

# **ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS POLICROMÍAS CON TEMPLE DE HUEVO SOBRE TABLA, EN TRATAMIENTOS DE DESINSECTACIÓN CON MICROONDAS**

TESIS DE MASTER

AMPARO LLORET BARBERÀ  
DIRECTORA: Dra. EVA PÉREZ MARÍN



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS  
POLICROMÍAS CON TEMPLE DE HUEVO SOBRE TABLA,  
EN TRATAMIENTOS DE DESINSECTACIÓN CON  
MICROONDAS**

TESIS DE MASTER PRESENTADA POR AMPARO LLORET BARBERÀ

DIRECTORA: Dra. EVA PÉREZ MARÍN

2009



## AGRADECIMIENTOS

*Quisiera agradecer en primer lugar a la Dra. Eva Pérez Marín por la confianza depositada en mí para la realización de esta investigación, por enseñarme y transmitirme todos sus conocimientos e inquietudes sobre la conservación y restauración de pintura sobre tabla y concretamente sobre la aplicación de las microondas, por su paciencia y su afecto.*

*Por supuesto gracias también a Marisa Martínez Bazán por dedicar su tiempo a enseñarme y motivarme dentro del extraordinario mundo de la colorimetría.*

*Al grupo de electromagnetismo de ITACA por prestarnos sus instalaciones para la realización de las pruebas, y en especial a Tatiana Zona por aclararme tantas incertidumbres en un tema tan inexplorado para mí.*

*A todos mis compañeros y amigos, con los que he compartido mis momentos más estresantes y alegres, gracias por estar siempre ahí.*

*Y como no, a mi familia, por ser mi apoyo diario y respaldarme en todas mis decisiones, pero por supuesto a ti Pere por tener tanta paciencia, saber escucharme y animarme durante todo este tiempo a terminar esta tesis.*

## RESUMEN

A la hora de seleccionar un tratamiento de desinsectación para obras de arte, es necesario considerar diversos aspectos como la toxicidad del mismo o la aplicabilidad en cuanto a su homogeneidad y por tanto a la eficacia del sistema.

Estudios anteriores han mostrado la efectividad del uso de la radiación con microondas como sistema físico de desinsectación de la madera, y en la actualidad, la investigación está dirigida a conocer en profundidad el comportamiento de los estratos pictóricos que componen las obras de arte.

En esta investigación se presentan los estudios realizados para evaluar el comportamiento de las policromías con temple de huevo en maderas irradiadas. Para ello se debe tener en cuenta el comportamiento tanto del aglutinante como de los pigmentos, ya que a priori algunos pueden resultar más reactivos que otros a la exposición con microondas.

Durante el tratamiento de las muestras tratadas, se han obtenido registros de la evolución de la temperatura en distintos puntos. Ésta se controló a través de unos sensores de fibra óptica UMI, ubicados tanto a nivel interno de la madera como en la superficie de la película pictórica.

Después de los análisis realizados, se ha comprobado que pese a la presencia de partículas metálicas en muchos de los pigmentos, las policromías no se comportan de manera negativa frente a la radiación, resultando la temperatura alcanzada en éstas mucho menor que en el soporte.

Gracias a los estudios colorimétricos realizados se ha podido constatar que la variación obtenida en general en todas las policromías es imperceptible, es decir, que los colores no han sido alterados visualmente y se encuentran rondando o por debajo del umbral de percepción del ojo humano.



# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	5
1.1 Características y aplicación de las microondas	6
1.2 La técnica del temple de huevo	6
<b>2. OBJETIVOS</b>	8
<b>3. METODOLOGÍA</b>	9
3.1 Preparación de las muestras de ensayo	9
3.2 Ciclos de envejecimiento acelerado	14
3.3 Mediciones colorimétricas iniciales	14
3.4 Ciclo climático	15
3.5 Irradiación con microondas	16
3.5.1 Descripción de la antena portátil	16
3.5.2 Desarrollo de la experimentación	16
3.6 Mediciones colorimétricas finales	18
<b>4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	20
4.1 Resultados de la radiación con microondas	20
4.2 Resultados de las mediciones colorimétricas	27
<b>5. CONCLUSIONES</b>	29
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	31
<b>ANEXO 1</b>	34
<b>ANEXO 2</b>	47

## 1. INTRODUCCIÓN

En la antigüedad, el soporte leñoso ha sido uno de los materiales más empleados en la realización de obras de arte. Al ser la madera un material orgánico sirve de alimento a diferentes organismos o microorganismos como bacterias, hongos e insectos, sometiéndola a una degradación de forma continuada. Dentro de éstos el mayor problema lo causan los insectos debido a su tamaño y el alcance al que pueden llegar las plagas.

El problema se encuentra en cómo erradicar estos insectos en obras de arte con formatos complejos como retablos o artesonados, donde no es sencillo acceder al tratamiento de todas las superficies y garantizar la efectividad de los tratamientos tradicionales. Es importantísimo que los tratamientos de desinsectación de obras de arte se encaminen hacia sistemas de baja toxicidad y fácil aplicación.

De aquí surge la necesidad de experimentar un tratamiento alternativo a las impregnaciones tóxicas que se han utilizado tradicionalmente y que son perjudiciales tanto para el restaurador como para la obra.

El empleo de la energía de las microondas como desinsectante comenzó a utilizarse en la industria alimentaria, como alternativa a los tratamientos con pesticidas. En la Universidad Politécnica de Valencia se han desarrollado en los últimos años diversas aplicaciones de las microondas como sistema de desinfección de diferentes materiales como cereales, jamón, y suelos agrícolas, entre otros.

El presente trabajo queda enmarcado dentro de una línea de investigación dirigida a desarrollar nuevos sistemas de desinsectación de obras de arte con soporte leñoso, especialmente para obras con cierta complejidad estructural en las cuales no es posible la aplicación de los sistemas tradicionales de desinsectación de la madera.

En los últimos años, se ha estudiado en colaboración del Grupo de Investigación de Electromagnetismo Aplicado de la UPV y Dry Parasite, un sistema novedoso de aplicación de la radiación con microondas como sistema físico de desinsectación de la madera. Inicialmente se comprobó la viabilidad del tratamiento, estudiando el comportamiento de la madera, y la resistencia de los insectos xilófagos (*Hylotrupes bajulus*) frente a la aplicación con microondas.

En relación a los distintos formatos y características técnicas que podemos encontrar en la pintura sobre tabla y retablos, las pruebas se realizaron tanto en maderas sin policromías como en con tablas con imprimación en una de sus caras.

Tras conocer la efectividad del tratamiento sobre maderas infectadas con *Hylotrupes bajulus*, y después de haber establecido unas condiciones de seguridad en el comportamiento de la madera<sup>1</sup>, la investigación se dirige ahora a determinar si es posible emplear la desinsectación con microondas en obras de arte con policromías.

En el siguiente trabajo se presenta la investigación sobre el estudio del comportamiento de las policromías con temple de huevo en maderas tratadas con microondas. Para ello se debe tener en cuenta el comportamiento tanto del aglutinante como de los pigmentos. Después realizar una selección de pigmentos según su composición, se deben estudiar de manera individualizada para conocer cuál es la reacción de cada uno de ellos a la exposición a las microondas, ya que algunos pueden resultar a priori más reactivos que otros.

---

<sup>1</sup> PÉREZ MARÍN, EVA. *Estudio técnico y conservativo del retablo barroco valenciano aplicado al desarrollo de nuevos métodos de desinsectación de la madera: radiación con microondas*. Directora: M<sup>a</sup> Victoria Vivancos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 2005.

## 1.1 CARACTERÍSTICAS Y APLICACIÓN DE LAS MICROONDAS

Las microondas son radiaciones de longitud pequeña (de 0,1 mm. a 1 m.) y frecuencia elevada (comprendida entre cerca de 300 MHz y 300GHz).

En el espectro electromagnético se sitúan entre la radiación infrarroja, de menor longitud de onda y mayor frecuencia, y las ondas de radio y televisión, de mayor longitud de onda y menor frecuencia.

La teoría inicial de esta investigación para su empleo como tratamiento de desinsectación es que la radiación con microondas produce el calentamiento de las partículas polares, como el agua, retenidas tanto en la madera como en los insectos.

Al irradiar un objeto con moléculas polares, las microondas ceden a éstas su energía, haciéndolas vibrar, y produciendo un aumento de la temperatura. De esta manera, al incidir sobre los insectos, cuyo cuerpo presenta un alto contenido en humedad, las microondas provocan su calentamiento hasta causarles la muerte.

Por otra parte, la afinidad de las microondas con el agua provoca un efecto de calentamiento selectivo de los cuerpos con mayor contenido de agua. Debido al diferente contenido de humedad entre el insecto (cercano al 50%) y la madera (entre el 10 y el 12 %, en condiciones normales), las microondas producen un calentamiento desigual de ambos objetos, siendo mayor y más rápido en los insectos y afectando en menor medida a la madera tratada.

## 1.2 LA TÉCNICA DEL TEMPLE DE HUEVO

Para la siguiente investigación se ha escogido la técnica del temple de huevo porque de las técnicas empleadas en la antigüedad, ésta es la más primitiva en pintura sobre tabla. Hay que tener en cuenta que ésta no será la única técnica sobre la que se va a estudiar este tratamiento pero sirve de iniciación a la investigación con maderas policromadas.

La palabra "temple" se usaba en los antiguos escritos latinos e italianos para indicar cualquier medio líquido con el que pudieran combinarse pigmentos para hacer pintura, obteniéndose un producto diferente de los colores para fresco. Más tarde la palabra "temple" se aplicó a las pinturas hechas con yema de huevo.

La pintura al temple, como he comentado anteriormente, es la técnica pictórica más antigua que se conoce, las pinturas murales del antiguo Egipto y de Babilonia, y las del periodo micénico en Grecia, fueron realizadas al temple con un aglutinante de yema de huevo, al que en algunos casos se añadía un poco de vinagre. Posteriormente el empleo del temple se extendió por Europa y alcanzó su culminación en Italia.

La técnica consiste en disolver el pigmento en agua y templarlo o aglutinarlo con yema de huevo.

