

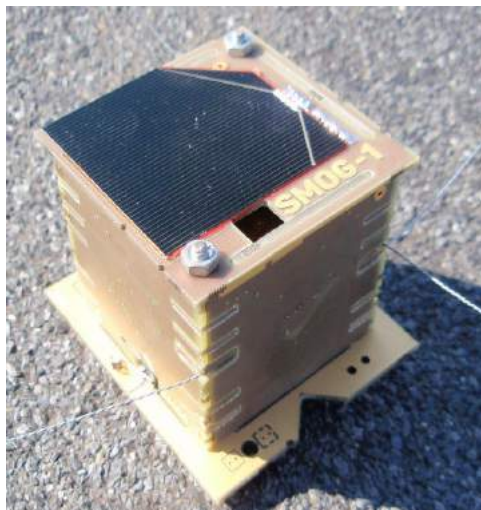
ENSAYOS VALIDACION CONTROL TERMICO

Como parte de mi colaboración en la validación de un posible control térmico pasivo para el grupo de construcción del satélite EASAT2 DE AMSAT EA decidí en un primer momento experimentar sobre distintos materiales que pudieran ser utilizados como barrera térmica en la capa externa de la estructura del sat..

Tome como patrón de ensayo una estructura de 5x5 cm de PCB en Fibra de vidrio FR4 ... pensando en la posibilidad de fabricar la estructura del sat utilizando este material, tal y como lo proponen otros equipos, (Smog-1), de construcción para un cubo con caras de este tamaño ensambladas de un modo muy compacto..



PCB 5x5 .



Smog-1 sat con estructura en PCB 5x5 .

A partir de este momento comienzo a localizar y documentar distintos tipos de materiales para poder testar, al mismo tiempo que termino de adaptar un banco de pruebas para vacío medio del orden de $10E-5$ Torr el cual estaría dentro de un margen razonable comparable a las órbitas bajas de tipo LEO que son en las que este tipo de satélites operan.

De entre estos materiales localizo alguno del tipo MLI (mallas compuestas), pinturas térmicas, y film tipo Kapton....



Malla_1.



Detalle Malla_1.



Malla_2.



Detalle Malla_2.



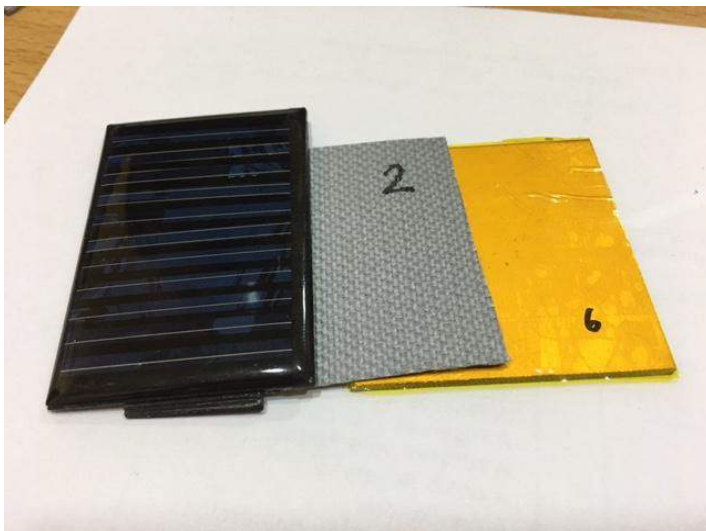
Malla_3.



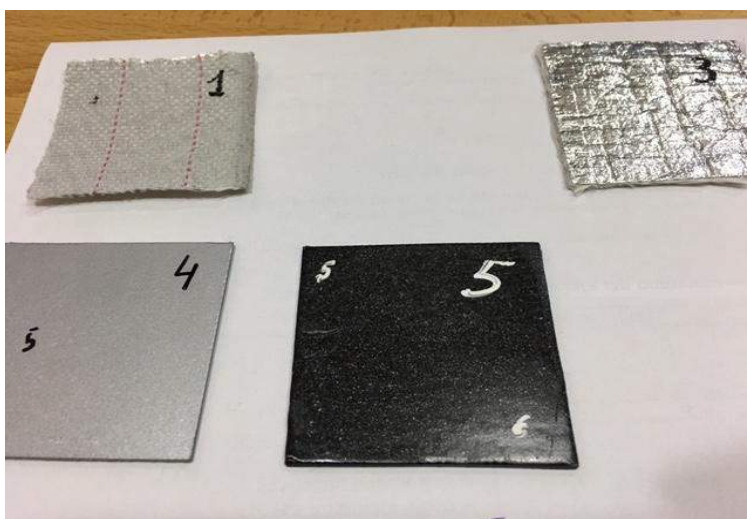
Detalle Malla_3.



