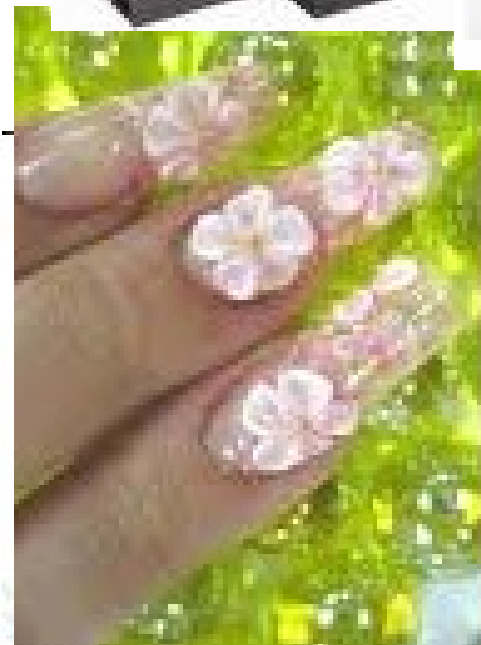
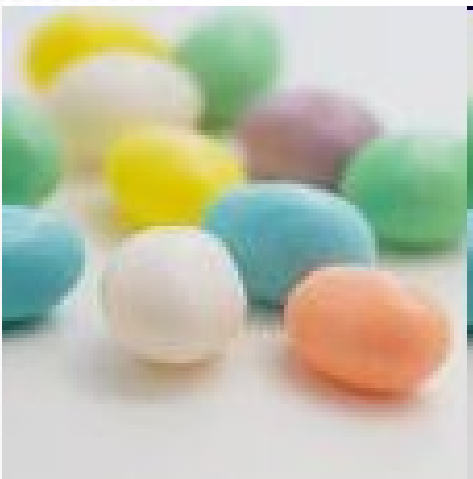


# Encapsulados especiales para dispositivos Micro-electrónicos y Micro-Sistemas

Mariano F. Roberti  
Omar Milano  
Laura Malatto  
Liliana Fraigi

INTI – Electrónica e Informática

## Encapsulados en la vida cotidiana



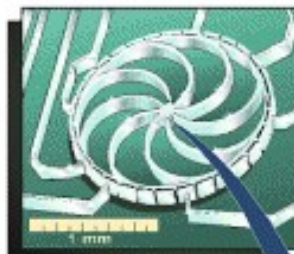
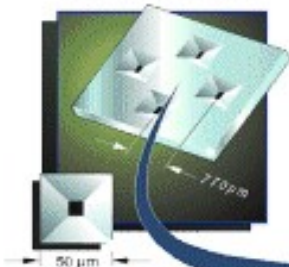
# Encapsulados electrónicos en la vida cotidiana



Courtesy of D. Thomas,  
Perkin-Elmer Applied  
Biosystems

Inertial Navigation Sensors  
• Acceleration  
• Yaw Rate

Silicon Nozzles  
for Fuel Injection



Fuel  
Pressure  
Sensor

# Micromachined Transducer

## Applications for Automotive Operation & Safety

Micromachined  
Accelerometer  
for Airbag



Microphones  
for Noise  
Cancellation

Airbag  
Side Impact  
Sensor

Fuel Sensors  
• Level  
• Vapor Pressure

Air-Conditioning  
Compressor  
Sensor

Manifold  
Air  
Pressure  
Sensor

Mass  
Air Flow  
Sensor

Force Sensors  
• Brakes  
• Throttle Pedals

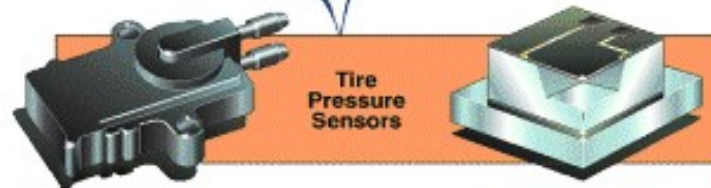
Accelerometer  
for Suspension  
Control

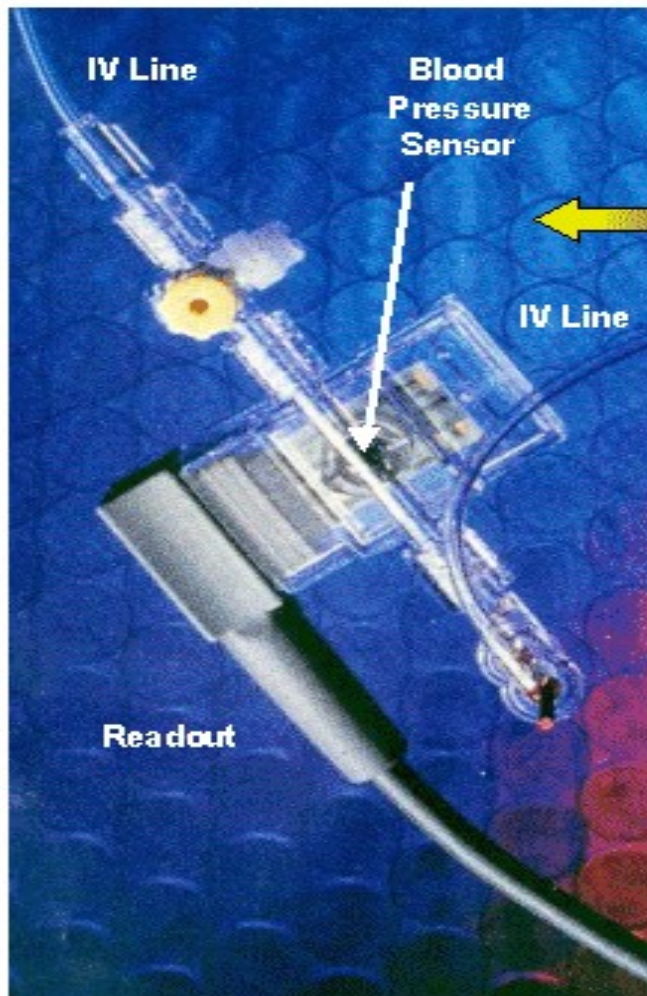
Pressure and Inertial  
Sensors for  
Braking Control

Crash  
Sensor

Exhaust  
Gas  
Sensor

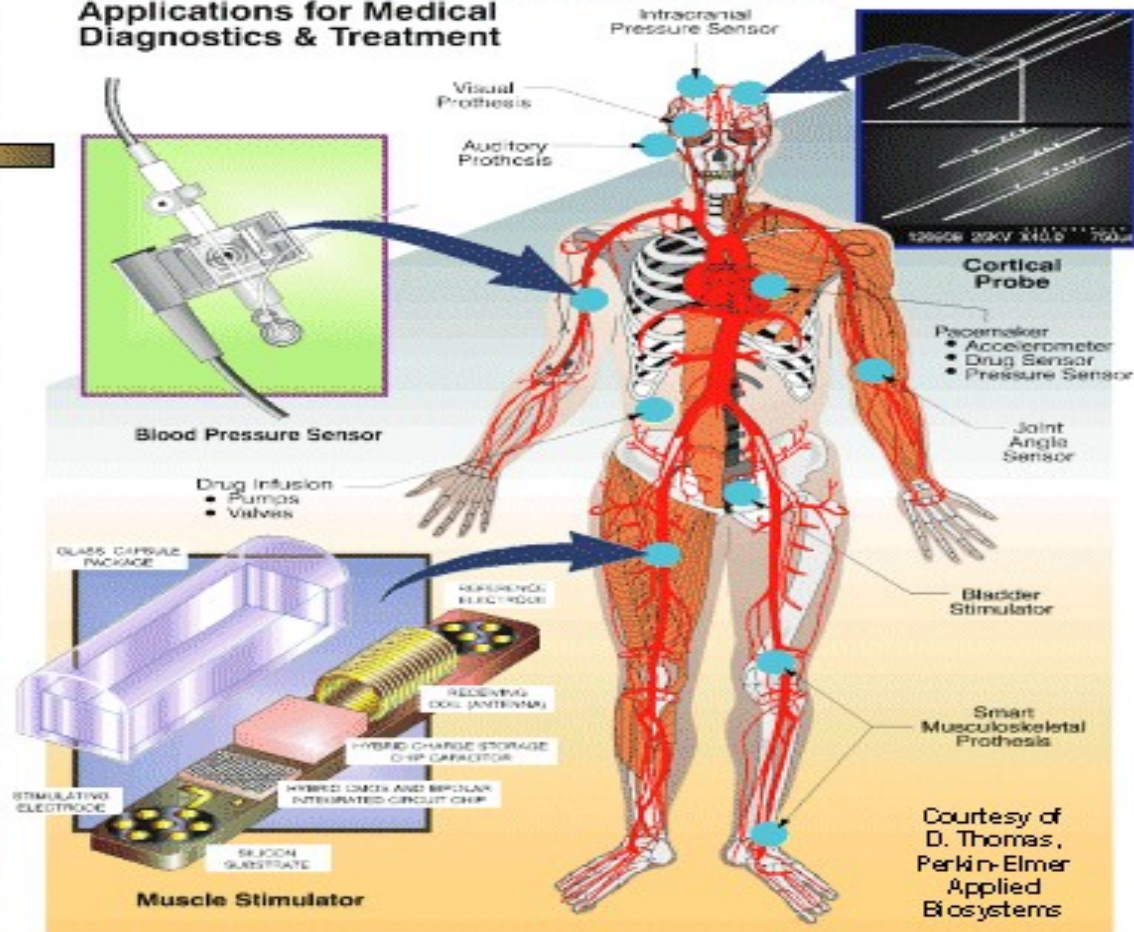
Tire  
Pressure  
Sensors





## Micromachined Transducer

### Applications for Medical Diagnostics & Treatment



## Objetivo

Aumentar las capacidades en prototipado de encapsulados especiales para dispositivos Micro-electrónicos y Micro-Sistemas

Innovar y potenciar el desarrollo de dispositivos de la Industria Nacional, integrando sensores, actuadores, microelectrónica