De todos los periodos del arte Europeo nos han llegado numerosas instrucciones para el uso del temple de huevo. La técnica tradicional de yema pura se desarrolla, según Ralph Mayer del modo siguiente:

*"Primero se separa la yema de la clara, algunos pintores ponen mucho empeño en no dejar nada de clara, otros son menos escrupulosos, pero el material tradicional es la yema pura, sin clara.*

*Las yemas de los huevos de gallina contienen una solución en agua de una sustancia gomosa, la albúmina, un aceite no secante llamado aceite de huevo, y lecitina, un lipóide o sustancia grasa que es uno de los emulsificadores o estabilizadores más eficaces de la naturaleza. La clara se compone de agua y albúmina pura, pero la*



*yema contiene ya la suficiente albúmina para que la emulsión quede bien equilibrada, aunque un exceso no perjudica a la película seca, pero aumenta la velocidad de secado y causa dificultades en el manejo de la pintura.*

*Después de haber separado bien la yema de la clara, con cuidado de no romper la membrana se coge con los dedos índice y pulgar y se suspende sobre un tarro, pinchando posteriormente la parte inferior de la membrana para que fluya la yema hacia el tarro que tiene debajo. Algunos pintores se limitan a romper el huevo sobre un colador y cuando se ha escurrido la clara pinchan la yema y la echan sobre un recipiente. En este caso, lo mejor es volver a colar la yema con una gasa, pero aún así no se obtendrá una yema tan pura.*

*Por otra parte los pigmentos se muelen con agua destilada con la moleta hasta quedar una pasta (la misma consistencia que los colores en tubo). Los pintores solían guardarlos en tarros con tapón de rosca porque así se conservan indefinidamente y siempre los tenían preparados. A la hora de pintar, éstos se mezclan a volúmenes iguales con la yema de huevo.”<sup>2</sup>*

Las pinturas al temple forman una película fuerte y duradera, pero cuando se secan, la cantidad de aglutinante, en relación con la cantidad de pigmento, es menor que en las pinturas al óleo. Esto se debe a que una gran parte del volumen es agua, y cuando la pintura seca queda relativamente poca materia sólida para aglutinar las partículas del pigmento, mientras que la pintura al óleo no pierde nada por evaporación y normalmente tiene una cantidad excesiva de aceite, por encima de la cantidad necesaria para aglutinar la pintura. En el temple, las partículas de pigmento están rodeadas por el aglutinante, pero existe muy poco exceso de medio.

Este tipo de pintura seca de forma muy rápida, por eso requiere de una técnica rápida, un truco era utilizar la yuxtaposición de pinceladas para dar sensación de relieve o, también, recurrir a las veladuras.

La pintura al temple se caracteriza por tener un acabado mate o semimate, donde no existen los empastes y la textura es bastante uniforme<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> MAYER, Ralph. *Materiales y técnicas del arte*. 2ª edición. Madrid: Tursen/Herman Blume, 1993. Pág. 286-289.

<sup>3</sup> La evaporación del agua contenida provoca que no exista textura en este tipo de técnica, frente a las superficies empastadas que se puede conseguir con un óleo.

## 2. OBJETIVOS

El principal objetivo de la siguiente investigación es conocer cuál es el comportamiento físico-químico de las policromías con temple de huevo sobre tablas tratadas con microondas para valorar y determinar si se trata de materiales reactivos a las radiaciones o no.

De forma individualizada, se estudiará el comportamiento de los pigmentos que tradicionalmente se han venido utilizando en la pintura sobre tabla, para evaluar posibles alteraciones en sus propiedades cromáticas después de la radiación con microondas, esta alteración también podrá estar influenciada por un cambio de cromatismo del aglutinante. A su vez también se determinará si existe un comportamiento diferente entre los diferentes pigmentos en base a su composición y si alguno de ellos resulta reactivo al tratamiento.

La finalidad de la investigación es determinar si la aplicación de microondas en procesos de desinsectación sobre maderas policromadas con esta técnica pictórica se trata de un tratamiento viable y efectivo, a la vez que respetuoso con las obras de arte.

Por último, se establecerán unos tiempos de tratamiento seguros para obras artísticas con estas características.

Para ello se han realizado una serie de muestras de ensayo, en las que se han valorado tanto la aptitud del tratamiento con este tipo de policromías como sus posibles cambios cromáticos. Todas estas pruebas se han realizado antes y después del tratamiento para comparar los resultados obtenidos y comprobar la viabilidad del tratamiento.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología seguida emprende en la preparación de las muestras de ensayo, sometiéndolas posteriormente en ciclos de envejecimiento acelerado para semejarlas lo máximo posible a las características de obras envejecidas por el paso del tiempo.

Antes de someterlas a los tratamientos de radiación con microondas, se han realizado una serie de mediciones colorimétricas de las policromías que posteriormente serán comparadas con las de después del tratamiento para observar si han sufrido algún tipo de cambios.

Previamente a la radiación, las muestras ensayadas se han aclimatado en una cámara con el fin de controlar la temperatura y humedad que éstas presentan durante el tratamiento. Seguidamente se han irradiado con las microondas.

Durante el proceso de estudio también se han extraído muestras de las diferentes policromías, antes y después del tratamiento, en previsión de ampliar la investigación para conocer el comportamiento del aglutinante en cuanto a su poder adhesivo en análisis con FT-IR.

#### 3.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

La primera fase consiste en la preparación de las muestras que nos sirven para el estudio del comportamiento de los estratos pictóricos. Éstas han sido elaboradas de forma muy cuidadosa; para ello se han utilizado materiales lo más semejantes posible a los que empleaban nuestros maestros de pintura sobre tabla en la antigüedad, así como su forma de trabajo.

Para ello se consultaron escritos relativos a las técnicas tradicionales como *El tratado de la pintura* de Cennino Cennini<sup>4</sup> o *Materiales y técnica del arte* de Ralph Mayer<sup>5</sup>, los cuales nos permiten saber hoy en día la manera de trabajar los artistas siglos atrás. En definitiva la intención que se ha tenido en la elaboración de las probetas ha sido semejarlas al máximo a la técnica realizada tradicionalmente, con la finalidad de que tengan la mayor similitud posible en los casos reales.

Para la preparación de las probetas, en primer lugar se seleccionó el soporte leñoso, madera de conífera (*Pinus sylvestris*) por ser la más utilizada en la pintura tradicional valenciana en la pintura sobre tabla. Cada probeta se cortó en unas dimensiones de 8 x 8 x 1cm haciendo un total de 25 muestras, a las cuales se les aplicaron varias capas de preparación tradicional a base de cola de conejo y sulfato cálcico con un grosor aproximado de 2mm.

Como hemos comentado anteriormente la técnica pictórica que se ha utilizado para estudiar su comportamiento ha sido el temple de huevo. De manera que cada pigmento, como nos explica Cennini en su tratado, fue mezclado con yema de huevo pura y trabajado en un mortero al modo tradicional hasta obtener una mezcla totalmente homogénea.

A continuación se seleccionaron los pigmentos más utilizados en obras de entre los siglos XIV-XVII para poder conocer el comportamiento de cada uno de ellos, al tratamiento con microondas, en base a su composición.

<sup>4</sup> CENNINI, Cennino. *Tratado de la pintura*. 4ª edición. Barcelona: Sucesor de E. Meseguer, 1979.

<sup>5</sup> MAYER, Ralph. *Materiales y técnicas del arte*. Op.cit.

Los pigmentos seleccionados fueron:

PIGMENTO	COMPOSICIÓN	FÓRMULA QUÍMICA
Tierra siena natural	Compuestos de hierro (goetita +arcilla)	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
Ocre de mina ingles rojo	Compuestos de hierro (hematites)	$\text{Fe}_2 \text{O}_3$
Sombra natural	Compuestos de hierro (arcilla hidratada + óxidos de Fe y Mn)	$\text{Fe}_2 \text{O}_3 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{arcilla}$
Sombra natural vercosa oscura	Compuestos de hierro (arcilla hidratada + óxidos de Fe y Mn)	$\text{Fe}_2 \text{O}_3 + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{arcilla}$
Blanco de plomo	Compuestos de plomo (hidróxicarbonato de plomo)	$\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
Amarillo de Nápoles	Compuestos de plomo (antimoniato de plomo)	$\text{Pb}_3(\text{SbO}_4)_2$
Minio rojo	Compuestos de plomo (tetraóxido de plomo)	$\text{Pb}_3\text{O}_4$
Cinabrio bermellón	Compuestos de mercurio (sulfuro de mercurio)	$\text{HgS}$
Carmín (rojo cochinilla)	Lacas Extracto del insecto <i>Coccus cacti</i>	Ácido Carmínico ( $\text{C}_{22} \text{H}_{20} \text{O}_{18}$ )
Laca de granza alizarina	Lacas Extracto de la raíz <i>Rubia tinctorium</i>	alizarina( $\text{C}_{14} \text{H}_8 \text{H}_5$ )+ purpurina
Malaquita Natural	Compuestos de cobre (hidroxicarbonato de cobre)	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
Verde de cobalto	Compuestos de cobalto (óxido de cobalto y cinc)	$\text{CoO} \cdot n\text{ZnO}$
Azul de Cobalto	Compuestos de cobalto (óxido de aluminio y cobalto)	$\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
Azul ultramar	Piedra lapislázuli (lazurita + calcita y otras impurezas)	$3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}$
Negro marfil	Huesos animales calcinados (Carbono impuro)	Carbono + $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Blanco de cinc	Óxido de cinc	$\text{ZnO}$
Blanco de titanio	Óxido de titanio	$\text{TiO}_2$
Carbonato cálcico	Carbonato de calcio natural	$\text{CaCO}_3$
Sulfato cálcico	Sulfato de calcio natural	$\text{CaSO}_4$

A continuación se hace una breve descripción de los pigmentos para familiarizarnos más con ellos y sus características, según lo describen nuestros antiguos maestros.

Empezando por los *óxidos de hierro naturales* decir que aparecen en la naturaleza de muy variadas maneras y se elaboran igualmente según diferentes métodos. Los pigmentos térreos varían de tonalidad según su composición, desde el amarillo hasta el negro pasando por el pardo y las tonalidades rojizas.

En cuanto a los pigmentos a base de plomo, el *Blanco de plomo*, *albayalde*, o *cerusa* es un carbonato básico de plomo, y uno de los colores básicos de la pintura antigua y especialmente sobre tabla, pues por su calidad se solía aplicar solo o mezclado con otros para aclararlos. Se extraía de la costra originada a partir de exponer a los vapores del vinagre planchas de plomo. Está considerado altamente tóxico.

En la gama de los amarillos también encontramos un pigmento a base de plomo como es el *Amarillo de Nápoles*. Se trata de un pigmento altamente tóxico y escaso, quizá por eso este color mantiene muchas ambigüedades en cuanto a su época de utilización ya que aparece y reaparece a lo largo de los siglos.

En cuanto *minio* o *rojo de plomo* se ha utilizado sobre todo para preparaciones o tonos base aunque también como color naranja. Se obtiene a partir de la cocción de minerales de plomo, dando origen a un óxido salino de plomo de color rojo anaranjado.

El *Rojo Bermellón*, *cinabrio* ha sido el más popular y aceptado de los rojos al ser de un color rojo intenso, opaco, y de gran solidez. Su origen procede de las minas de cinabrio o azogue y su color deriva del cinabrio molido muy finamente. Debido a su carácter altamente inestable a la luz, se solía proteger con una capa final de laca rubia tintórea o barniz. Ya a partir del s. VIII se puso a obtener de forma artificial.