Cinta Kapton.



Vista distintos materiales en corte 5x5 y placa solar.



Vista distintas MLI y cortes PCB con pinturas térmicas.

Una vez reunidos los materiales y las hojas características de cada uno de ellos, los recorto para adaptarlos al contorno de las PCB y las pinturas las aplico directamente sobre su superficie

Lo siguiente fue preparar el banco de ensayos para el vacío. He utilizado una bomba de vacío de doble etapa que puede conseguir vacíos de orden medio pudiendo llegar a $10^{-4.5}$ Torr lo cual parece ser que serian las condiciones que podemos encontrar en las órbitas bajas tipo LEO para este tipo de sat..



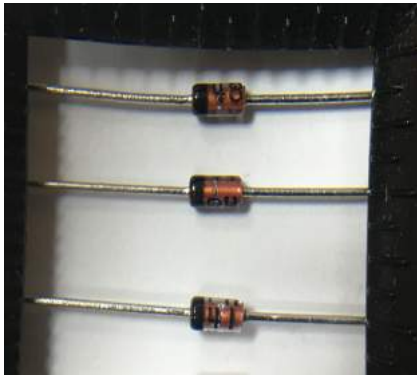
Bomba vacío doble etapa.

Para el control de lecturas he utilizado también mangueras de alta presión y grupo de manómetros con llaves de carga/descarga...



Grupo manómetros con válvulas.

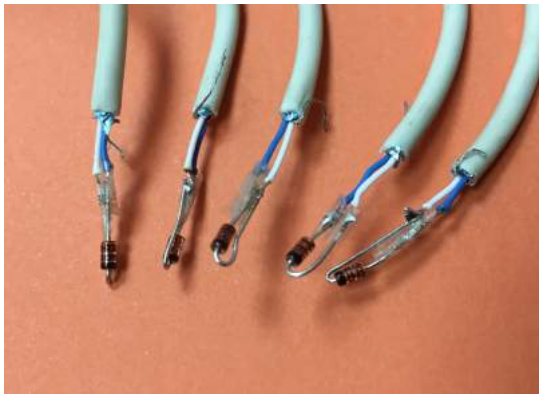
Para la adquisición de datos preparo unas cuantas sondas con los diodos 1N4148 que por la literatura consultada dan muy buen resultado..



Diodos 1N4148.



Detalle doblado.



Detalle cableado.



Detalle funda retráctil..

Posteriormente los incorporo a un Arduino 1 por analógico y realizo calibración..

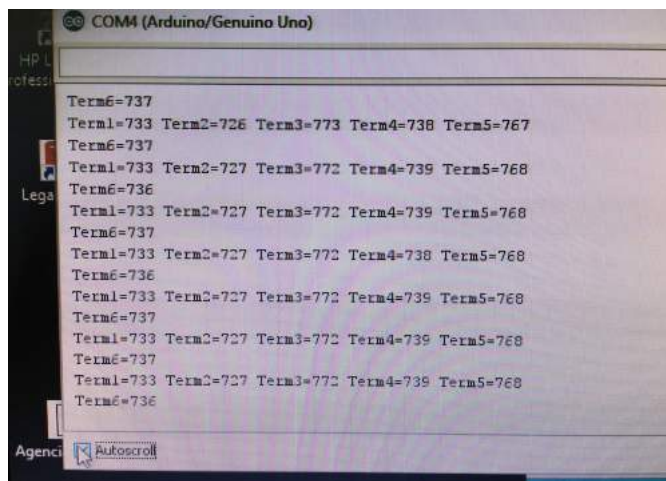


Test a 0°C.





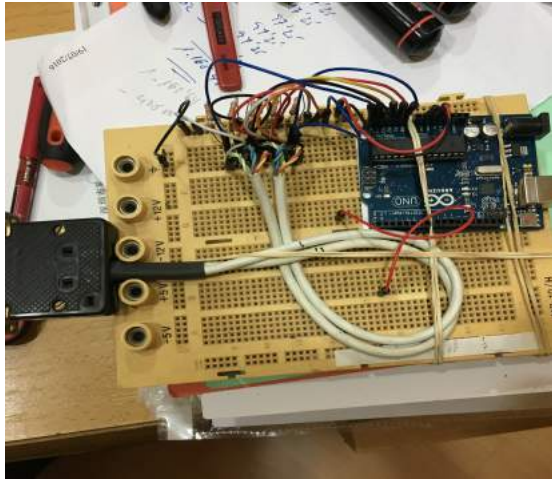
Test sensores a 100°C.