Proveer el eslabón de pre-producción de dispositivos de alto valor agregado

Lograr Soberanía Tecnológica



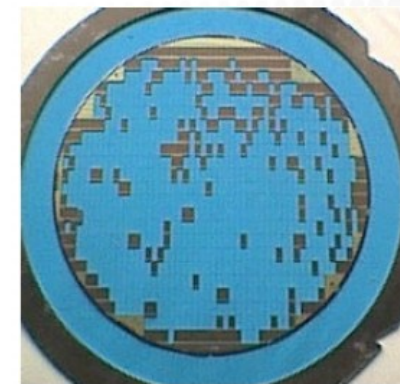
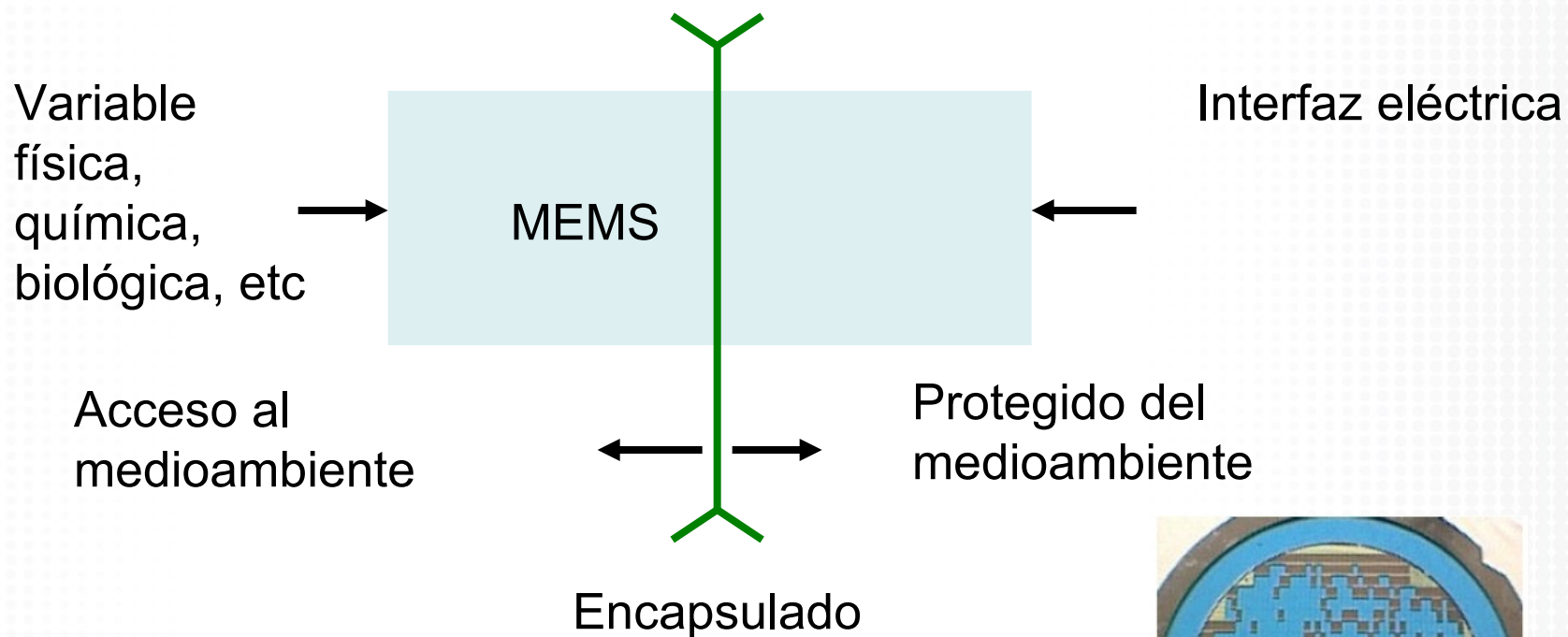
# Microelectrónica

## Microsistemas (MEMS – Micro Electro Mechanical System)

Electrones en semiconductor	+		= Microelectrónica
Fotones en semiconductor	+		= Optoelectrónica
Química y biotecnología	+		= Microfluídica
Óptica	+		= Micro-óptica
Mecanismos cuánticos	+		= Nanotecnología
Robótica/Mecatrónica	+		= micromáquinas
Instrumentación	+		= Micromecanismos

er bá r ó M

## Encapsulado en Microelectrónica y Microsistemas





## Microelectrónica

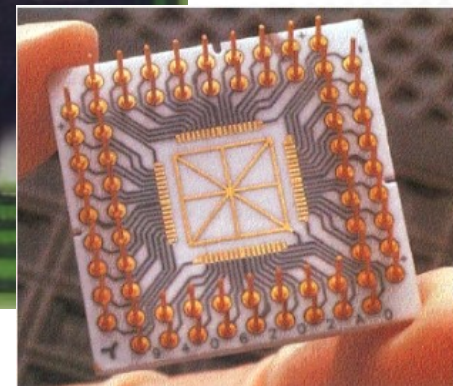
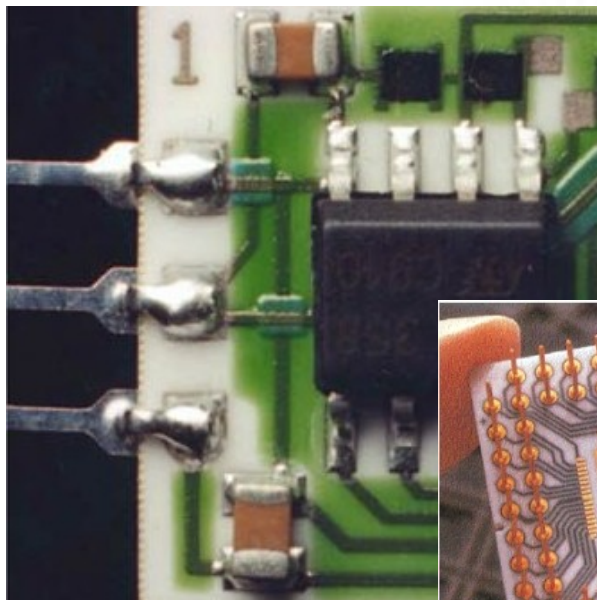
- Proteger al chip de todas las influencias externas
- Proveer una conexión eléctrica
- Proveer una disipación de calor
- Tipos de encapsulados simples para diferentes tipos de chips
- El comportamiento funcional del chip es independiente, no importa
- Se han desarrollado encapsulados estándares

## Microsistemas

- El detalle funcional del chip es crítico para el diseño del encapsulado
- MEMS y encapsulado tienen que ser diseñados al mismo tiempo
- Difícil desarrollar un encapsulado estándar

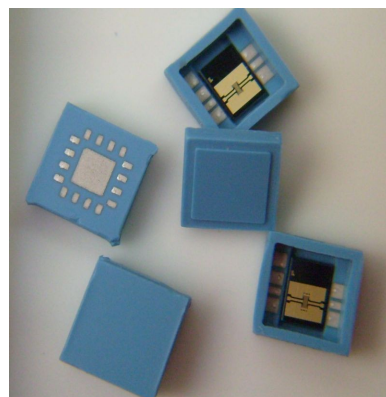
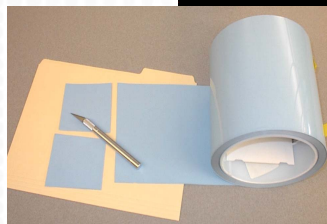
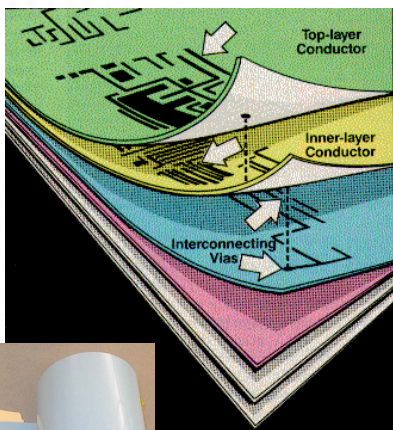
## Tecnologías disponibles en INTI

La **tecnología de película gruesa (TPG)** permite fabricar, por medio de un proceso de serigrafía (*screen printing*) circuitos electrónicos híbridos sobre un sustrato aislante, que generalmente es cerámica.

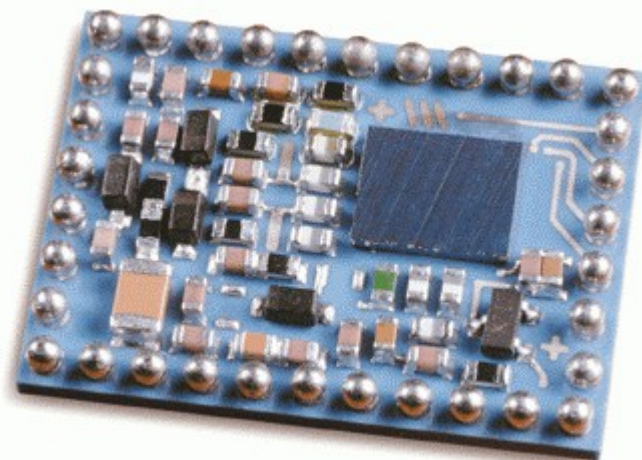


## Tecnologías disponibles en INTI (cont.)

La **tecnología de LTCC (Low Temperature Co fired Ceramics)** permite producir circuitos multicapa mediante capas simples (cerámicas), sobre los cuales se aplican (por serigrafía) pastas conductoras, dieléctricas y/o resistivas. Las cerámicas en estado “verde” son flexibles y fácilmente mecanizables.