El *Carmín* antiguo o también denominado *laca roja* se extraía de un colorante natural de origen animal. De los crustáceos hembras o cochinillas (*Coccus cacti*) que en ella se crían, y se recolectan y secan, se extrae el colorante. Si este ácido carmínico soluble se precipita con hidrato alcalino de arcilla, se obtiene el carmín nacarado, el cual constituye la más bella y fuertemente cromática clase de carmín.

En cuanto a la *laca de granza alizarina* que surge de las raíces de la rubia tintórea (*Rubia tinctorium*), de donde extraían mezclas de materias colorantes mediante el tratamiento con vapor de agua y con ácidos diluidos. Principalmente se puede encontrar como veladuras por sus tonalidades cromáticas brillantes y translúcidas. Ésta nos ofrece tonalidades que van desde el rosa claro hasta el oscuro rojo-violeta.

El *verde malaquita* o *verde montaña*, tiene origen mineral, estando estrechamente ligado a la azurita. Se trata de un verde muy pálido y débil de tono que se extraía de la piedra malaquita. Se caracteriza por ser un pigmento muy granuloso y por ello no era utilizado para veladuras sino para zonas con poca relevancia.

En cuanto a los pigmentos a base de cobalto, decir que aunque se trate de pigmentos más cercanos a nuestra época (s.XIX) se han escogido por ser muy utilizados desde su hallazgo por numerosos pintores. Entre ellos señalaremos el *verde de cobalto*, que se prepara como pigmento poniendo a incandescencia óxido de cinc con sulfato de cobalto, y el *azul de cobalto*, extraído de la combinación de óxido de aluminio y cobalto. Ambos se emplean en pintura desde mediados del s.XIX. La solidez a la luz y la estabilidad de estos pigmentos es muy buena, así como la capacidad de mezcla con otros pigmentos. Estas magníficas propiedades técnico-pictóricas y sus tonalidades frescas les han abierto las puertas pese a su elevado precio.

Quizá el pigmento más importante y bello es el *azul ultramar* o *azul de Alejandría*, el cual se extrae del lapislázuli. Antiguamente se importaba de Oriente Medio con una elaboración cara y costosa. Se obtiene mediante un difícil proceso que incluye el amasado de la piedra lapislázuli con resina y cera. Es un color muy versátil pues dentro del mismo tono se puede encontrar más claro o más oscuro, esta variación depende de su composición, proceso de elaboración y tamaño del grano después de su molido. Tiene un color y una calidad incomparables, además de su extremada belleza se caracteriza por su alto valor, por ello se reservaba para pintar el manto de la virgen y otros ropajes o complementos de alto rango iconográfico. Normalmente en los contratos de las obras se indicaba, al igual que el oro, la cantidad de ultramar que se iba a utilizar.

El negro siempre ha sido un color de fácil acceso ya que en el mercado existía una buena variedad del mismo. El *negro Marfil* ha sido uno de los más utilizados, el cual se extraía de la destilación seca de huesos desengrasados.

Aunque se trata de pigmentos modernos, como se ha comentado anteriormente en el cobalto, se han incluido en el estudio el blanco de cinc y el blanco de titanio, por su amplio uso en la pintura actual y en los materiales añadidos en procesos de restauración.

El *Blanco de cinc* adquiere un lugar especial por cuanto que es fluorescente, es decir, transforma los rayos ultravioleta invisibles en rayos luminosos visibles. Esta característica, además de que facilita su reconocimiento rápidamente bajo la lámpara de ultravioleta, le presta una notable intensidad lumínica bajo la luz solar que lo diferencia de los demás blancos.

En cambio el *Blanco de titanio*, es quizá el pigmento blanco más utilizado por los pintores por su brillante blancura, opacidad y protección.

El diseño o distribución de las muestras de ensayo fue el siguiente:

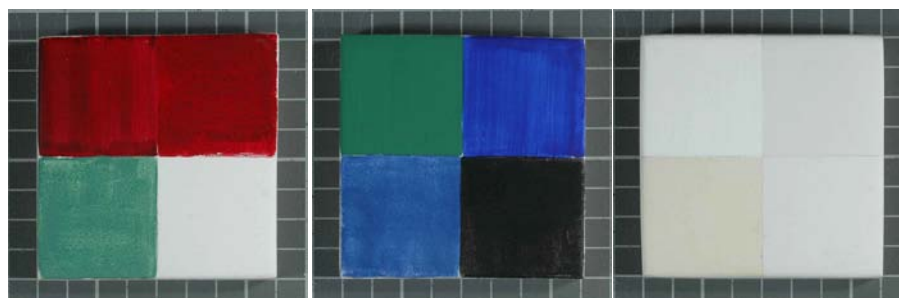
Cada muestra se dividió en cuatro partes iguales de 4x4 cm, en las cuales irán situados cuatro colores diferentes, todos ellos están agrupados en cuanto a la composición del pigmento.

De cada una de ellas se han realizado cuatro copias, una de ellas no será irradiada con microondas, es decir que se dejará como muestra inicial. Las otras tres serán irradiadas y a partir de los resultados se realizará la mediana con el fin de *obtener un margen de error válido*.



Muestra nº 1

Muestra nº2



Muestra nº 3

Muestra nº4

Muestra nº 5

A pesar de dejar una muestra patrón sin irradiar, también se ha realizado un seguimiento fotográfico de todas las muestras que sirva como referencia de su estado inicial y de sus posibles cambios visuales.

En total se han realizado 5 muestra de ensayo distribuidas del siguiente modo:

Nº de Muestra		Aglutinante	Pigmento	Composición pigmento
1	1.1	Temple (yema de huevo)	Tierra siena natural	Compuestos de hierro
	1.2	Temple (yema de huevo)	Ocre de mina inglés rojo	Compuestos de hierro
	1.3	Temple (yema de huevo)	Sombra natural	Compuestos de hierro
	1.4	Temple (yema de huevo)	Sombra natural verdosa oscura	Compuestos de hierro
2	2.1	Temple (yema de huevo)	Blanco de plomo	Compuestos de plomo
	2.2	Temple (yema de huevo)	Amarillo de Nápoles	Compuestos de plomo
	2.3	Temple (yema de huevo)	Minio rojo	Compuestos de plomo
	2.4	Temple (yema de huevo)	Cinabrio Bermellón	Compuestos de mercurio
3	3.1	Temple (yema de huevo)	Carmín nacarado (rojo cochinilla)	Lacas
	3.2	Temple (yema de huevo)	Laca de granza alizarina oscura	Lacas
	3.3	Temple (yema de huevo)	Malaquita natural	Compuestos de cobre
	3.4	Temple (yema de huevo)	Sulfato cálcico	Sulfato de calcio natural
4	4.1	Temple (yema de huevo)	Verde de cobalto	Compuestos de cobalto
	4.2	Temple (yema de huevo)	Azul de cobalto	Compuestos de cobalto
	4.1	Temple (yema de huevo)	Azul ultramar	Piedra lapislázuli
	4.2	Temple (yema de huevo)	Negro marfil	Carbono impuro
5	5.1	Temple (yema de huevo)	Blanco de titanio	Óxido de Titanio
	5.2	Temple (yema de huevo)	Blanco de zinc	Óxido de zinc
	5.3	Temple (yema de huevo)	Carbonato cálcico	Carbonato de calcio natural
	5.4	Temple (yema de huevo)	Sulfato cálcico	Sulfato de calcio natural

### 3.2 CICLOS DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

Una vez realizadas las muestras se sometieron a ciclos de envejecimiento acelerado mediante estrés climático y exposición a luz UV, con la intención de simular las características de una obra envejecida por el paso del tiempo. Estos ciclos ayudarán a que las muestras de ensayo no estén tan tiernas y hayan secado lo suficiente para unos resultados lo más semejantes posibles a la realidad, ya que, la cantidad de agua que contiene una muestra recién realizada es bastante más elevada porque ésta aún no ha evaporado totalmente, y, como hemos explicado anteriormente las microondas actúan en las moléculas polares que contienen los objetos.

Para ello, en primer lugar se expusieron a cambios de temperatura y humedad con ciclos variables cada 24 horas de 10°C-95% de HR, a 40°C-15% de HR, durante unas 672 horas (4 semanas).

Posteriormente se expusieron a radiación ultravioleta de forma continua a 7,4 mW/cm<sup>2</sup>, durante unas 504 horas (3 semanas).

Al envejecer las probetas, varía su contenido de humedad y por tanto la cantidad de moléculas polares en su interior es menor, de modo que se asemeja más a una obra envejecida por el paso del tiempo.

### 3.3 MEDICIONES COLORIMÉTRICAS INICIALES

Antes de empezar el tratamiento con microondas se han realizado las mediciones colorimétricas iniciales con el fin de obtener unos datos que serán comparados con los que se realizarán después del tratamiento para comprobar si existe algún cambio cromático o no en las policromías.

La colorimetría aplicada al campo de la Conservación y Restauración se incluye dentro de los métodos no destructivos, ya que no requiere de la extracción de muestras, sino que se limita a captar las radiaciones reflejadas por los colores que componen la obra.

#### - INSTRUMENTACIÓN Y TÉCNICA UTILIZADA

La instrumentación utilizada para el análisis colorimétrico fue un espectrofotómetro Minolta CM-2600d, enlazado a un PC. El espectrofotómetro es un aparato diseñado para medir los factores de reflectancia ( $R\lambda$ ) o (Transmitancia  $T\lambda$ ) espectral de un objeto. Las medidas se realizaron con un componente especular excluido e incluido (SCE y SCI) usando iluminante CIE D65 (6500°K) y observador estandar 10° (KONICA MINOLTA SENSING, Inc.)

La sistemática de medida utilizada es la conocida como barrido cromático, consistente en la medición de unos puntos-clave de la obra convenientemente seleccionados.

Dentro del barrido cromático empleamos la espectrofotometría por reflexión, que además de las coordenadas cromáticas, permite obtener el espectro de cada uno de los puntos-clave que componen el barrido. La importancia de obtener dicho espectro radica en el hecho de que un cambio cromático especificado sólo por la variación de las coordenadas no nos permite saber que ha ocurrido en ese color, mientras que el espectro nos indica los cambios de cada uno de los componentes cuya suma forma el color en cuestión.

El barrido colorimétrico se realizó por contacto. Esta forma de trabajo se aplica porque es factible tocar la obra, ya que la superficie a medir no es rugosa y no impide un contacto perfecto del instrumento con los errores que eso conllevaría.



La ventaja del contacto es su fácil manejo, ya que al llevar la luz incorporada, podemos trabajar en ambientes iluminados, careciendo además de los problemas de posición que conlleva la técnica a distancia, donde, repetir las mismas condiciones de medida a veces es muy complicado.