47	654	17:46	4	752	753	740	765	758	738
699	17:48	5	752	753	740	765	758	738	738
743	17:50	6	752	753	740	765	758	738	738
711	17:51	7	752	753	740	765	758	738	738
147		8	752	753	740	765	758	738	738
Temperaturas									
1			1	733	726	718	738	768	731
2			2	731	738	735	721	731	718
3			3	732	739	731	727	736	719
4			4	732	739	731	727	736	719
5			5	732	739	731	726	736	719
6			6	732	740	731	727	731	719
7			7	733	740	736	728	737	760
8			8	740	747	743	731	744	767

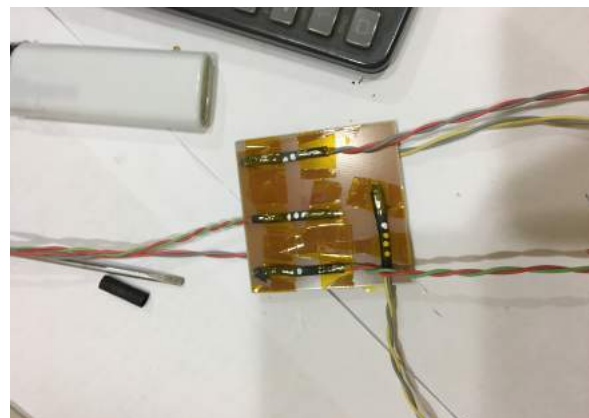
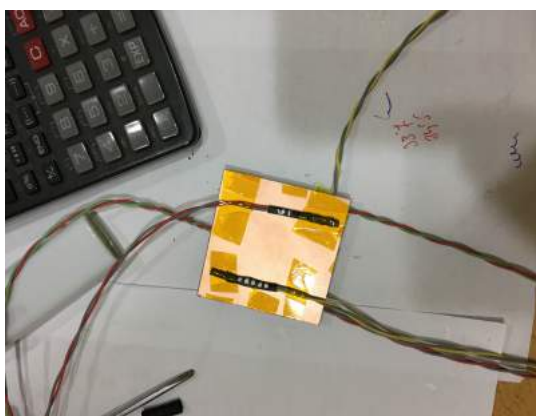
Tablas de calibración a 0°C y a 100°C sobre diodos 1N4148.

Ensambo finalmente el conjunto con conectores Paralelo a la campana y al Arduino..

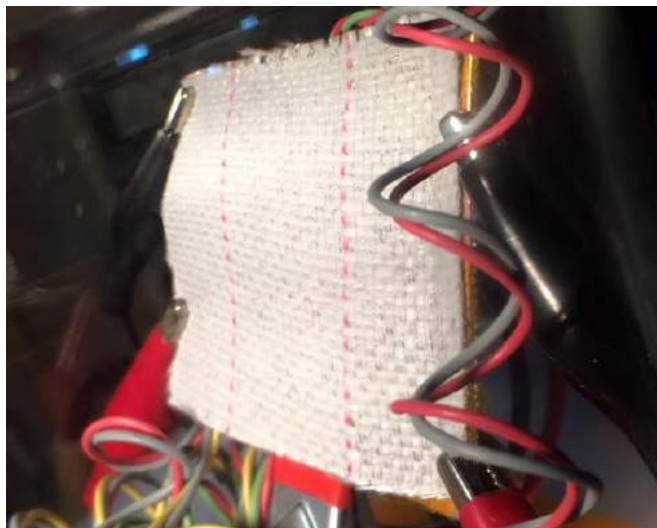
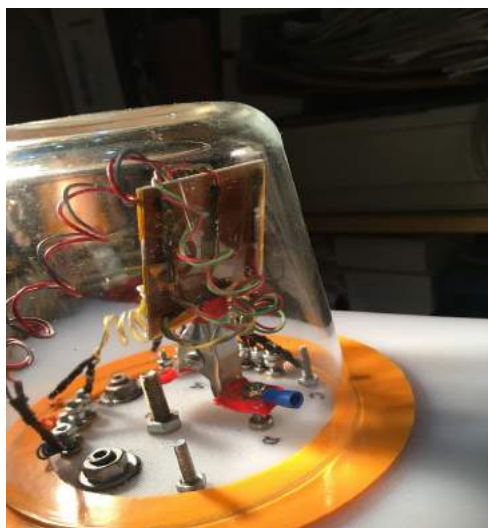


Detalles de conexión Arduino, banco y conexión sensores.