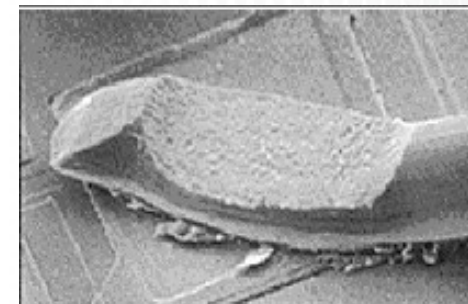
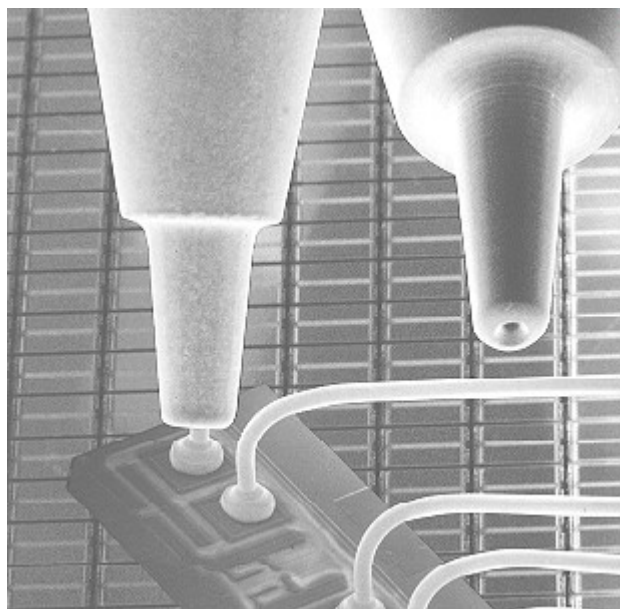
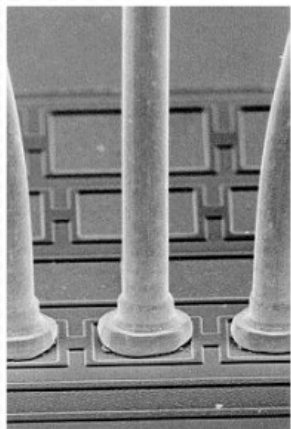
*MEMS uso espacial  
CNEA - INTI*



*Source: National (Bluetooth  
Interface)*

## Tecnologías disponibles en INTI (cont.)

La **tecnología de wire bonding (microsoldadura ultrasónica por alambre)** permite interconectar eléctricamente dispositivos, con alambres que van desde los 25 a los 200 micrómetros.



## Aplicaciones

Consumo	Industrial	Militar
TV/Audio/PC	Inst. electrónicos	Equipos portátiles
Electrodomésticos	Inst. médicos	Equipos de comunicaciones
Juguetes	Componentes en satélites	Sistemas de radar
Periféricos PC	Controladores	Sistema sonar
Telecomunicaciones	Displays	Detectores de IR
	Sensores	Misiles

# Resultados



## Encapsulado Celda de Combustible Líquido

Diseñada para funcionar con Metanol en concentraciones 1 a 5 Molar. Se diseñó, fabricó y caracterizó una estructura modular de placas para coleccionar los electrones y distribuir los fluidos.

### Objetivo

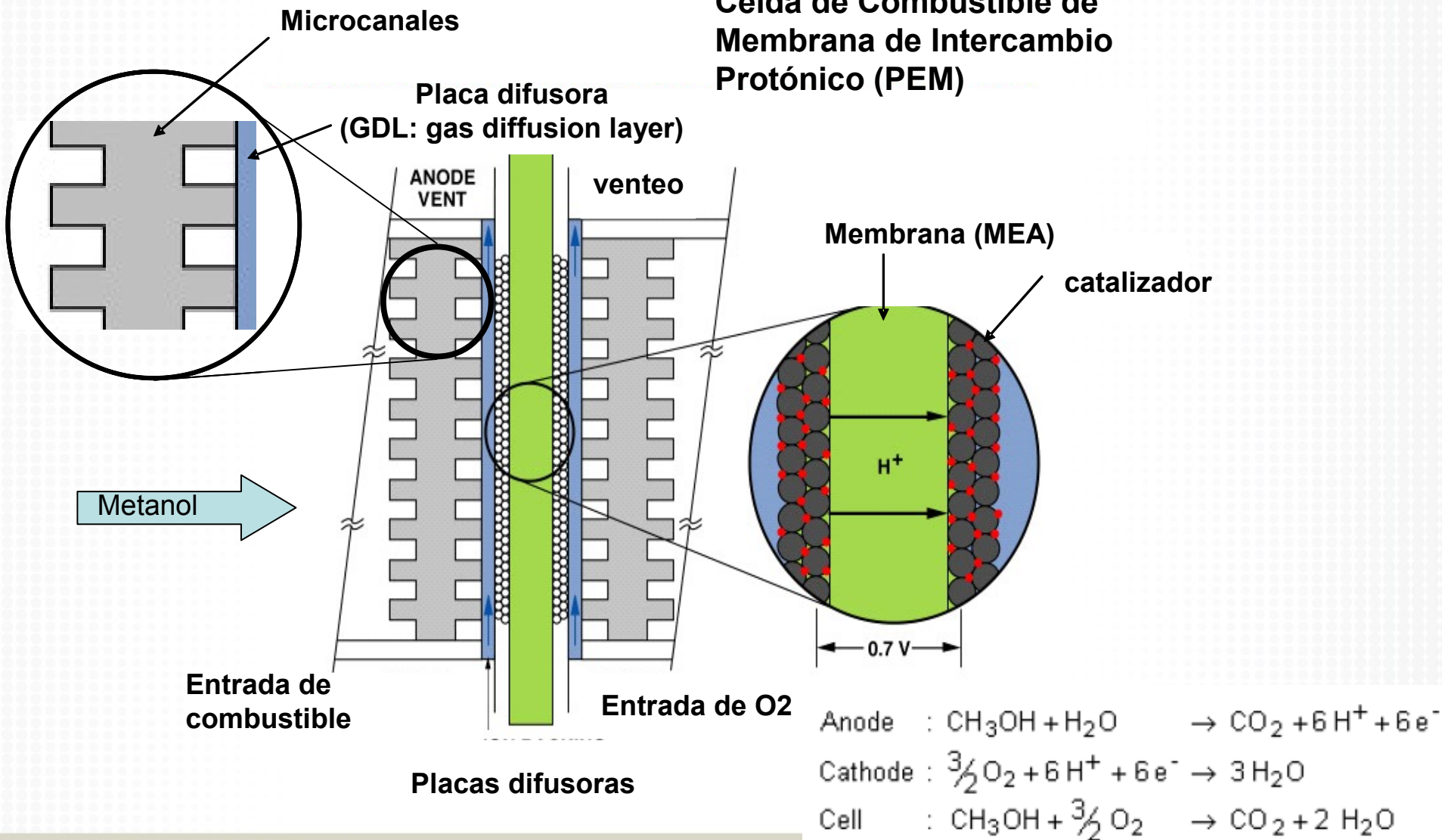
- Tensión de salida: 4,2 Vcc máximo, 3,6 Vcc mínimo.
- Potencia de salida: 1000 mW
- Densidad de potencia: 20 mW/cm<sup>2</sup>
- Densidad de energía mínima: 250 Wh/dm<sup>3</sup>

Proyecto PICT Star up  
CNEA / UBA / INTI

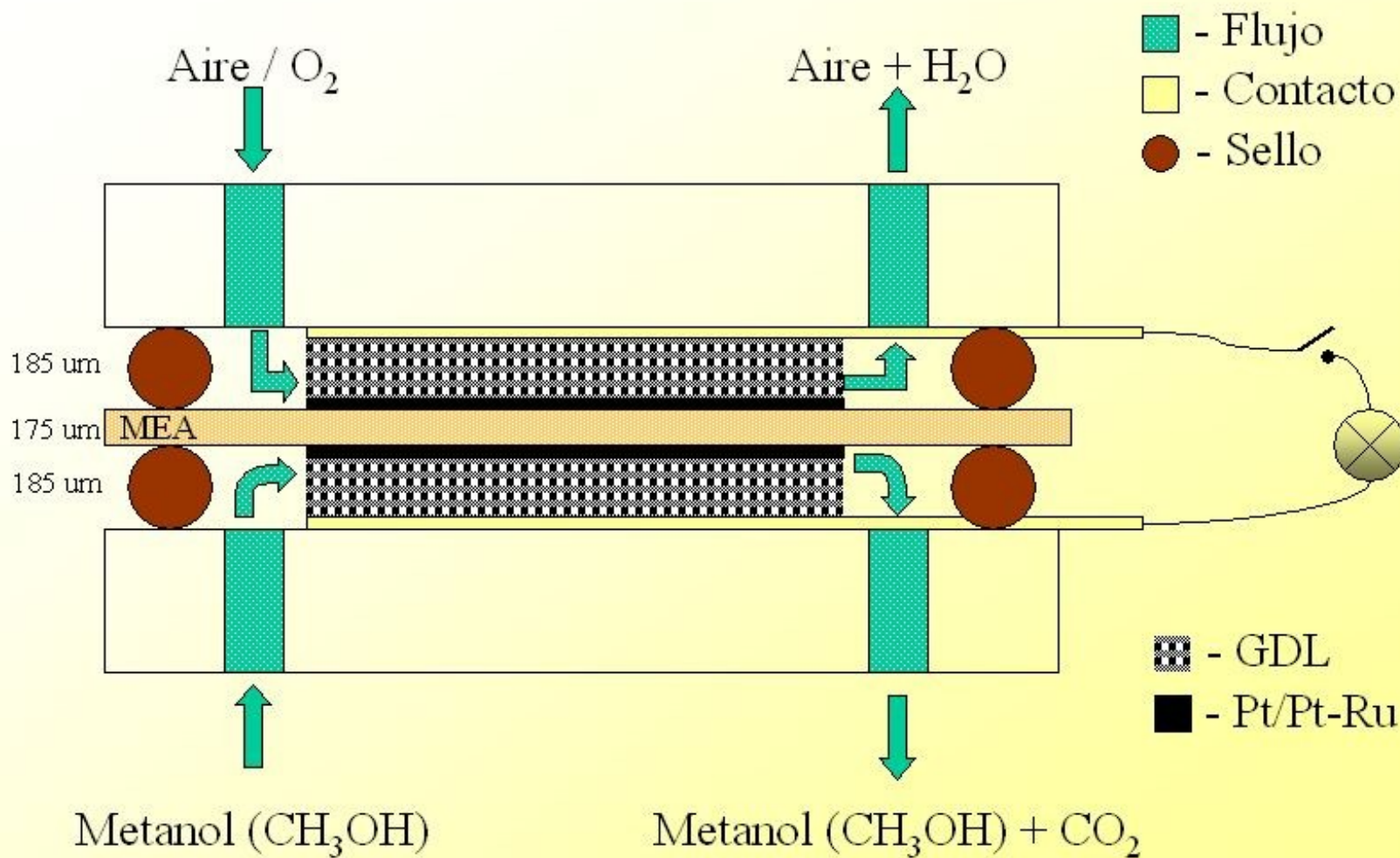


*Prototipo de cargador de batería Toshiba basado en celda de metanol*

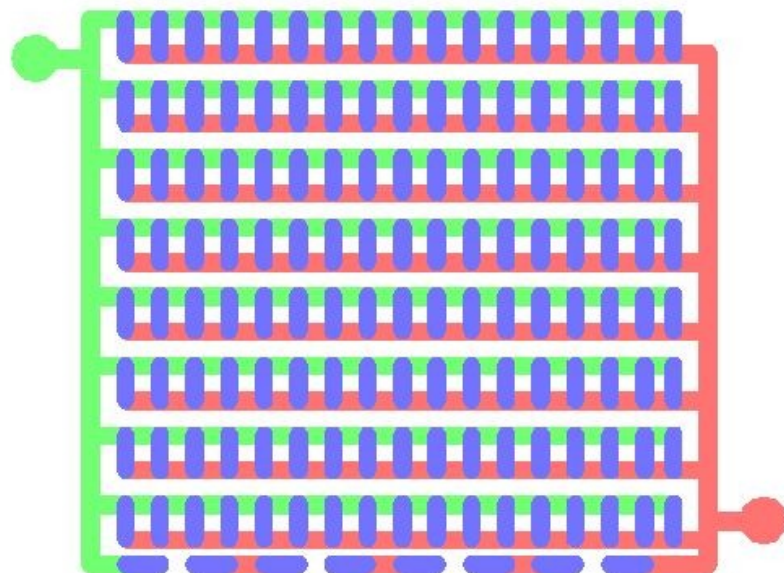
## Celda de Combustible de Membrana de Intercambio Protónico (PEM)