El área de medida del colorímetro elegido para la medición de los puntos-muestra es de 5mm de diámetro.

Los pasos seguidos para las mediciones colorimétricas de las probetas son los siguientes:

#### 1. Selección de los puntos-muestra

Para las mediciones se han seleccionado dos puntos-muestra de cada color, uno más cerca del centro de las probetas y otro más alejado del centro de la probeta (véase imagen 7 pag.17). Esta selección se ha realizado de este modo porque en el tratamiento las microondas serán aplicadas en el centro de cada probeta y por tanto el calentamiento en este punto será mayor. Para asegurarnos y ser totalmente cautelosos en que no existe ningún riesgo de variación desde donde se emite hasta donde llega la onda.

En la selección de los puntos-muestra hay tener en cuenta que la superficie a medir, es decir el área de medida del colorímetro, debe ser cromáticamente homogénea.

Los puntos de medición iniciales y finales tienen que ser exactamente los mismos porque sino los resultados no serían válidos. Para ello se ha realizado una plantilla con papel acetato para cada una de las probetas donde se marcan los puntos muestra y unas líneas de referencia para en un futuro poder volver a ubicarlos en el mismo lugar con la máxima precisión.

Para facilitar esta exactitud también se realiza un vaciado en el acetato de los puntos de medida seleccionados, para poder efectuar la medida directamente sobre la obra y evitar así las variaciones de color que el acetato provoca.

#### 2. Medición.

La medición de cada uno de los puntos-muestra se ha repetido tres veces, con el objetivo de detectar posibles anomalías. A partir de ellas se realizará la media y desviación estándar para obtener un solo dato de las policromías que componen cada muestra.

#### 3. Elaboración de los datos obtenidos con las mediciones.

Una vez realizadas las mediciones se realiza el volcado de los datos obtenidos, tanto de las coordenadas cromáticas como de los espectros, en el ordenador. Y se organizan en Microsoft Office Excel donde se asignan los nombres de cada medida, se eliminan los valores nulos y se calcula la media y desviación estándar de cada uno de los puntos-muestra.

### 3.3 CICLO CLIMÁTICO

Antes de someter las muestras de ensayo a la radiación con microondas, es importante controlar la temperatura y humedad que tiene cada una de ellas para conseguir unos datos fiables del tratamiento, ya que el resultado puede variar según las condiciones ambientales. Para ello, todas las muestras de ensayo están aclimatadas a iguales condiciones, de manera que se puedan establecer comparativas en el mismo rango.

Como anteriormente hemos explicado las microondas ceden su energía a las moléculas polares como el agua, por tanto si la humedad que retiene la madera es mayor cederán más energía y por tanto la temperatura que alcance la madera puede incrementar, por supuesto esto sería en casos en que la diferencia de humedad relativa fuera bastante elevada.

Con el fin de mantener estable la humedad interna de las muestras de ensayo durante toda la fase de experimentación, éstas se han estabilizado en una cámara climática en unas condiciones de 70% de humedad relativa (+/- 2%) y 25° de temperatura (+/- 0,5°), durante unas 336 horas (2 semanas).

### 3.4 RADIACIÓN CON MICROONDAS

#### 3.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA ANTENA PORTÁTIL

Actualmente las investigaciones de tratamiento de maderas con microondas están dirigidas, por un lado, al procesado industrial de la madera, y por otro, al control de plagas xilófagas, tema poco estudiado hasta el momento. Para estas investigaciones se han estudiado dos tipos de generadores: sistemas tipo horno<sup>6</sup> y antenas exentas.

Para este tipo de tratamiento se ha trabajado con una antena exenta porque tiene la ventaja de que nos permiten trabajar por una de las caras de la madera a tratar, teniendo controlada en todo momento la temperatura que alcanza cada una de sus partes, ya que la intensidad de la onda disminuye conforme va penetrando en la madera.

En la experimentación se ha empleado un prototipo portátil que consta de una antena de polarización circular<sup>7</sup>, alimentada por dos magnetrones cada uno de ellos de 900W de potencia. El equipo puede funcionar con uno o dos magnetrones, y se puede regular la potencia entregada a la antena, además es totalmente controlable electrónicamente por lo que se programa desde fuera de la cámara anecoica donde se llevan a cabo la experimentación. Para la experimentación se ha alimentado la antena con toda la potencia generada por el primer magnetrón.

Con el fin de reducir la exposición a las microondas, todas las pruebas han sido realizadas en el interior de una cámara anecoica<sup>8</sup>.

#### 3.4.2 DESARROLLO DE LA EXPERIMENTACIÓN

Como anteriormente se ha explicado cada muestra de ensayo está repetida cuatro veces, una de ellas sin someterla a tratamiento, para tener una referencia siempre de una muestra patrón, y las otras tres han sido irradiadas con microondas, con las mismas condiciones y tiempos de aplicación.

En los estudios realizados en investigaciones anteriores<sup>9</sup> mediante el sistema Dry- Parasite con antena exenta, se han estimado las temperaturas a las que los insectos xilófagos (*Hylotrupes bajulus*) fallecen dentro de la madera, la cual es efectiva partir de los 53°C.

Por lo tanto las muestras de ensayo, en las que se ha realizado la presente investigación, deben aumentar internamente, durante la radiación, hasta alcanzar una temperatura de 55°C para la efectividad del tratamiento de desinsectación.

---

<sup>6</sup> Sistema Misya, desarrollado por Itel Comunicazioni srl. Este método condiciona el tamaño de las obras a tratar, no permite tratamientos in situ, propagando las microondas indistintamente desde todas las partes de la obra, sin hacer distinción entre soporte, preparación o película pictórica.

<sup>7</sup> La antena de polarización circular permite que la radiación sea homogénea al campo tratado, mejorando la eficacia del tratamiento.

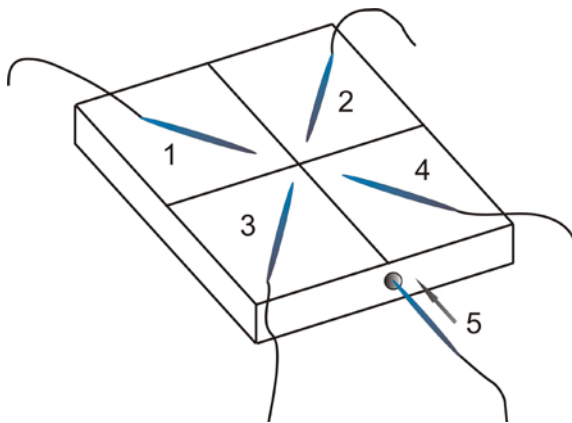
<sup>8</sup> Una cámara anecoica es una sala especialmente diseñada para absorber las radiaciones que inciden sobre las paredes, el suelo y el techo de la misma. Para la antena utilizada no es necesario este tipo de cámaras, ya que ha sido testada y contrastada con métodos de prueba estándares para determinar la conformidad con los límites reguladores de los niveles de radiación de energía electromagnética permitidos para el hombre (en España, RD 1066, 2001).

<sup>9</sup> Véanse las tesis doctorales: PÉREZ MARÍN, E. *Estudio técnico y conservativo del retablo barroco valenciano aplicado al desarrollo de nuevos métodos de desinsectación de la madera: radiación con microondas*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, 2005. ZONA ORTIZ, Angela Tatiana. *Aplicaciones de la tecnología de microondas a la desinsectación en los sectores: cárnico y de restauración de bienes culturales*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. 2007

Durante el tratamiento con las muestras de ensayo se obtuvieron registros de la evolución de la temperatura en distintos puntos de las muestras. Ésta se controló a través de unos sensores de fibra óptica UMI, ubicados tanto a nivel interno de la madera como en la superficie de la película pictórica.

Las radiaciones se realizaron separando la antena a 4 cm de la muestra mediante una estructura de teflón<sup>10</sup>. En todos los casos las radiaciones se aplicaron desde el reverso de la muestra, es decir, desde la parte contraria a las policromías ya que no se sabe cuál va a ser el comportamiento de éstas frente la radiación, es decir si se mostrarán reactivas o no.

Cada muestra ha sido irradiada de forma individual, de manera que estuviera centrada con respecto a la antena, y por tanto, a la radiación, de manera que el calentamiento fuese lo más uniforme posible para cada una de las cuatro superficies de color. Durante el proceso, como hemos dicho anteriormente, se ha medido tanto la temperatura interna de la madera como la de cada uno de los pigmentos o policromías que componen la muestra ensayada. Para ello se han utilizado cinco sondas o sensores de fibra óptica distribuidos de la siguiente forma:



- 1- En la superficie de la primera policromía.
- 2- En la superficie de la segunda policromía.
- 3- En la superficie de la tercera policromía.
- 4- En la superficie de la cuarta policromía.
- 5- En el interior central del soporte de la muestra.

Imagen 6: Situación de las sondas en la muestra.

Los resultados obtenidos en cada una de las muestras repetidas tres veces, se han comparado y se ha extraído la mediana<sup>11</sup> y desviación para obtener un solo dato del cual establecer unas conclusiones.

<sup>10</sup> El teflón es un material que, gracias a los átomos de flúor que posee, es capaz de soportar altísimas temperaturas, de hasta unos 300°C, por períodos prolongados y sin sufrir ninguna clase de daño. Además también posee una gran capacidad aislante y es resistente a gran parte de los ácidos y bases existentes. A pesar de ello, frente a las microondas no sufre ningún tipo de calentamiento por tratarse de un material inerte a estas radiaciones.

<sup>11</sup> Se ha realizado la mediana y no la media aritmética porque, aunque ambas son estadísticas de posición central, la principal diferencia radica en que la media es sensible a valores extremos, ya que toma en cuenta todos los valores para su cálculo. En cambio la mediana cuenta posiciones, así, si se obtienen valores atípicos o extremos al resto el resultado final no queda alterado, es decir, que la mediana es el valor variable que tiene la misma cantidad de valores menores que éste y de valores mayores que éste.

## - SELECCIÓN DEL TIEMPO DE RADIACIÓN

Anteriormente a la radiación con microondas, se ha seleccionado el tiempo necesario para la efectividad del tratamiento contra insectos xilófagos (*Hylotrupes bajulus*).

Como se ha explicado anteriormente la temperatura interna que debe alcanzar la madera es de 55°C para una buena garantía del tratamiento. El tiempo de radiación siempre dependerá de las características de la madera, sobretodo en cuanto a grosor y dimensiones<sup>12</sup>. Por ello, primero se realizaron unas pruebas, con muestras de las mismas características que las que se han utilizado para la investigación pero sin policromías, solo con preparación, con el fin de determinar el tiempo de tratamiento apropiado.