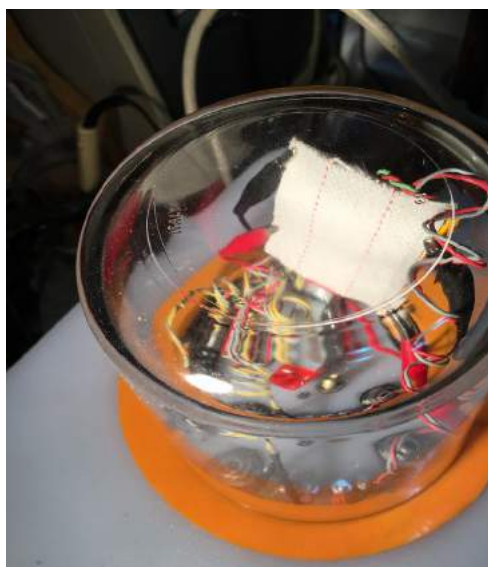
Finalmente conecto sensores a materiales, campana, PCB, etc....



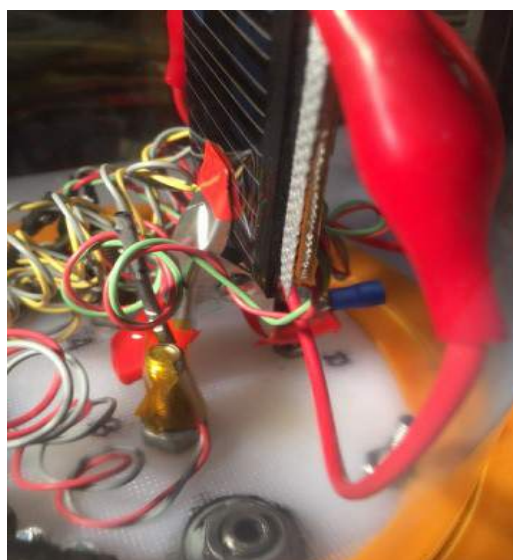
Colocación sensores a PCB.



Vistas montaje final para test de materiales.



Detalle superior.

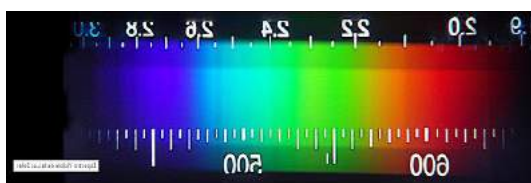


Detalle panel “sándwich” con placa solar.

Con todo el material montado comienzo los test de los distintos materiales empleando luz halogena con un espectro de emisión obtenido con un espectrometro casero...