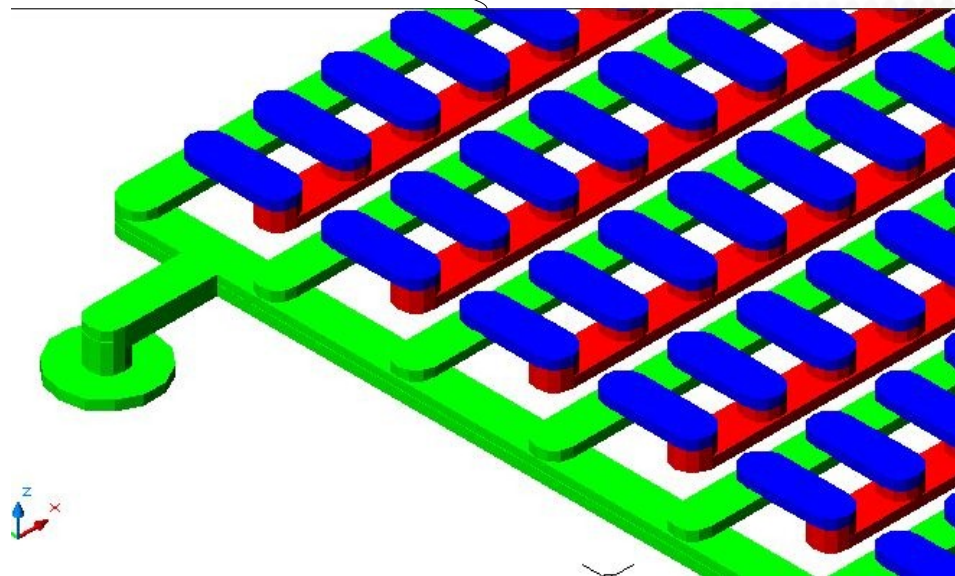
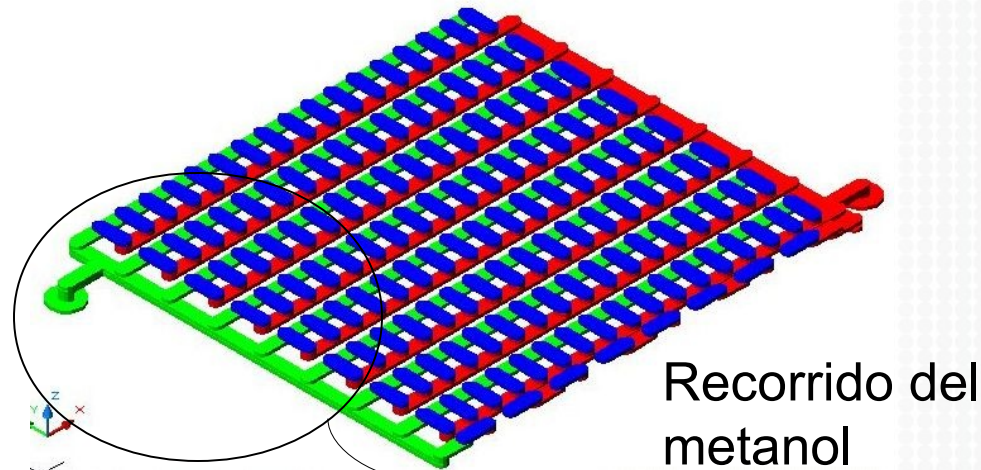


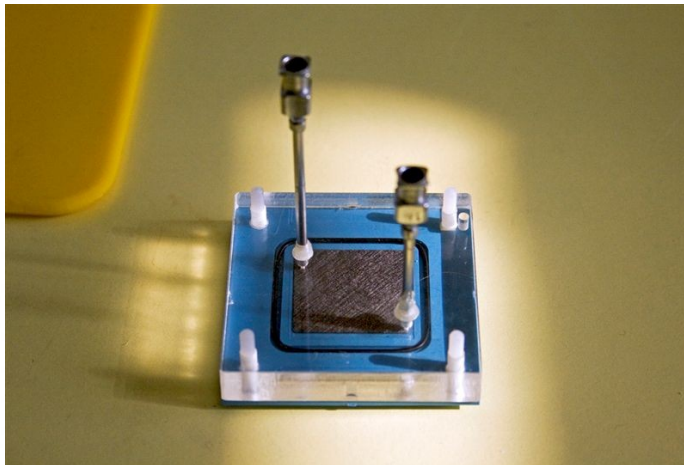
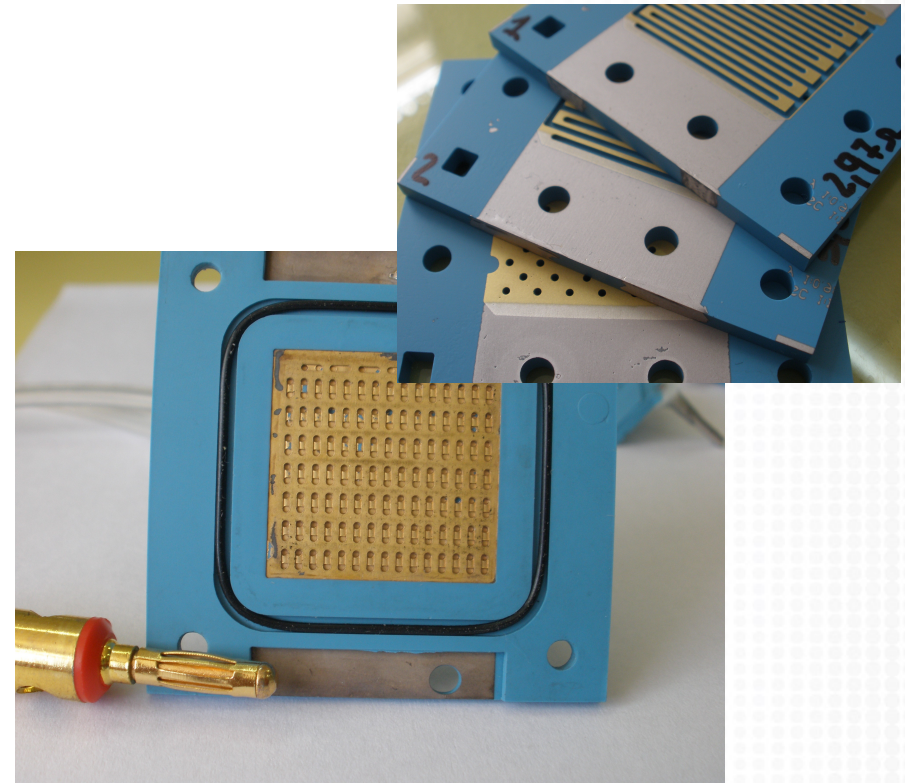
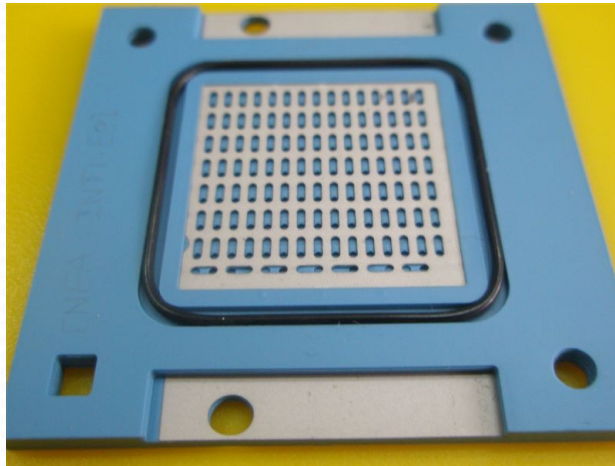


## Layout



-  Entrada de flujo  
Colector C7/ Interdigital C8
-  Flujo contacto con GDL  
X C9 + contacto eléctrico
-  Salida del flujo  
Interdigital C7/Colector C6





Celda de Combustible Líquido

## Apuntamos a prototipo totalmente integrado

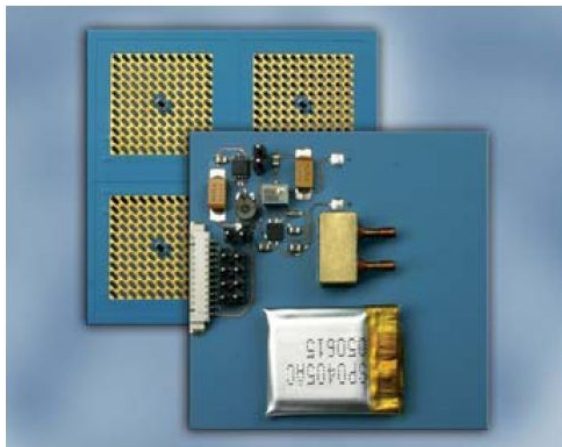


Figure 1  
The new micro fuel cell hybrid system combines fuel cell stack, electronic circuits and storage battery in one component