El resultado fue que el tiempo que tarda en alcanzar la madera interna los 55°C es de 23 segundos. Este tiempo es el que se debe de aplicar para la radiación, pero después de valorar los datos se decidió aumentar el tiempo para mayor seguridad en la efectividad del mismo, en el que se irradiarían las muestra de ensayo, a 25 segundos, con lo que la temperatura alcanzada debería resultar algo superior a los 55°C.

### 3.5 MEDICIONES COLORIMÉTRICAS FINALES

Tras irradiar las muestras se han vuelto a realizar las mismas mediciones colorimétricas que antes de la radiación, para comparar los resultados de antes y después, y así poder determinar si existen variaciones o no respecto al color.

Como anteriormente se ha explicado se han realizado mediciones en un punto interior y un punto exterior para observar si existe alguna diferencia entre la zona central, donde el calentamiento es mayor, y la zona exterior donde la temperatura alcanzada es menor<sup>13</sup>.

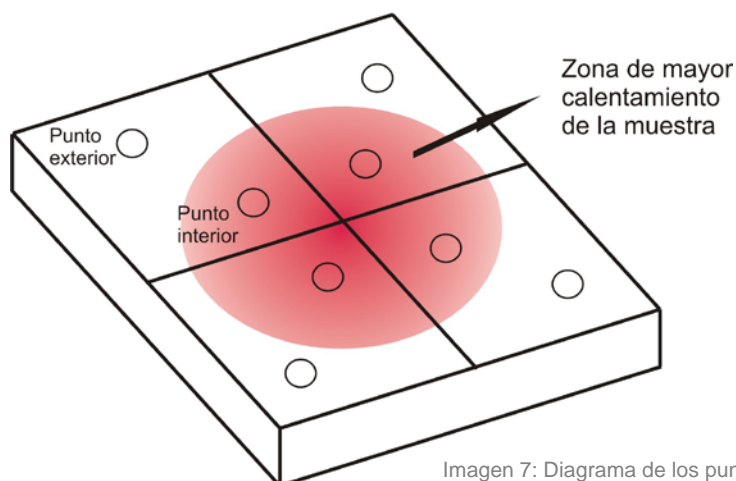
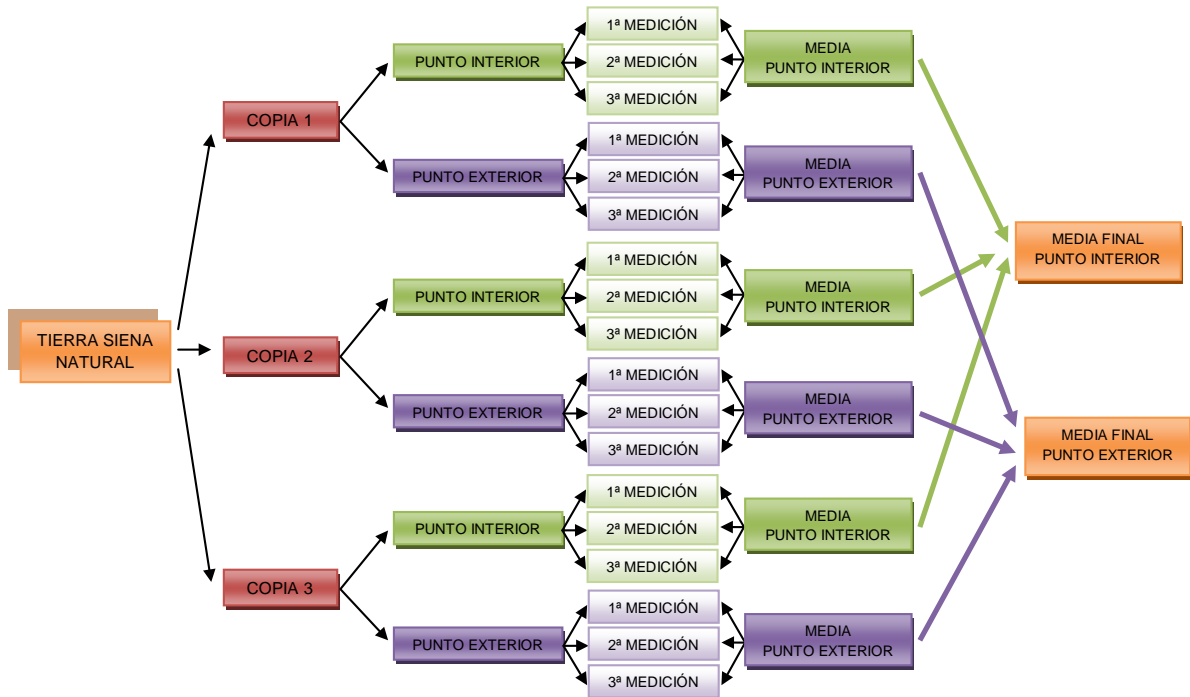


Imagen 7: Diagrama de los puntos-muestra.

<sup>12</sup> Las muestras de ensayo han sido realizadas con madera de conífera (*Pinus sylvestris*), con unas dimensiones de 8 x 8 x 1 cm, y una preparación de unos 2mm de grosor.

<sup>13</sup> Esta diferencia de temperatura se debe al empleo de una antena de polarización circular, que a pesar de que favorezca una radiación homogénea, tiene una pérdida de intensidad hacia los extremos del centro de la radiación, con un diámetro efectivo de unos 12 cm.

De los resultados obtenidos, tanto anteriores como posteriores a la radiación, se han derivado las medias con el objetivo de adquirir un solo dato que sea comparable; en primer lugar se han extraído de los tres datos obtenidos de cada punto medido y a partir de éstos, se ha vuelto a realizar la media de las tres muestras repetidas, hasta obtener un solo dato de cada uno de los puntos (croquis 1), tanto del interior como del exterior.



Croquis 1. Esquema en el que se reflejan los diferentes puntos medidos y el camino seguido hasta la obtención de un solo dato

## 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS DE LA RADIACION CON MICROONDAS

A continuación se muestran unas gráficas<sup>14</sup> con los resultados obtenidos durante la radiación, en las que se refleja el incremento de temperatura según las diferentes sondas situadas en las muestras.

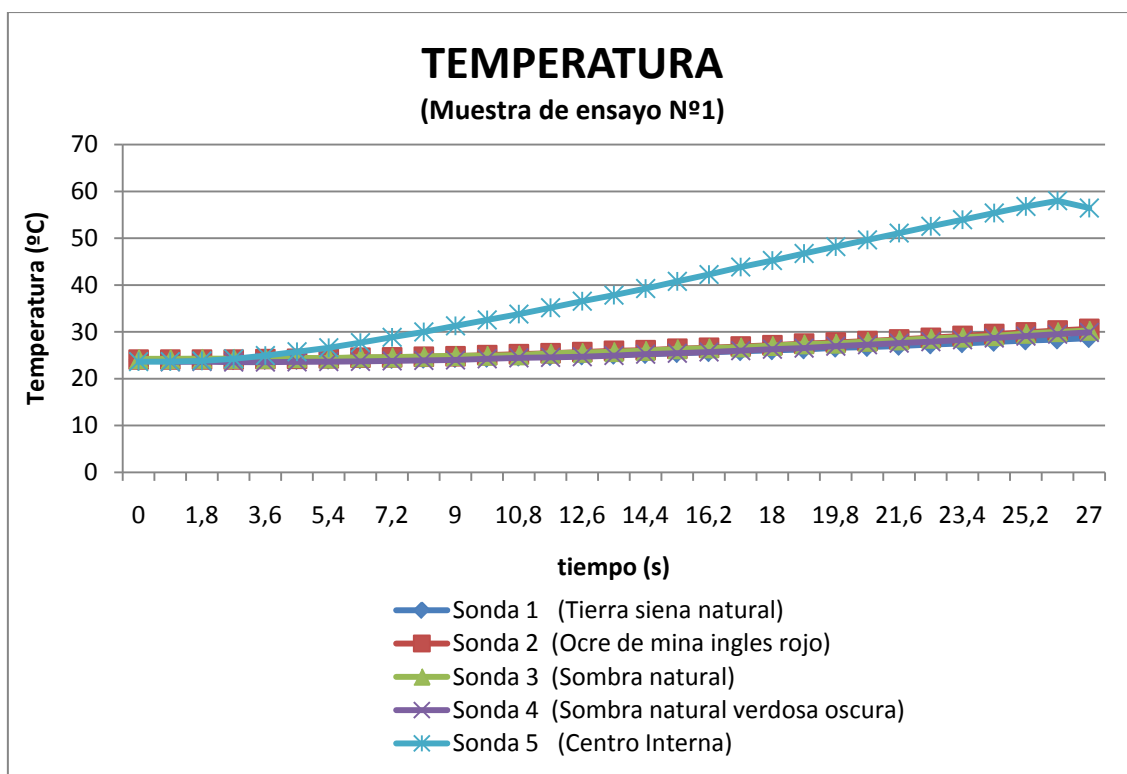


Gráfico 1. Incremento de temperatura media, de las muestras de ensayo nº 1, durante la irradiación con microondas.

La primera serie de probetas irradiadas con microondas corresponde a la muestra de ensayo 1, de la cual, como todas las demás, disponemos de tres copias. Estas muestras han sido policromadas con pigmentos a base de compuestos de hierro.

Los resultados obtenidos en la gráfica 1 corresponden a la media establecida de las tres copias de la muestra 1, ésta nos indica el comportamiento obtenido en cuanto a temperatura en un tiempo de irradiación de 25 segundos. La gráfica nos revela el incremento sufrido por las cuatro policromías que la componen de forma individualizada, así como el del interior central de la madera. En la siguiente tabla se muestra el incremento de temperatura obtenido:

Sonda	Temperatura inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Incremento de temperatura (°C)
1. Tierra siena natural	23,9	28,15	4,25
2. Ocre de mina ingles rojo	24,1	29,9	5,8
3. Sombra natural	24,25	29,65	5,4
4. Sombra natural verdosa	23,6	29,5	5,9
5. Zona interna central de la madera	23,65	56,8	33,15

Tabla 2. Media del incremento de temperatura de las muestras de ensayo nº 2

<sup>14</sup> Los resultados de los cuales se han realizado estas gráficas se encuentran en el anexo 1 (pág. 34)

Como se observa en la tabla, el incremento de temperatura que sufre la superficie de las policromías ronda entre 4,25 y 5'9°C. En cambio, la madera internamente aumenta una media de 33,15°C, superando los 55°C necesarios para la efectividad del tratamiento contra los insectos.

Este resultado es bastante satisfactorio, ya que la película pictórica aumenta su temperatura muy poco comparado con el soporte. Esto nos indica que el calentamiento se concentra en gran parte en la madera, resultado que nos interesa ya que los insectos se sitúan en ella, y las policromías al sufrir un mínimo incremento tienen menos probabilidades de obtener variaciones en sus propiedades.