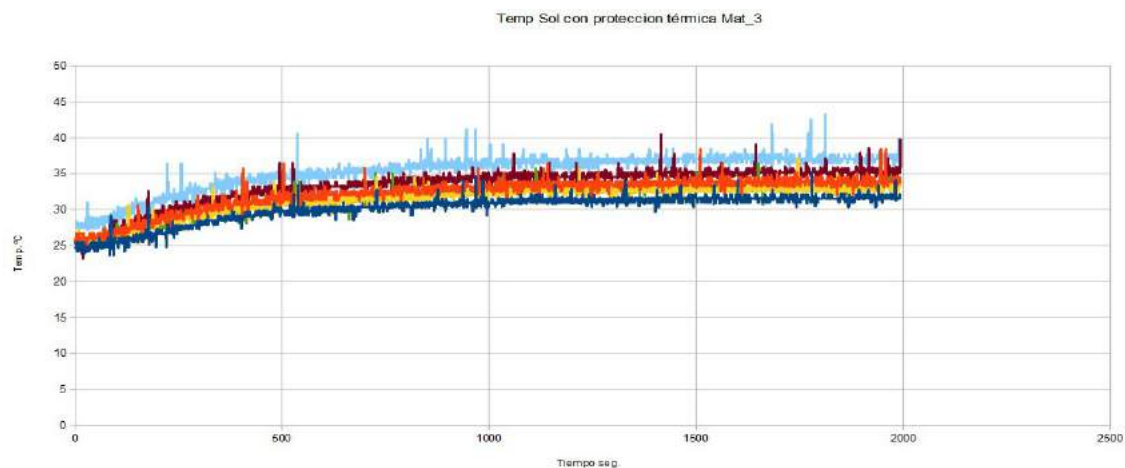
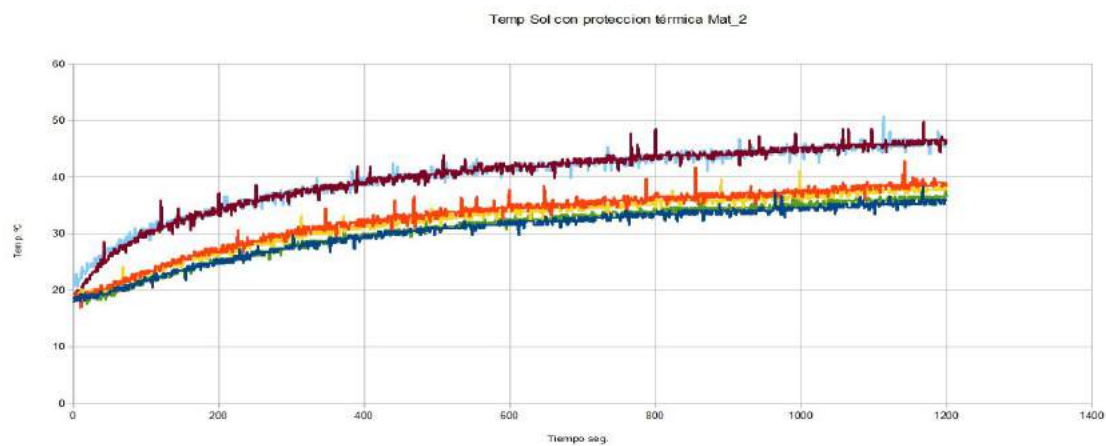
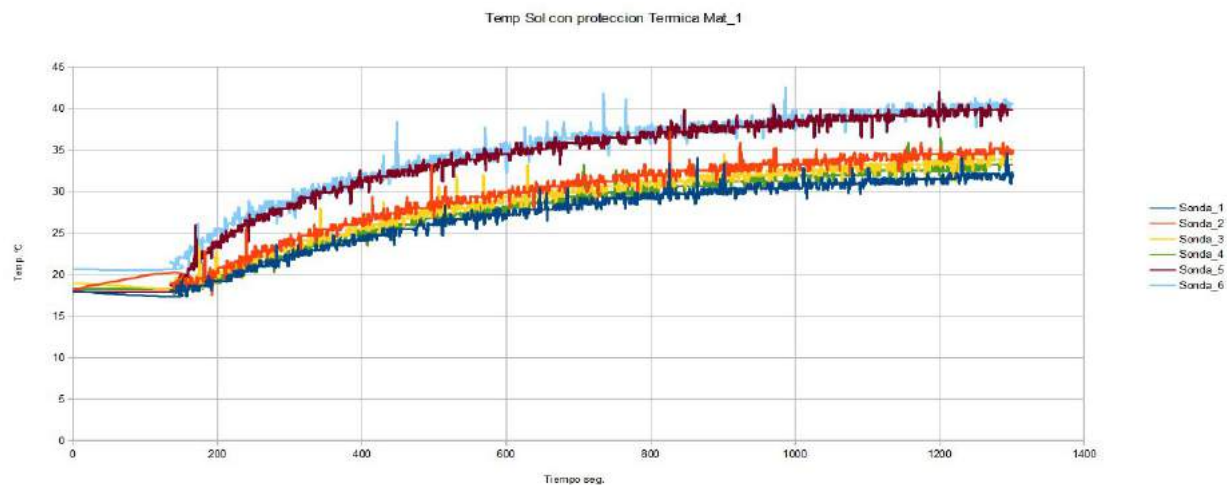


