de recursos humanos

3.3 Desarrollo de productos y servicios

3.3.1 Empaquetamiento tecnológico

3.3.2 Control de calidad

3.3.3 Producción

3.4 Transferencia de tecnología (TT)

3.4.1 Protección de propiedad intelectual

3.4.2 Análisis de modelo de TT

3.4.3 Comercialización

3.4.5 Prospectiva tecnológica

- **4. FINANCIERAS**

- 4.1 Apoyos gubernamentales (CONACYT, Gobierno Estatal, Fondos varios)

- 4.2 Socios en la iniciativa privada

- 4.3 Socios de organizaciones de educación y desarrollo científico y tecnológico

- 4.4 Apoyos de instituciones de soporte (incubadoras, TechBA, etc.)

-