En cuanto al calentamiento que producen las microondas en la madera, como se puede observar en las figuras 8 y 9, se extiende de forma homogénea, registrando la máxima temperatura en el centro de la radiación y extendiéndose de forma circular hacia los extremos donde la temperatura va disminuyendo.

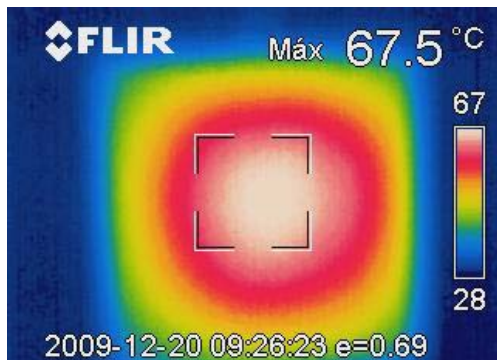


Figura 8: Termografía de la muestra de ensayo 1 después de la radiación, donde se observa el calentamiento que se produce desde el reverso de la muestra, es decir desde la cara irradiada.

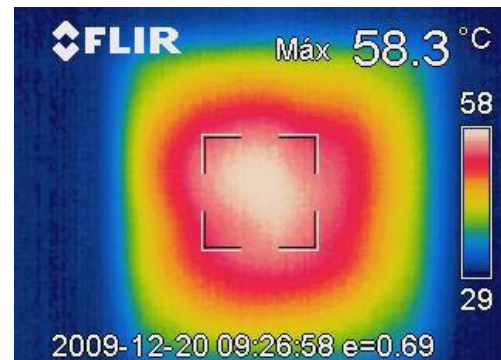


Figura 9: Termografía de la muestra de ensayo 1 después de la radiación, donde se observa el calentamiento que se produce en la superficie pictórica.

Aunque estas imágenes termográficas muestran una temperatura superior a la extraída en los resultados de las sondas, hay que tener en cuenta que esta captura de temperatura no se centra solamente en la superficie de las muestras ensayadas sino que están influenciadas por el entorno. Estas termografías no han sido realizadas con la finalidad de registrar la temperatura superficial, sino para estudiar, como anteriormente se ha explicado, el comportamiento uniforme o no de la temperatura y cómo ésta se proyecta en el material irradiado. En ellas también se podría determinar si algunos de los pigmentos se comporta de forma distinta al resto por la distribución de la temperatura, cosa que no ha sucedido.

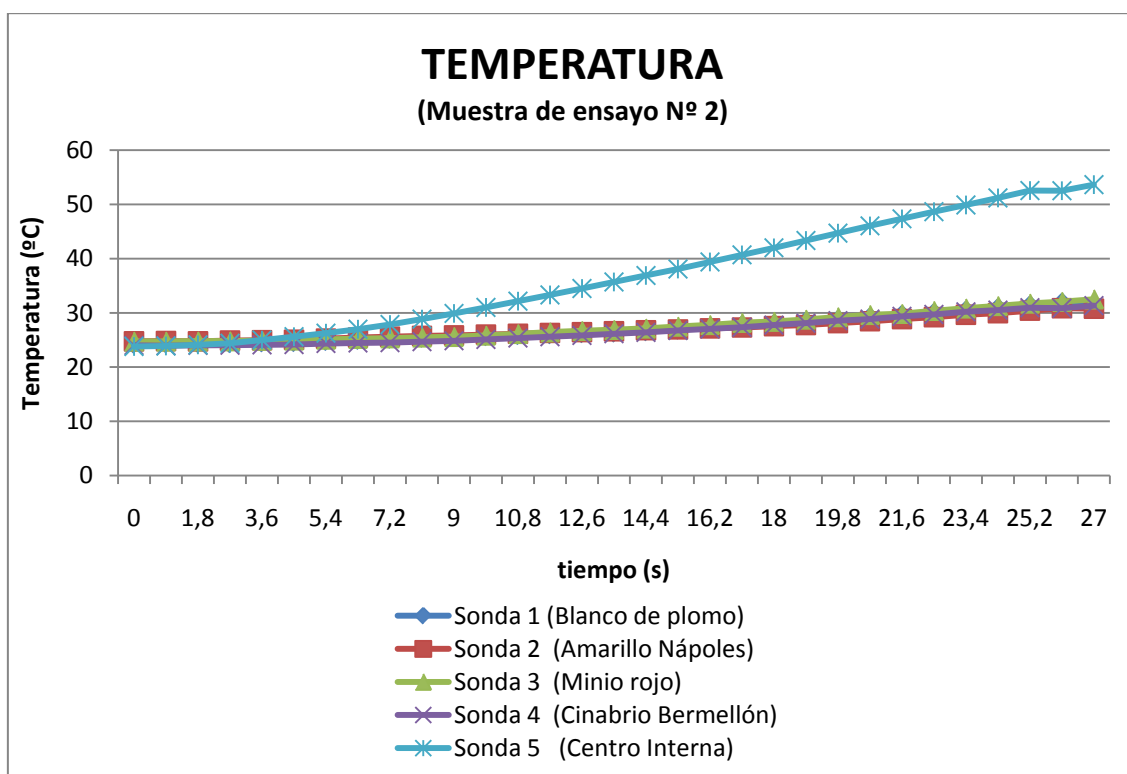


Gráfico 2. Incremento de temperatura media, de las muestras de ensayo nº 2, durante la irradiación con microondas.

La segunda serie de probetas irradiadas corresponden a la muestra de ensayo nº 2, la cual está policromada con tres pigmentos a base de plomo y uno de mercurio.

En los pigmentos de composición metálica, ha sido importante saber su comportamiento frente a las microondas ya que en un principio podrían resultar reactivos al tratamiento<sup>15</sup>. Pero como se observa en el gráfico 2 el comportamiento es muy similar al resto de muestras ensayadas y por tanto no han resultado reactivos a las radiaciones, su comportamiento ha sido mejor de lo esperado ya que no actúan como pantalla sino que forman una película discontinua que permite la propagación de las microondas.

Sonda	Temperatura inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Incremento de temperatura(°C)
1. Blanco de plomo	24,3	31,35	7,05
2. Amarillo de Nápoles	24,75	30,4	5,65
3. Minio rojo	24,75	31,75	7
4. Bermellón	24	30,95	6,95
5. Zona interna central de la madera	23,8	54,8	28,75

Tabla 2. Media del incremento de temperatura de las muestras de ensayo nº 2

En un tiempo de 25 segundos el aumento de temperatura de las policromías oscila entre 5,65°C, del Amarillo Nápoles, hasta 7,05°C de la policromía con blanco de plomo. El incremento de temperatura que se produce en estos pigmentos de base metálica es el más alto de todos los estudiados para la investigación, aunque sigue siendo un valor que no se considera peligroso, ya que la temperatura final siempre se mantiene en valores inferiores a 30°C.

<sup>15</sup> Esto se debe a que las partículas que constituyen este tipo de pigmentos contienen componentes metálicos, que aunque sean muy finas y pequeñas, existe la posibilidad que creen una barrera o una película metálica que impida el paso de las microondas provocando un rebote de las mismas y por tanto mostrándose reactivos a la tratamiento.



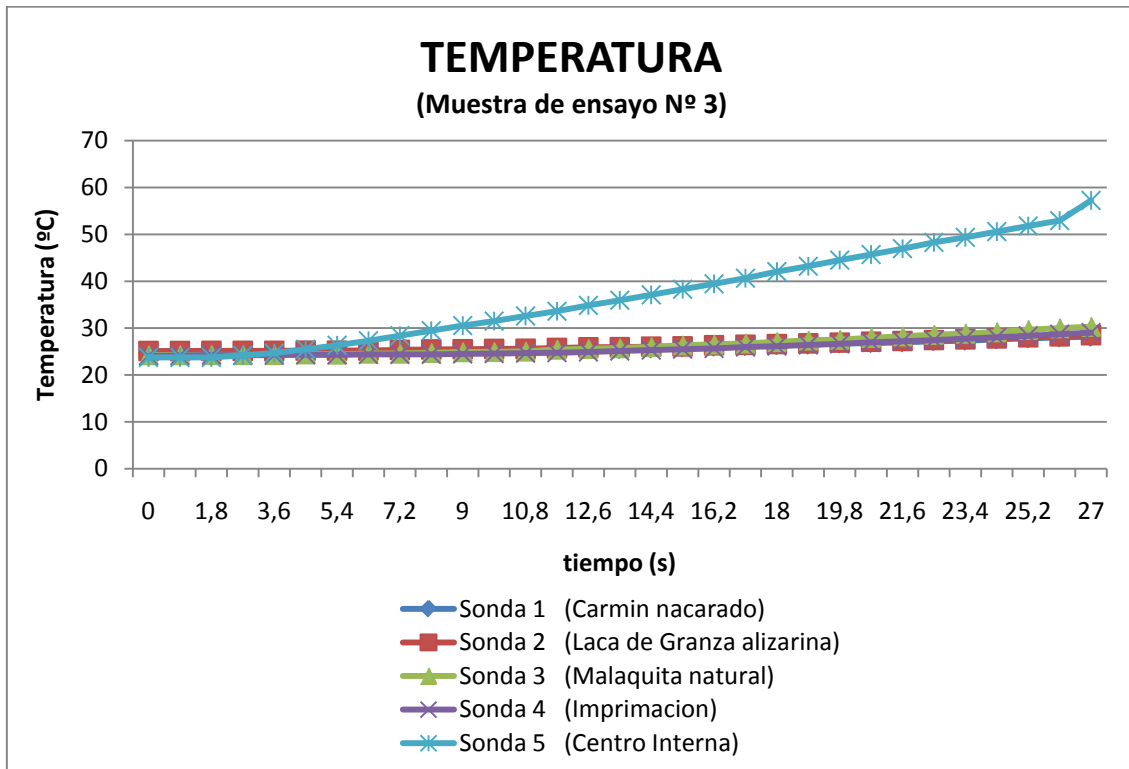


Gráfico 3. Incremento de temperatura media, de las muestras de ensayo nº 3, durante la irradiación con microondas.

En cuanto al tercer grupo de probetas irradiadas corresponden a la muestra de ensayo nº3. Las policromías que componen estas muestras son tres; dos tipos de lacas y un compuesto de cobre. En cuarto lugar se dejó al descubierto la imprimación para estudiar también su comportamiento.

En el gráfico 3 se observa la media, extraída del resultado de las tres copias, en cuanto al incremento de temperatura de las diferentes policromías, el cual ondea entre 2,95 °C, de la laca de granza, 3,1°C del carmín y 3,9 °C de la malaquita, estos resultados son muy buenos por tratarse de una variación de temperatura bastante baja. A continuación se muestra una tabla en la que se refleja de forma más exacta las temperaturas reflejadas en el gráfico.