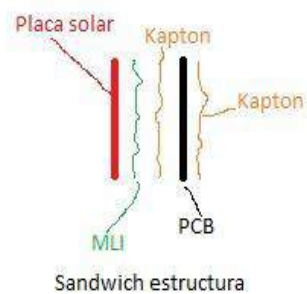
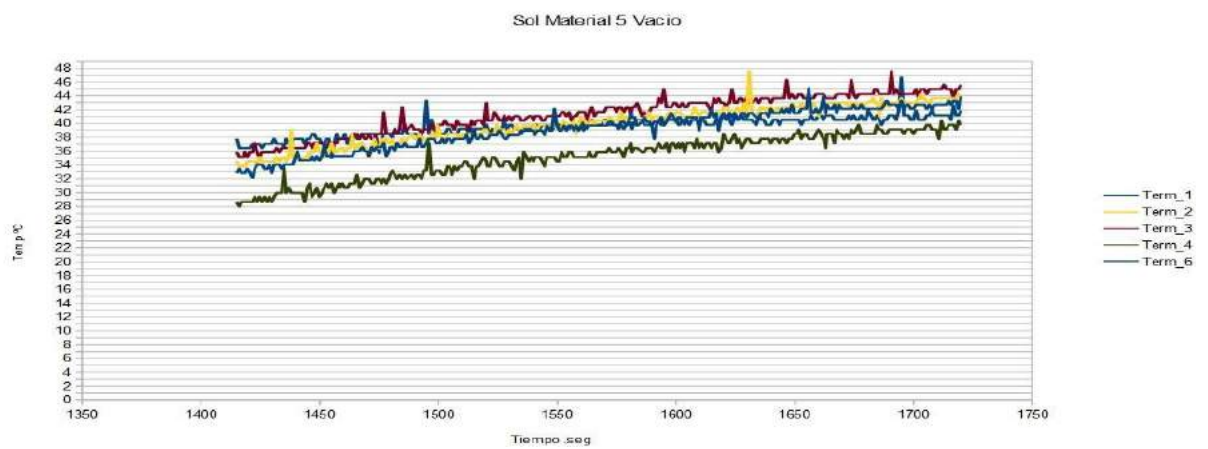
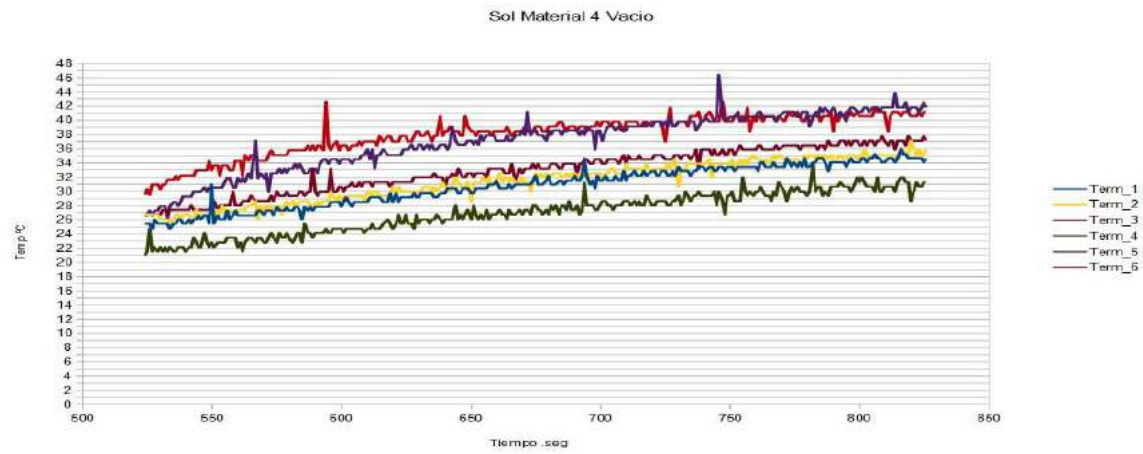
Espectografía casera de halogena utilizada.



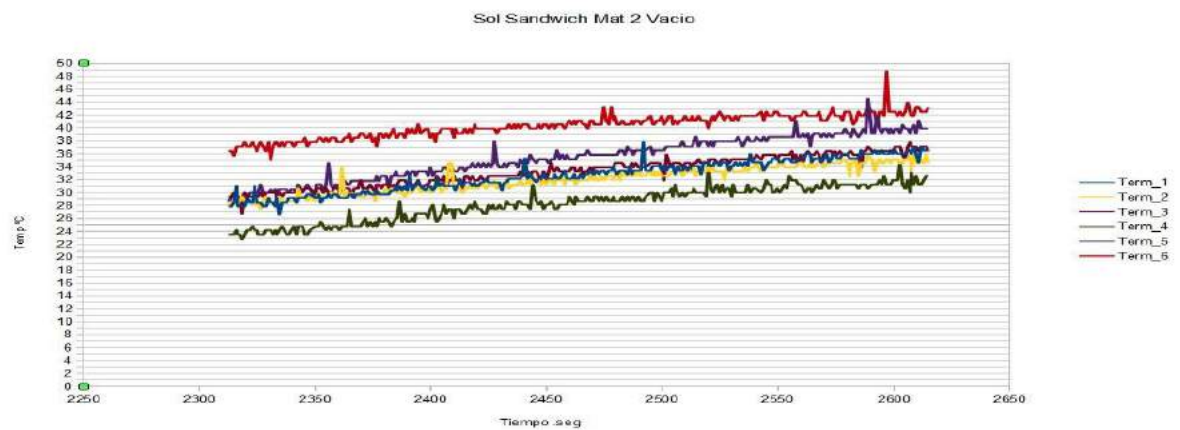
Espectografía solar con rejilla de difracción de Edmund Scientifics.

Utilizando un soft de captura de datos , comienzo distintas series de pruebas con los materiales en varias condiciones y tiempos de exposición solar..





Estructura “Sándwich”.