*Ref.: Ceramic Micro Fuel Cells, Dr. Michael Stelter, Dr. Uwe Partsch  
Fraunhofer IKTS 2005 Annual Report*

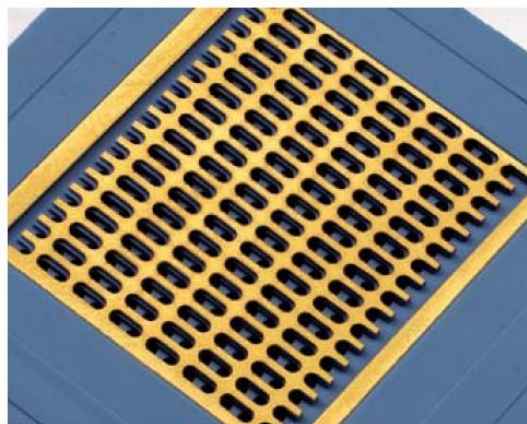
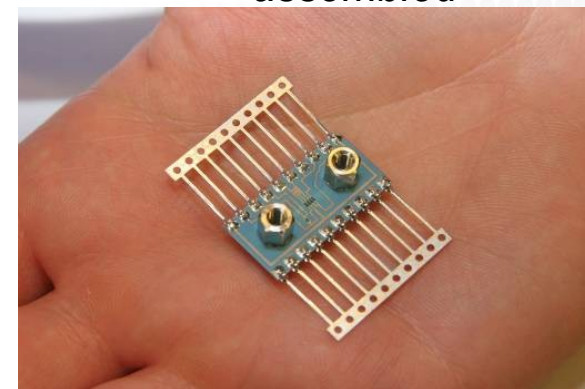
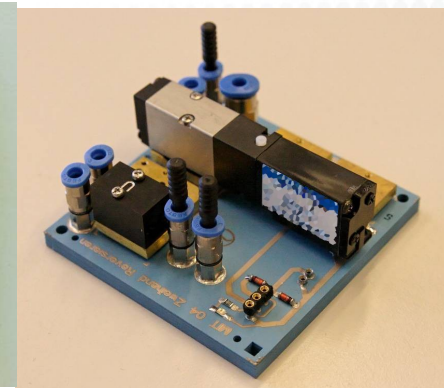
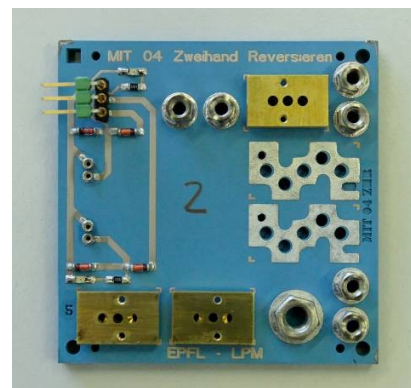


Figure 2  
Novel ceramic flow field for micro fuel cell

*micro-flow sensor  
assembled*



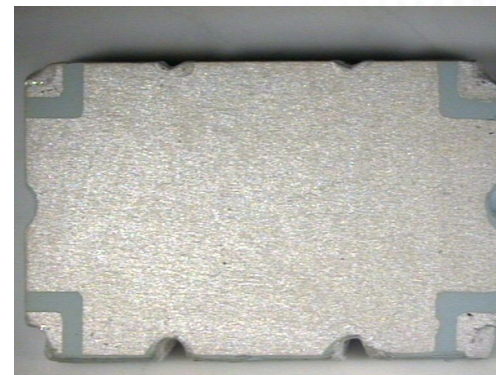
*fluidic circuit, management  
of valves with SMD  
electronics*



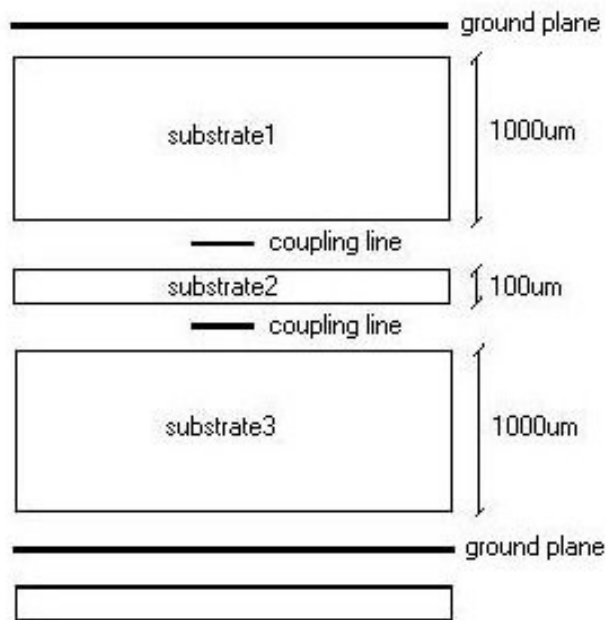
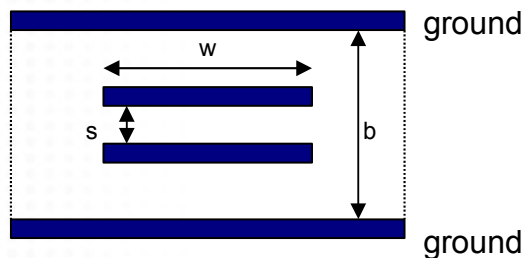
*Ref.: EPFL – LPM (Laboratoire de Production Microtechnique)*

## Acoplador Direccional

Acoplador direccional 1GHz para uso espacial. Transferencia a **INVAP SE**. Se diseñó un acoplador direccional con características especiales, según los requerimientos de INVAP SE para uso espacial en sistemas de radio frecuencia (RF). Se simuló, fabricó y caracterizó en INTI-Electrónica e Informática. Tanto diseño como fabricación están basados en la tecnología LTCC y película gruesa.

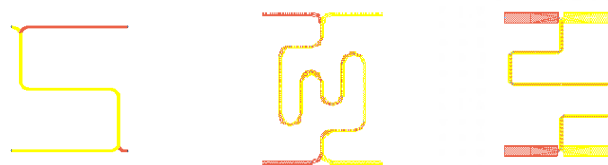


## Broadside stripline coupler



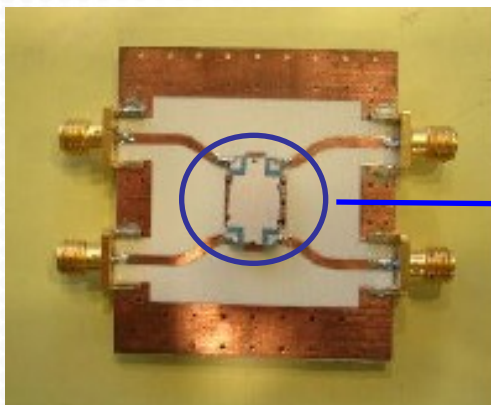
Substrate dimensions

Layout 1    Layout 2    Layout 3

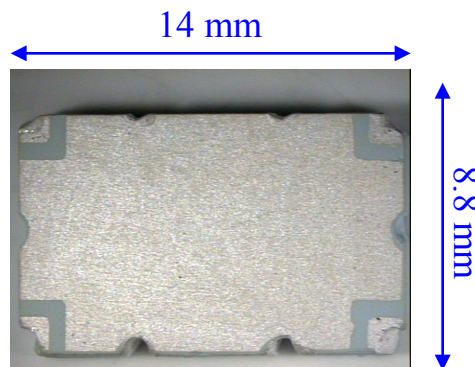


Parameter	Value
Central frequency	1030 MHz
Bandwidth	>20 MHz
Reflection Coef. (S11)	<-25 dB
Isolation	>23 dB
Insertion Loss	<0.4 dB
Phase offset	<2°

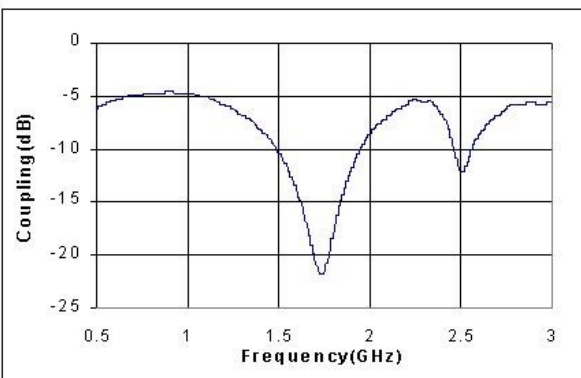
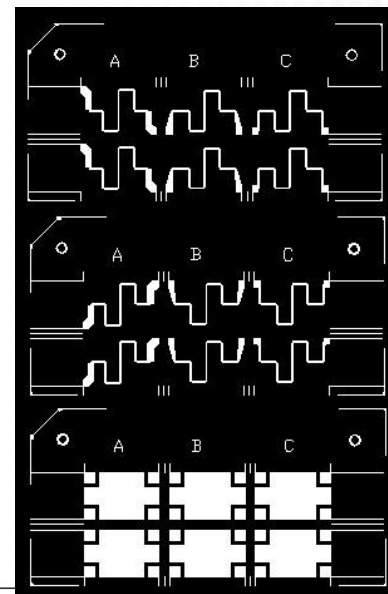
## Componentes SMD de RF para radar satelital/terrestre