Sonda	Temperatura inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Incremento de temperatura(°C)
1. Carmín nacarado	24,7	27,8	3,1
2. Laca de granza alizarina	25,1	28,05	2,95
3. Malaquita natural	26,05	29,95	3,9
4. Imprimación	24,1	28,35	4,25
5. Zona interna central de la madera	23,75	57,25	28,05

Tabla 3. Media del incremento de temperatura de las muestras de ensayo nº 3

En cuanto a la zona que no estaba policromada, es decir la imprimación, se puede observar un aumento de temperatura de 4,25°C, el cual es, como se esperaba, un poco superior al de las policromías por ser un estrato inferior que se encuentra en contacto directo al soporte de madera, que es la zona donde mayor aumento de temperatura se produce. Este fenómeno se debe a que el calentamiento se produce por conductividad entre la madera y la imprimación.

En el proceso de propagación de las microondas, la intensidad de la onda disminuye conforme va penetrando en la madera hasta llegar a la imprimación, produciéndose una pérdida de energía por la interacción con las moléculas de agua que encuentra a su paso, traducida en una pérdida de calor. Además, dado que los estratos pictóricos tienen menor contenido de humedad, el calentamiento que sufren es muy inferior al de la madera.

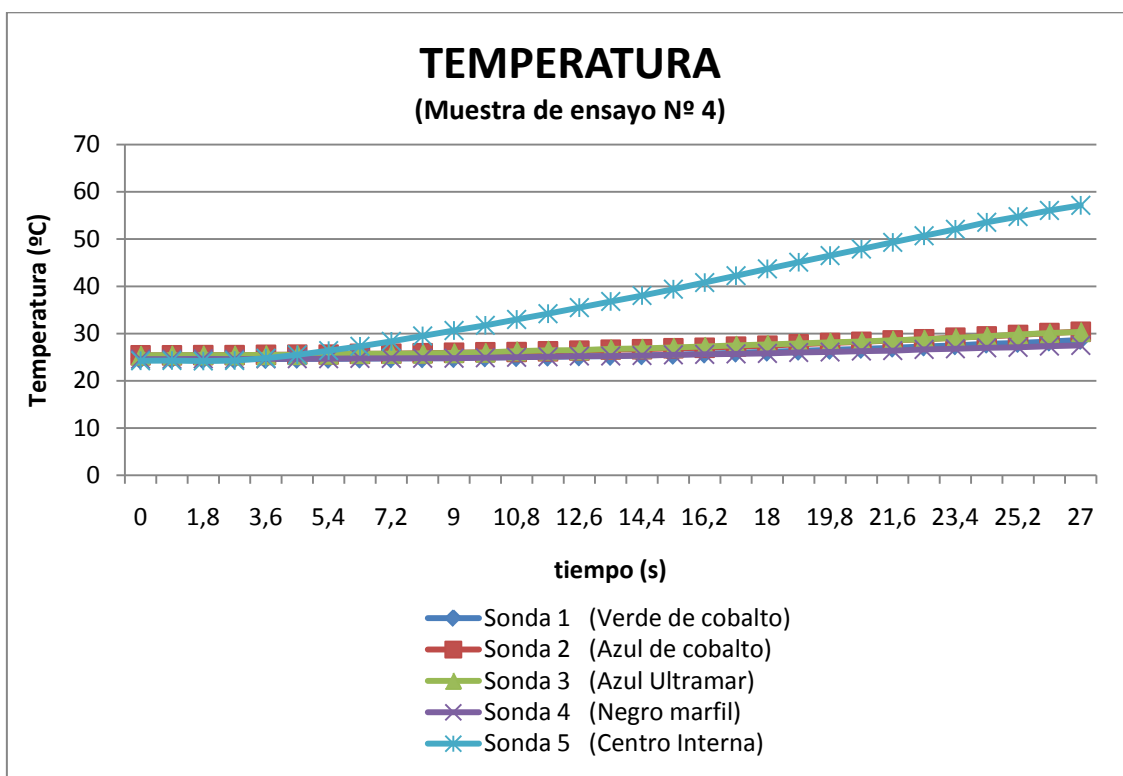


Gráfico 4. Incremento de temperatura media, de las muestras de ensayo n° 4, durante la irradiación con microondas.

El siguiente grupo de probetas sometidas al tratamiento corresponden a la muestra de ensayo n°4, la cual está policromada con verde y azul de cobalto, azul ultramar y negro marfil.

La gráfica 4 nos desvela la media sacada de las tres muestras que componen el grupo del incremento de temperatura sufrido por las diferentes policromías y en el interior de la madera.

En esta muestra nos encontramos el aumento más bajo registrado en la policromía de negro marfil con un resultado de 2,5°C. El resto se encuentran entre 3,45°C del verde de cobalto y 4,4°C del azul ultramar. En cuanto a la sonda situada en el interior de la madera nos muestra un incremento de 30,5°C.

Sonda	Temperatura inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Incremento de temperatura(°C)
1. Verde de cobalto	24,55	28	3,45
2. Azul de cobalto	25,4	29,7	4,3
3. Azul ultramar	25,4	29,8	4,4
4. Negro marfil	24,6	27,1	2,5
5. Zona interna central de la madera	24,25	57,15	30,5

Tabla 4. Media del incremento de temperatura de las muestras de ensayo n° 4

Como se puede observar, si lo comparamos con el resto de las muestras de ensayo el resultado sigue el mismo esquema, con un comportamiento muy similar tanto en los estratos pictóricos como en el soporte.

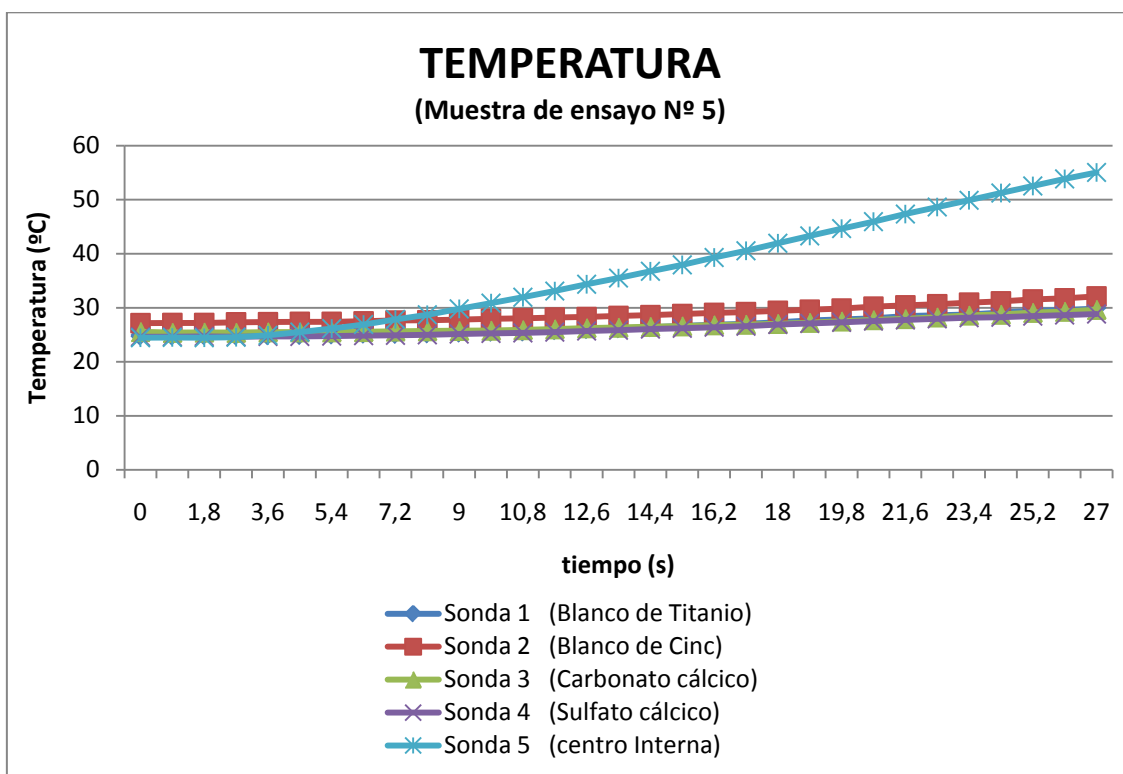


Gráfico 5. Incremento de temperatura media, de las muestras de ensayo nº 5, durante la irradiación con microondas.

El último grupo irradiado pertenece a la muestra de ensayo nº5, la cual se encuentra policromada con blancos de titanio, de cinc, carbonato cálcico y sulfato cálcico.

El incremento sufrido por estos pigmentos, según nos muestra el gráfico 5, durante una radiación de 25 segundos ronda entre 3,55 y 4,6 °C. Estos datos se encuentran dentro del baremo de los anteriores resultados.

Como era de esperar los blancos de cinc y titanio obtienen una temperatura más elevada que los otros por tratarse de pigmentos metálicos, aunque su incremento es menor que en los compuestos de plomo y mercurio (Muestra de ensayo nº2).

Sonda	Temperatura inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Incremento de temperatura(°C)
1. Blanco de titanio	24,85	29,45	4,6
2. Blanco de cinc	27,15	31,55	4,4
3. Carbonato cálcico	25,55	29,1	3,55
4. Sulfato cálcico	24,65	28,45	3,8
5. Zona interna central de la madera	24,45	55,05	28,1

Tabla 5. Media del incremento de temperatura de las muestras de ensayo nº 5

- VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA RADIACION CON MICROONDAS

El resultado obtenido en las cinco muestras es muy similar, como hemos explicado el calentamiento de la superficie de las policromías es mucho menor que el del interior de la madera.

El incremento de temperatura en el interior de la madera se establece en una media de 29,71°C. En cambio en la superficie de las policromías el aumento de temperatura es mucho más bajo estableciéndose en una media de 4,66°C.

Las policromías que han sufrido un mayor calentamiento han sido los pigmentos metálicos; el banco de plomo con un aumento de 7,05°C, el minio rojo con 7°C y el bermellón con 6,95°C. Seguidamente los óxido de hierro han incrementado una media de 5,3°C, el azul ultramar 4,4°C y la malaquita 3,9°C, por la presencia de cobre.

El pigmento que menor incremento de temperatura ha mostrado es el negro marfil con una media de 2,5°C, seguido por las lacas que marcan 2,95°C la alizarina y 3,1°C el carmín.

En base a estos resultados, podemos concluir que los pigmentos de plomo y mercurio se presentan como los más reactivos a los microondas, seguidos por los de hierro y cobre, pese a que todos ellos permanecen muy estables.