La primera impresión es la idoneidad de utilización de protección térmica sin entrar en detalle de cual seria el material ideal pues en todos se observa atenuación y aun me quedan algunos materiales por probar.

Si os fijáis en la gráfica de temperatura ambiente y sin hacer el vacío en la campana, no hay mucha diferencia entre una cara y otra, lo cual indica que la transmisión de calor es convencional y todos los sensores registran tras unos minutos prácticamente la misma temperatura.

Una vez hacemos el vacío e iluminamos la cosa cambia y observamos diferencias de temp de hasta 7°C (valores medios en las series)...

Las series las he obtenido iluminando con halógeno de 35W con una linea espectral de entre 450 y 650 nm (adjunto foto tomada con un espectometro casero :)) a 20 cm de separación respecto del PCB de 5x5 cm (adjunto foto), eso equivale según he podido comprobar a la radiación solar en LEO de entre 1000/1700 W/m²... en cuanto al vacío en la campana estaría entre 10-4/10-5 Torr... Reloj analógico..

La idea respecto a la protección seria algo así como un "sándwich térmico", los pesos de los distintos materiales probados MLI en cortes de 5X5 cm son:

Mat_1----- 1,6 grm

Mat_2----- 1.2 grm

Mat_3----- 3,1 grm

Respecto a los test con pinturas...

La primera he utilizado una con base de Zinc "Würth", según fabricante en ficha técnica puede aguantar temp superiores a 300 °C....adjunto foto y gráfica de resultados (Mat 4)...

La segunda.. una Alquidica modificada con resina de silicona (Titan) y.... (según dice el fabricante.. "pigmentos metálicos..." que esto es lo que creo que le confiere propiedades terminas especiales a demás de la molécula grasa de la alquidica, no esta muy claro en la hoja técnica...) también especifican que puede supera los 350 °Cadjunto foto y gráfica (Mat 5)...

La tercera prueba esta realizada con el formato "sándwich" que os comente en mi anterior entrada. Como podéis observar en la foto he incluido un panel solar, (mas o menos acoplado) como primera capa a ver que resultados proporcionaba....."también empleo el kapton tal cual... tanto en la cara anterior como posterior formando parte del conglomerado"... foto y gráfica (Mat "Sándwich"...

Conclusiones generales:

Las pinturas ofrecen una atenuación inferior a los materiales de aislamiento tipo malla, aunque pueden ofrecer la ventaja de peso/volumen unidos a un Kapton...La pintura con base de Zinc responde lógicamente mejor que la alquídica como puede apreciarse en la separación de las distintas curvas de la gráfica....

La configuración sándwich ofrece unas características bastante interesantes...he empleado el mismo material nº2 de los test realizados anteriormente pues fue que mejor relación térmica ofreció, eso unido al Kapton y al formato sándwich...También se puede apreciar la separación de la sonda 5 y 6 pues la 5 la puse detrás de la placa solar.... ¿Quizás nos vamos del peso total del sat..??

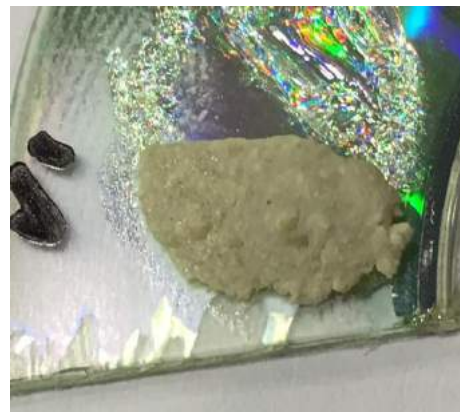
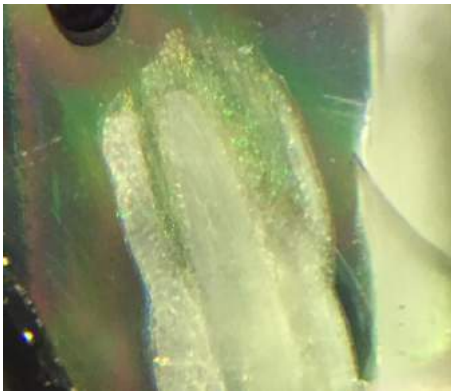
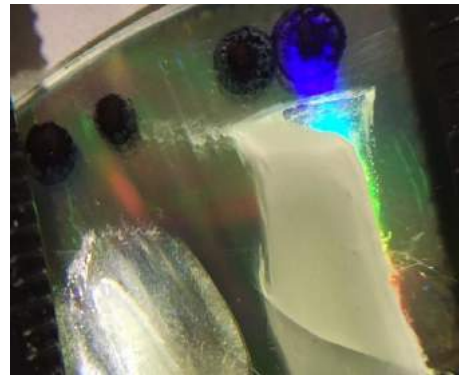
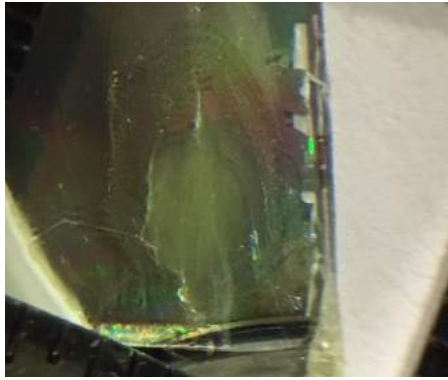
TEST DE PEGAMENTOS Y SILICONAS