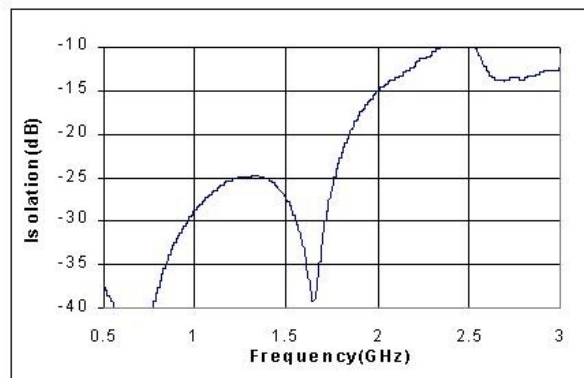
Test board and DUT



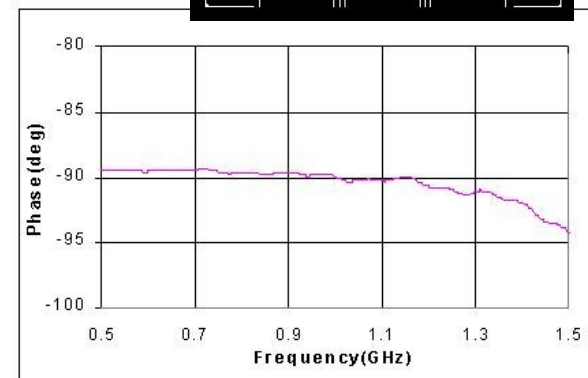
Directional coupler in LTCC



Coupling factor



Isolation

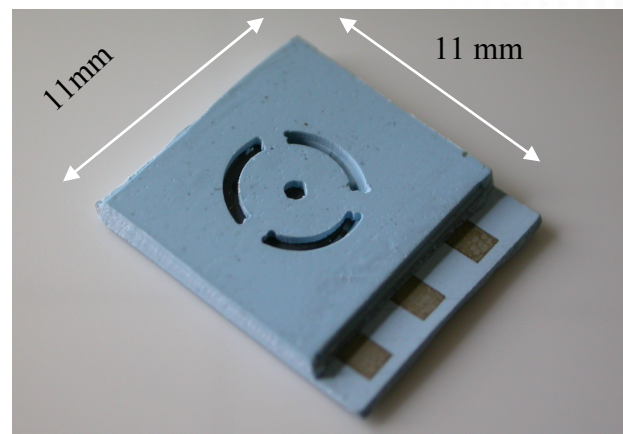


Phase

## Celda de Carga Miniatura

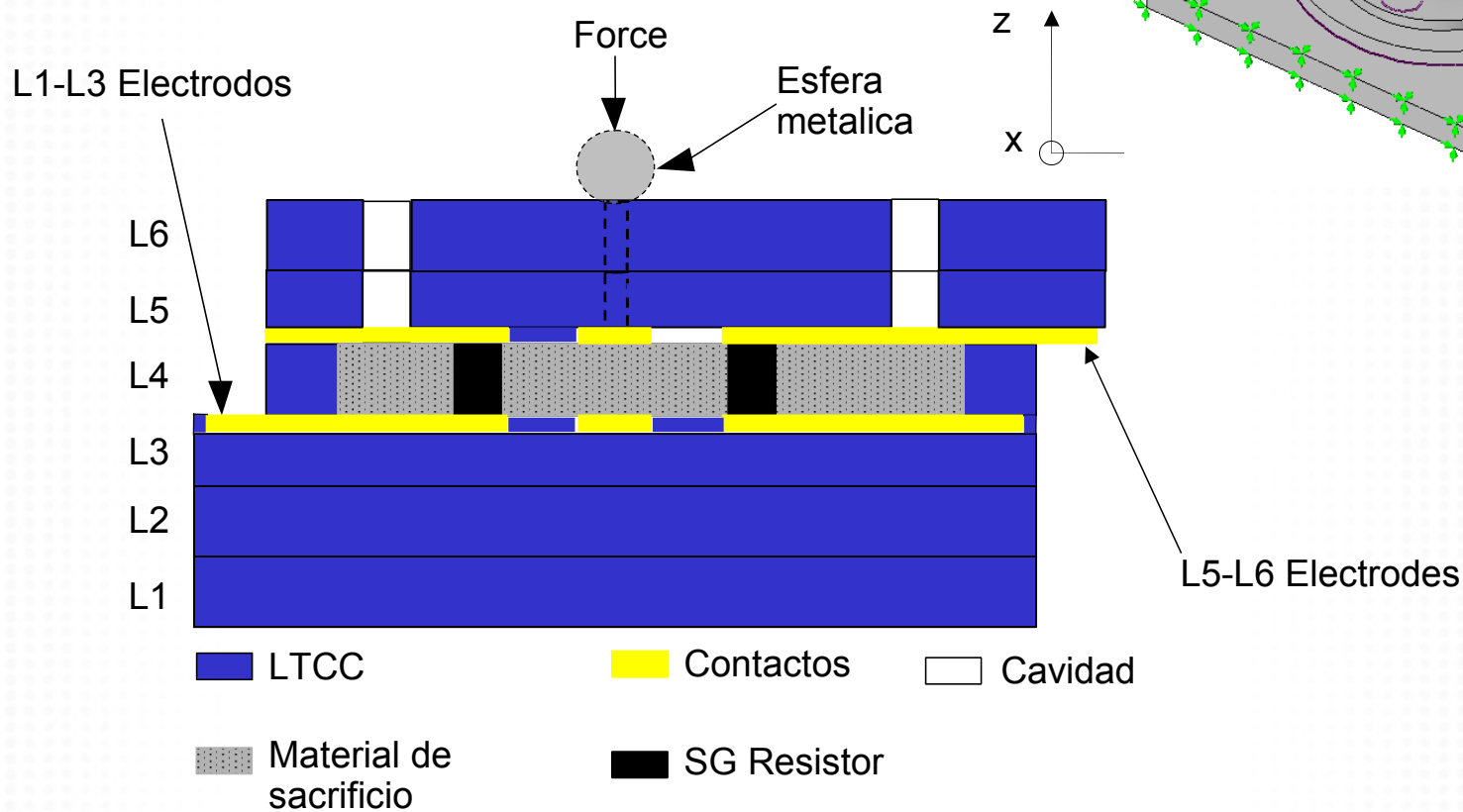
Se desarrolló una celda de carga miniatura para ser utilizada como sensor de fuerza cuyas dimensiones pueden ser de 5 a 15 mm de lado y 1 mm de espesor. La misma soporta pequeñas cargas (menores a 10 kg).

IPT / USP (Brasil) - INTI

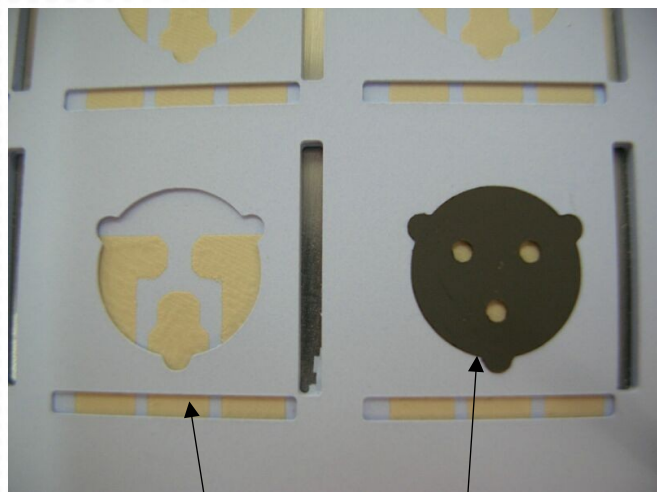




## Celda de carga 3D Layout

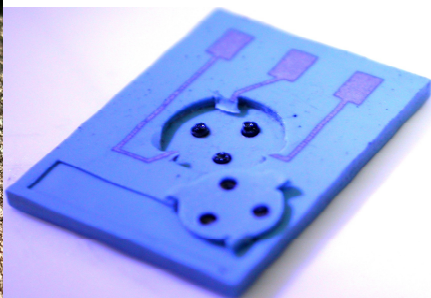
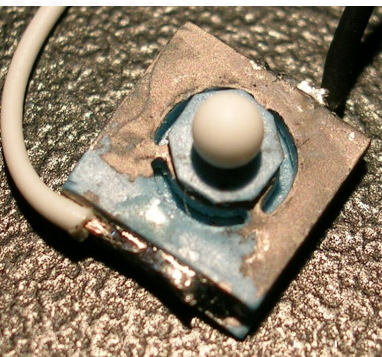


## Layers 1-4 y material de sacrificio

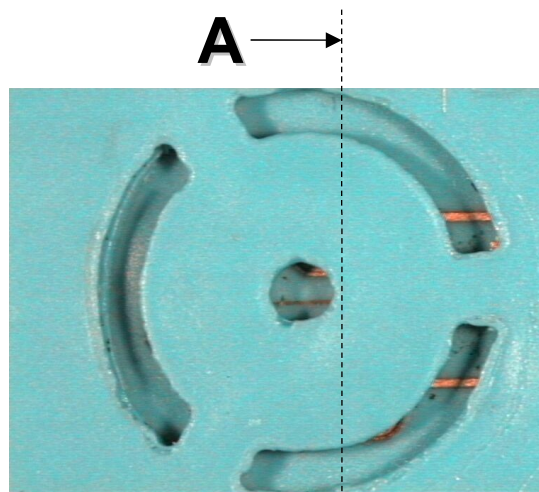


L1-L3 Electrodo

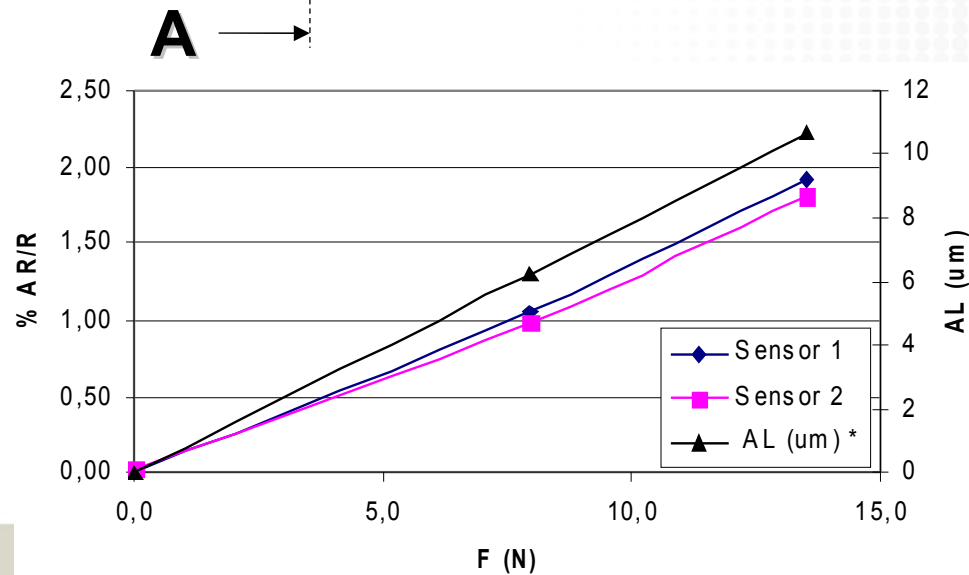
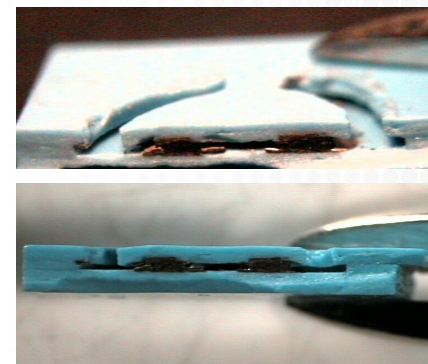
Material de sacrificio  
Lamina de carbon