En otra línea de ensayos he estado probando diferentes tipos de "pegamentos, siliconas, etc...) con idea de observar como se comportan en vacío..."por si gasean..."

Como podéis observar en las fotos ninguno de los "pegamentos, siliconas y epox testeados han "gaseado"...." mis medios son limitados y es posible que en otro rango de vacío si se produzca este efecto....Los materiales usados han sido.. (1.-Adhesivo de contacto "polímeros sintéticos", 2.-Silicona blanca, 3.-Adhesivo "acetato polivinilo..etc", 4.-Soudseal 240 fc Würth y5.-Soudseal MS clear "siliconas térmicas",6.- Masilla epox 2 compo....)



Muestras para test reutilizando CD :)



Ampliación de cada muestra para ver efectos del vacío.

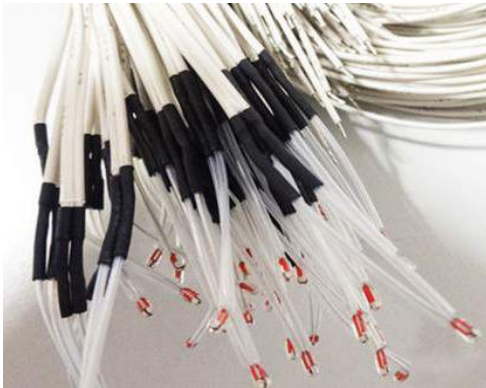
Mi reto actualmente ademas de experimentar con mas materiales, seria conseguir condiciones mas controladas y mayor precisión en las medidas. Para ello he adquirido recientemente una pistola pirometrica para medir en capa y en llama a distintos componentes químicos, sensores mejorados tipo LM393 para Arduino y Termistores NTC 100K...etc, etc....



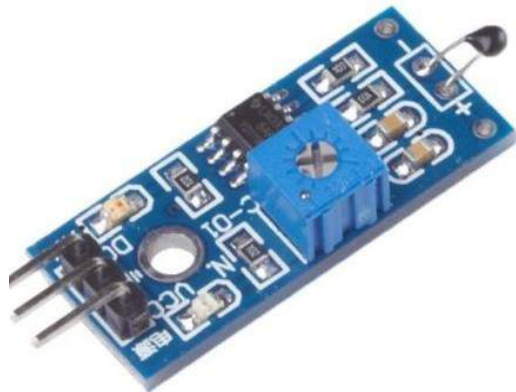
Célula Peltier con refrigeración.



Pistola pirometrica.

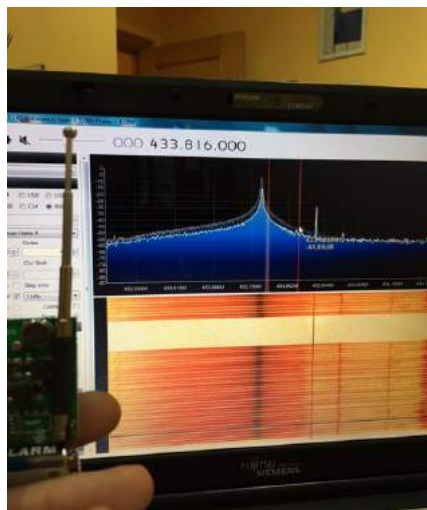


Sensores NTC.



LM393 para Arduino.

Para la pruebas de frio (ya he echo algunas sobre las baterías de Litio) también he adquirido célula Peltier con refrigerador a ver que temperatura es capaz de alcanzar, y estoy esperando poder adquirir hielo seco o Nitrógeno liquido para hacer algo parecido al “overclocking” y probar las condiciones de frio extremos que vamos ha encontrar en este tipo de órbitas.....



Test en frio sobre TX de 433 Mhz en -25°C (con batt Ni/Ca)

Un cordial saludo a todos los compañeros..

Manuel Jose Vidal Sos
EA7JWV