## Vista superior

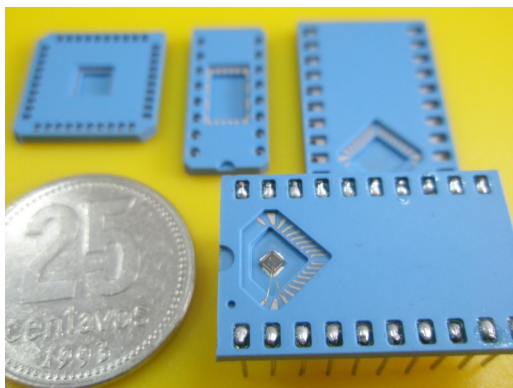


## Corte A-A



## Encapsulado de chips

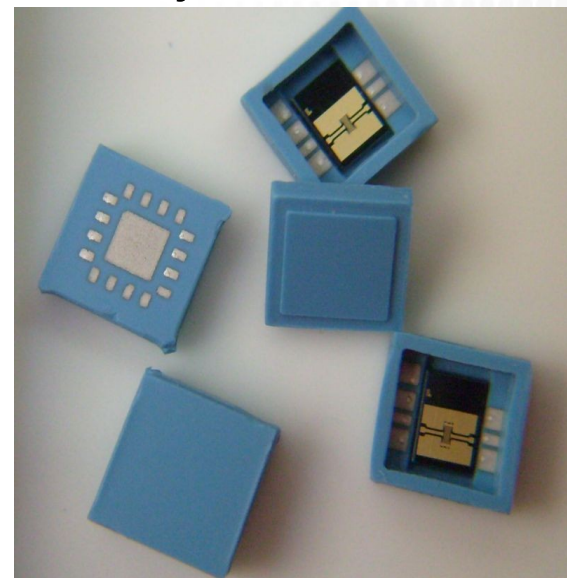
Circuitos integrados desarrollados durante los cursos de capacitación en EAMTA: Escuela Argentina de Micro y Nano electrónica, Tecnologías y Aplicaciones. Encapsulados por LTCC y wire bonding.



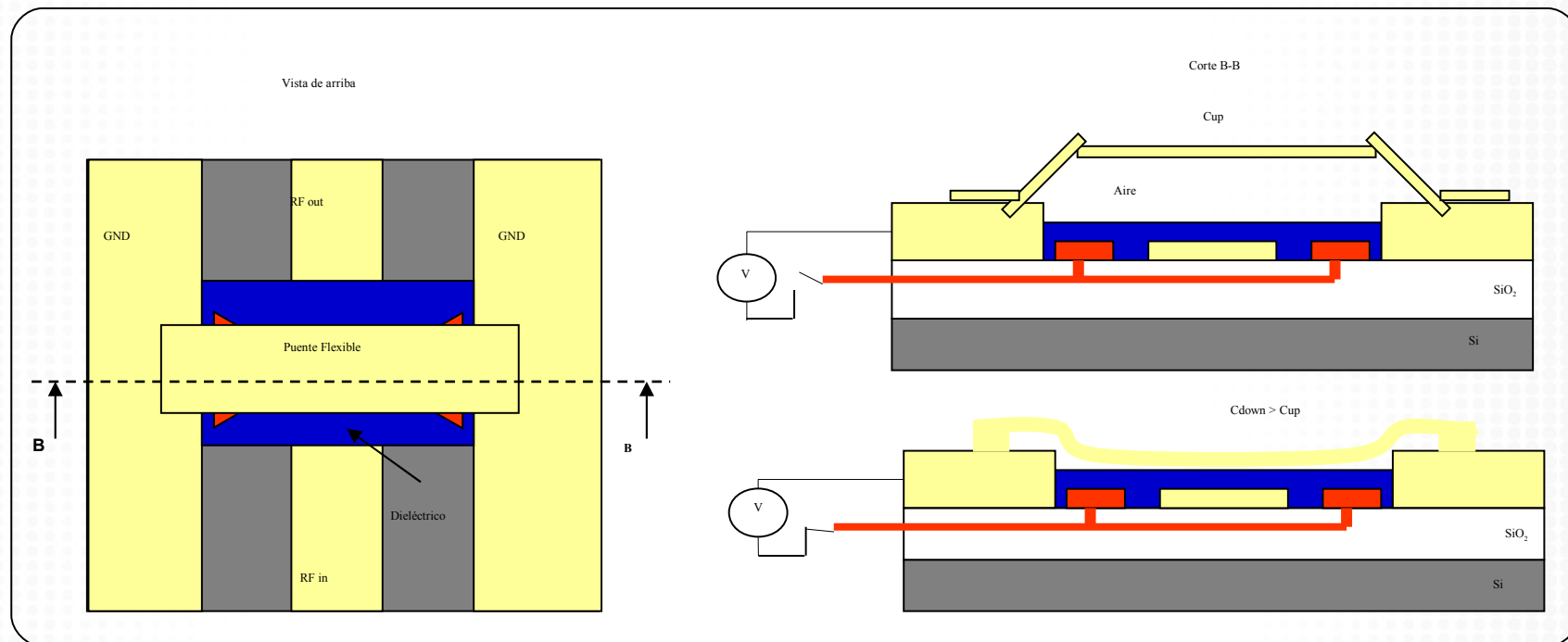
Capacitación: EAMTA, UTN-FRBA

## Encapsulado de MEMS

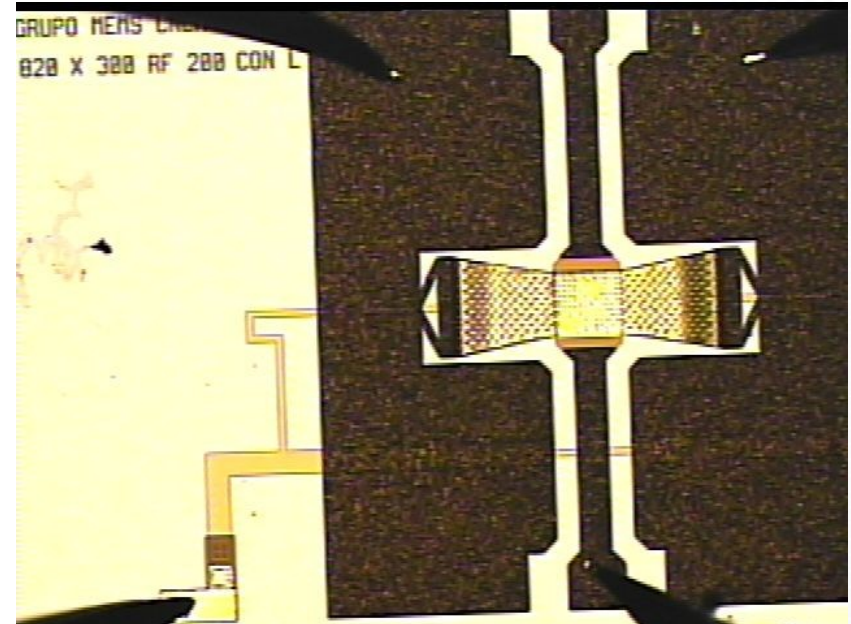
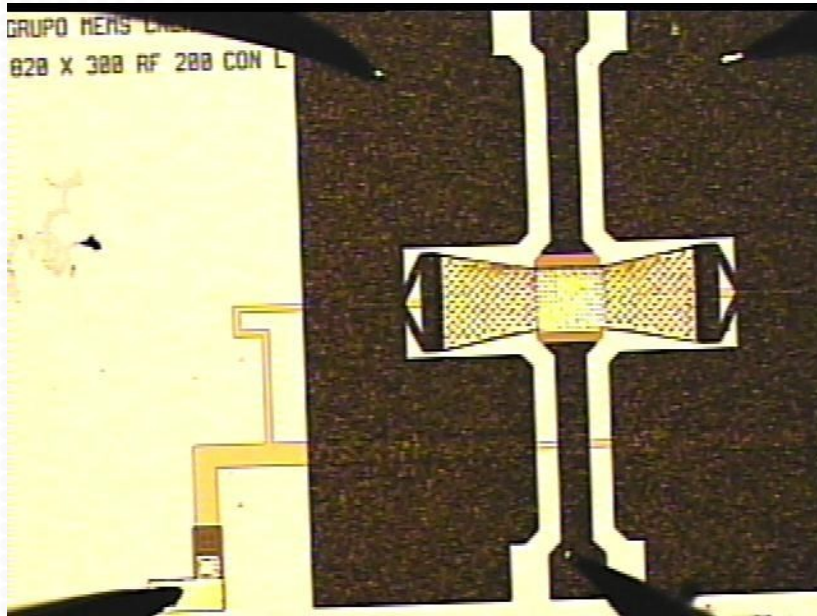
Desarrollo de encapsulados especiales de Radio Frecuencia - RF (8GHz) de sistemas Micro Electro- Mecánicos (MEMS) para uso espacial. El desarrollo constó de las siguientes etapas: Diseño, fabricación, caracterización y transferencia. Dicho encapsulado tipo DFN (Dual Flat No leads) de montaje superficial - SMD fue diseñado para alojar un RFMS-SPST (MEMS de RF Single Pole Single Throw).



CNEA / CONAE

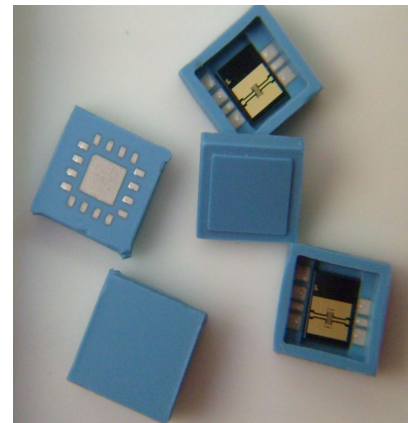
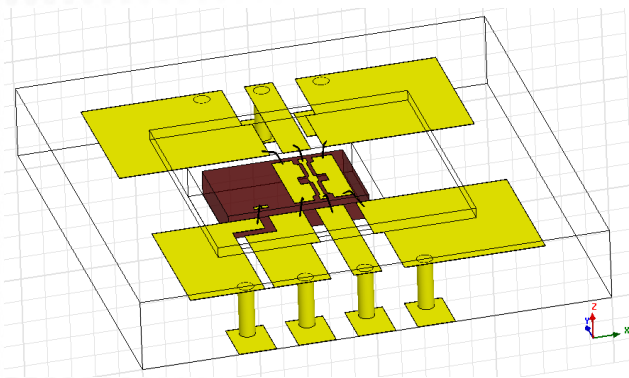
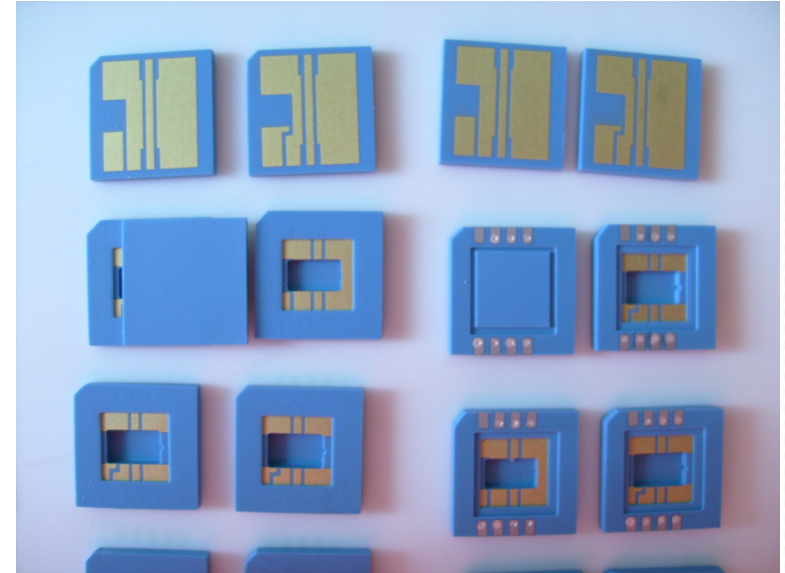
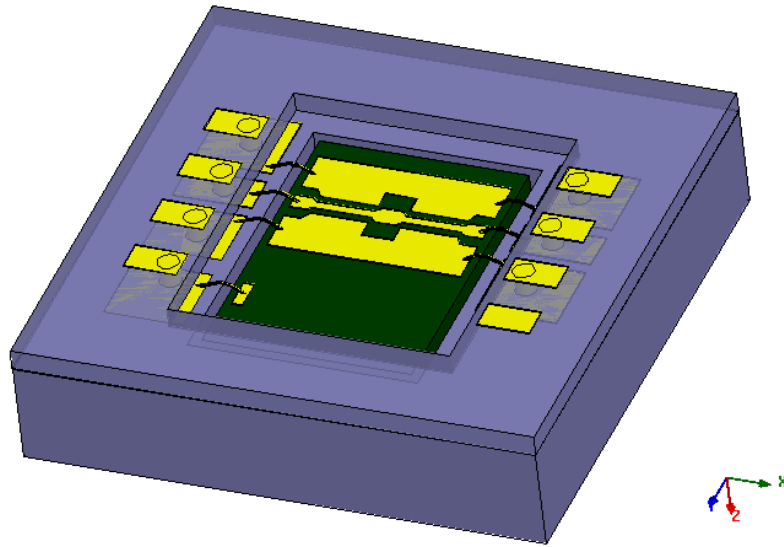


*Esquema del RFMS-SPST en sus dos estados.  
Arriba: Estado OFF (Cup), sin tensión de actuación.  
Abajo: estado ON (Cdown), con tensión de actuación.*

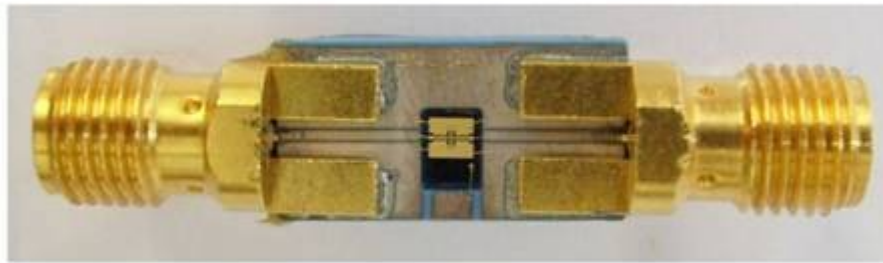
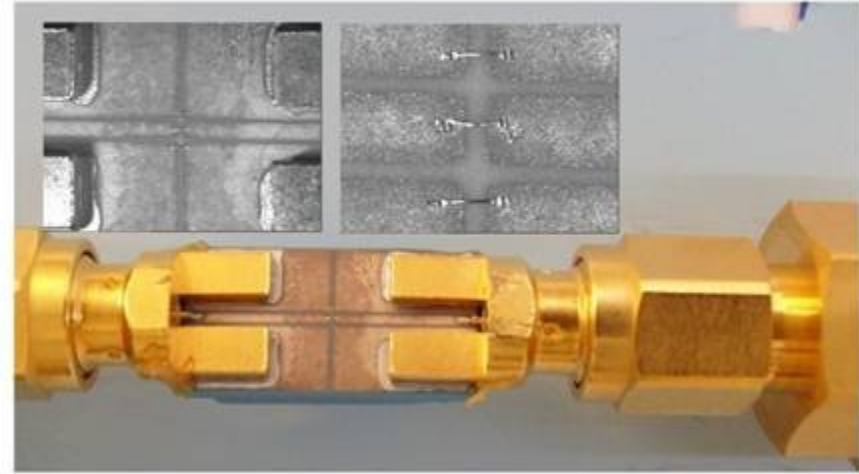
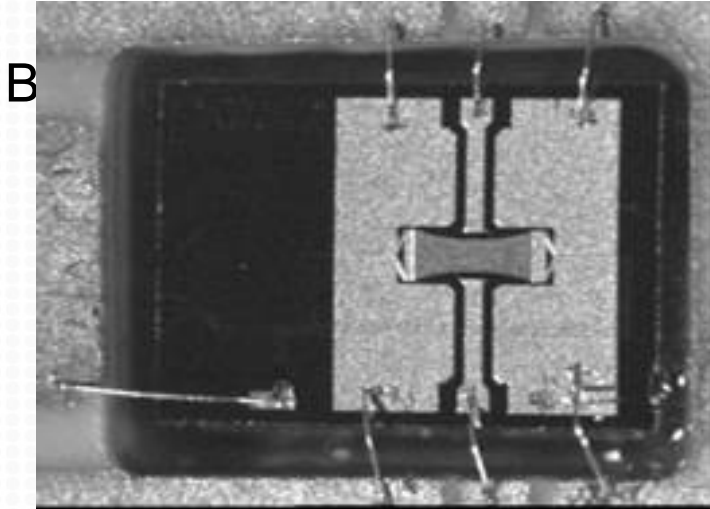


*Izq: Estado OFF (Cup), sin tensión de actuación.*

*Der: estado ON (Cdown), con tensión de actuación.*



## Encapsulado de RF-MEMS



Encapsulado de  
RF-MEMS



## Conclusiones

Se dispone de un laboratorio de alta tecnología para la fabricación de encapsulados especiales para dispositivos Micro-electrónicos y Micro-Sistemas.

Se cuenta con la capacidad de encarar proyectos de alta complejidad en el área, brindando asesoramiento, capacitación, diseño, fabricación y caracterización.

Se realizaron aplicaciones en el ámbito espacial, energético entre otros.

## **Grupo de trabajo en INTI – Electrónica e Informática**

Microtecnologías y Microsistemas

Telecomunicaciones

Radiofrecuencia y Microondas

Compatibilidad electromagnética

Instrumentación y Control

# Anexo I

## Propiedades de distintos sustratos comparado con LTCC

	LTCC* (DP951)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 96%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup> pure	BeO 99.5%	AlN 98%	ZrO <sub>2</sub>
<b>MECHANICAL CHARACTERISTICS</b>						
Flexural Strength (MPa)	320	274	300-400	241	340	980
Young's Modulus (GPa)	120	314	400	343	340	206
Density	3.1	3.8	-	2.8	3.3	6
<b>THERMAL CHARACTERISTICS</b>						
Thermal expansion coefficient (10 <sup>-6</sup> / °C)	5.8	7.1	8.1	7.5	4.6	10.5
Thermal Conductivity (W/mK) and (25-300)°C	3	20.9	-	251	180	3.8
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b>						
Rel. dielectric constant (@1MHz)	7.8 @10MHz	9.6	-	6.5	8.6	8.5
Dissipation factor (x10 <sup>-4</sup> ) @10MHz	0.15% @10MHz	3	-	2	5	-

Resistencia aislación @ 100Vdc: > 10<sup>12</sup> ohms

Tensión de ruptura: 1000V/um

\* Químicamente inerte

# Anexo II

## Chemical composition

	DuPont 951	Heraeus CT 2000
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48	45
SiO <sub>2</sub>	31	22.4
TiO <sub>2</sub>	0.03	8.76
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.99	5.34
BaO	0.03	2.98
CaO	4.48	7.67
SrO		4.15
K <sub>2</sub> O	0.86	1.95
PbO	11.3	

- DuPont 951 and CT2000 are glass ceramic systems.
- DuPont 951 has PbO.

## Electric, mechanical property

	DuPont 951	Heraeus CT 2000
Dielectric constant	7.8 (10MHz)	9.1 (450MHz)
Dissipation factor	0.15% (10MHz)	< 0.1% (450MHz)
Resistance (Ωcm)	> 10 <sup>12</sup> (100V DC)	> 10 <sup>13</sup> (25°C)
Breakdown voltage (V)	> 1000(25μm)	> 1000 (25μm)
Ther.exp.coeffi. (ppm/°C)	5.8 (25-300°C)	5.6 (25-300°C)
Density (g/cm <sup>3</sup> )	3.1	>3.05
Flexural strength (MPa)	320	310
Shrinkage (X,Y)	12.7 ± 0.3	11.5
Shrinkage (Z)	15.0 ± 0.5	14.0