Todas las policromías se muestran homogéneas al paso de las microondas, es decir, que su comportamiento es igual por toda la superficie, incluyendo los pigmentos de base metálica, los cuales se han comportado como una película intermitente que no actúa como pantalla o reflejo de las microondas, sino que dejan pasar las radiaciones facilitando su propagación y no mostrándose reactivos al tratamiento.

Este resultado general de todos los pigmentos es bastante satisfactorio, ya que la película pictórica incrementa su temperatura muy poco comparado con el soporte. Esto nos indica que el calentamiento se concentra en gran parte en la madera, resultado que nos interesa ya que los insectos se sitúan en ella, y las policromías al sufrir un mínimo incremento tienen menos riesgo de sufrir algún cambio.

Los datos registrados nos indican que la radiación podría aumentarse hasta los 30 o 35 segundos de aplicación, ya que el calentamiento de la película pictórica es mínimo. De esta forma la temperatura interna de la madera se situaría en 60°C, incrementándose la efectividad del tratamiento contra insectos xilófagos y no resultando perjudicial para la película pictórica.

## 4.2 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES COLORIMÉTRICAS

Como se ha desarrollado en la metodología, las mediciones colorimétricas se han realizado antes y después de la radiación con microondas. En la siguiente tabla se muestra una síntesis<sup>16</sup> de los resultados obtenidos con la diferencia conseguida entre ambos datos, de las cuales se han extraído unas conclusiones.

Punto	COLOR	L*	L*	$\Delta L^*$	C*	C*	$\Delta C^*$	h	h	$\Delta h^*$	$\Delta E_{ab}$
		(antes)	(desp.)	(desp-ant)	(antes)	(desp.)	(desp-ant)	(antes)	(desp.)	(desp-ant)	
Interior	TIERRA SIENA NATURAL	43,73	42,57	-1,16	31,99	33,18	1,19	60,89	60,72	-0,17	1,67
Exterior	TIERRA SIENA NATURAL	44,98	43,62	-1,35	33,09	34,47	1,37	61,83	61,99	0,16	1,93
Interior	OCRE DE MINA INGLES ROJO	37,16	35,07	-2,09	23,19	24,35	1,17	39,36	38,17	-1,19	2,45
Exterior	OCRE DE MINA INGLES ROJO	37,17	35,42	-1,74	23,65	24,50	0,85	39,09	37,77	-1,32	2,02
Interior	SOMBRA NATURAL	33,33	30,98	-2,35	13,69	14,18	0,49	56,56	54,99	-1,56	2,51
Exterior	SOMBRA NATURAL	35,50	33,73	-1,77	17,04	18,29	1,26	56,19	54,48	-1,71	2,32
Interior	SOMBRA NAT. VERDOSA	38,45	36,73	-1,72	14,01	14,33	0,32	76,54	76,09	-0,45	1,93
Exterior	SOMBRA NAT. VERDOSA	39,87	38,34	-1,53	16,36	16,65	0,29	75,00	74,67	-0,33	1,57
Interior	BLANCO DE PLOMO	95,74	95,31	-0,44	6,17	6,12	-0,06	96,83	95,81	-1,02	0,46
Exterior	BLANCO DE PLOMO	95,42	94,83	-0,59	5,94	5,79	-0,15	97,00	96,56	-0,44	0,62
Interior	AMARILLO NÁPOLES	72,92	72,56	-0,36	57,53	59,13	1,61	79,99	80,38	0,39	1,76
Exterior	AMARILLO NÁPOLES	73,29	73,31	0,02	57,90	59,85	1,95	80,34	80,73	0,39	2,03
Interior	MINIO ROJO	62,09	61,10	-0,99	78,12	79,65	1,53	48,90	49,18	0,28	1,86
Exterior	MINIO ROJO	62,30	61,66	-0,64	76,48	78,26	1,78	48,61	49,35	0,74	2,17
Interior	CINABRIO BERMELLON	46,09	44,77	-1,32	50,72	53,26	2,54	30,68	30,61	-0,07	2,86
Exterior	CINABRIO BERMELLON	45,61	44,49	-1,12	49,48	51,76	2,28	30,37	30,28	-0,08	2,56
Interior	CARMIN NACARADO	30,50	27,87	-2,62	23,86	26,69	2,84	21,63	18,76	-2,88	4,10
Exterior	CARMIN NACARADO	30,04	27,27	-2,78	22,35	23,55	1,21	21,52	17,48	-4,04	3,48
Interior	LACA DE GRANZA ALIZARINA	30,90	28,52	-2,38	33,86	36,17	2,30	23,69	21,58	-2,11	3,60
Exterior	LACA DE GRANZA ALIZARINA	29,84	27,40	-2,43	30,53	34,21	3,68	23,62	21,29	-2,32	4,61
Interior	MALAQUITA NATURAL	53,98	53,34	-0,63	23,65	24,49	0,84	146,71	147,58	0,87	1,12
Exterior	MALAQUITA NATURAL	52,59	51,49	-1,10	23,45	24,20	0,75	149,31	151,08	1,77	1,60
Interior	VERDE DE COBALTO	47,08	45,73	-1,35	31,92	33,41	1,49	147,75	149,22	1,47	2,18
Exterior	VERDE DE COBALTO	46,41	45,41	-0,99	31,90	33,20	1,30	147,75	149,20	1,44	1,84
Interior	AZUL DE COBALTO	38,68	37,20	-1,48	47,96	49,91	1,95	279,14	278,62	-0,52	2,53
Exterior	AZUL DE COBALTO	38,28	37,14	-1,14	47,87	50,34	2,47	278,98	278,33	-0,64	2,87
Interior	AZUL ULTRAMAR	45,01	43,12	-1,89	23,39	25,18	1,78	254,55	254,69	0,13	2,60
Exterior	AZUL ULTRAMAR	46,26	44,38	-1,88	23,30	24,89	1,59	253,20	253,60	0,40	2,50
Interior	NEGRO MARFIL	24,17	20,57	-3,60	1,66	0,28	-1,38	76,41	273,45	197,04	4,09
Exterior	NEGRO MARFIL	25,00	20,89	-4,12	1,80	0,37	-1,43	77,18	270,52	193,35	4,65
Interior	BLANCO DE TITANIO	93,20	92,78	-0,41	6,17	5,84	-0,32	97,22	96,59	-0,63	0,57
Exterior	BLANCO DE TITANIO	93,72	93,39	-0,32	6,82	6,18	-0,64	95,69	96,06	0,38	0,72
Interior	BLANCO DE ZINC	89,36	89,30	-0,06	6,54	6,14	-0,40	99,95	99,85	-0,10	0,65
Exterior	BLANCO DE ZINC	89,02	88,79	-0,23	6,82	6,46	-0,36	101,01	102,33	1,33	0,53
Interior	CARBONATO CÁLCICO	89,37	88,97	-0,39	12,85	12,51	-0,34	92,30	91,76	-0,54	0,55
Exterior	CARBONATO CÁLCICO	89,74	89,58	-0,16	13,17	12,92	-0,26	91,23	90,71	-0,52	0,44
Interior	SULFATO CÁLCICO	90,40	90,10	-0,29	4,36	4,26	-0,10	90,94	90,55	-0,40	0,32
Exterior	SULFATO CÁLCICO	90,49	90,09	-0,40	4,49	4,49	0,00	91,24	90,65	-0,59	0,41

<sup>16</sup> Las gráficas correspondientes a los resultados se encuentran en el anexo 2 (pág. 47)

En la tabla anterior se pueden apreciar los resultados obtenidos de las magnitudes psicofísicas, en la primera columna se sitúa la Claridad ( $L^*$ ) de antes, después y la diferencia entre ambas ( $\Delta L^*$ ), igualmente se dispone el Cromo ( $C^*$ ), y a continuación se encuentra el Tono ( $h$ ) y la discrepancia entre los datos anteriores y los posteriores a la radiación. Por último se encuentra la diferencia de color total ( $\Delta E_{ab}$ ), que es el dato final que nos muestra la variación obtenida en cada color.

Los mejores resultados logrados se reflejan en todos los blancos con una diferencia de entre 0,3 y 0,7. En general los datos que se encuentran por debajo de 3 son totalmente imperceptibles de cualquier variación cromática. En cuanto a los que superan este dato se encuentran las dos lacas (carmín y laca de granza), que posiblemente por tratarse de policromías más débiles, ya que no estamos hablando de pigmentos sino de lacas, han obtenido un cambio ligeramente superior al resto, aunque se ha comprobado que las variaciones logradas siguen siendo imperceptibles para el ojo humano.

Por último hay que resaltar los datos obtenidos en el negro marfil, ya que las mediciones de este color no se han dado por válidas y por tanto no son comparables. Esto se debe a las limitaciones del aparato medidor, ya que el espectrómetro no mide de forma precisa el color negro puro. Como se puede observar en la tabla, la gran variación se encuentra en el tono ( $h$ ) donde el instrumento ha percibido cada vez un tono diferente ya que el negro no lo concibe como un color.

En cuanto a la diferencia en la medición de una misma policromía en el punto interior y exterior, resaltar que la variación es mínima entre ambos puntos y por tanto la diferencia de temperatura que existe entre ambas zonas no es estimable. Esto nos confirma la homogeneidad del tratamiento en la zona irradiada.

La variación obtenida en general en todas la policromías es despreciable, es decir, que los colores no han sido alterados visualmente y se encuentran rondando o por debajo del umbral de percepción del ojo humano.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados aquí expuestos suponen una primera aproximación para conocer cuál es el comportamiento de las policromías al temple de huevo tratadas con microondas.

La primera fase de la investigación se ha centrado en conocer el comportamiento de los diferentes pigmentos y si estos podían resultar reactivos al tratamiento. En los estudios realizados se ha podido observar que los pigmentos utilizados tradicionalmente tienen una conducta favorable, ya que no actúan como pantalla o reflejo de las microondas sino que forman una película discontinua que permite su propagación de forma homogénea hacia el interior de la madera.

Otro de los factores que se ha controlado durante el estudio ha sido la temperatura que alcanzan las policromías durante el tratamiento. Pese a la distinta composición de los pigmentos, el resultado obtenido en los cinco grupos de muestras ensayadas es muy similar. El aumento de temperatura que han sufrido se establece en una media de 4,66°C. Éste incremento, tan insignificante si lo comparamos con diferentes tratamientos de restauración en los que se aportan temperaturas más elevadas, señala que las policromías tienen bajo riesgo de sufrir algún cambio en sus propiedades.

En relación al calentamiento que se produce en el interior de la madera hay que destacar que es mucho mayor que el aumento de temperatura sufrido en las policromías. Esto nos indica que el calentamiento se concentra en la madera, llegando a superar internamente los 55°C necesarios para la efectividad del tratamiento contra insectos xilófagos.

Los datos obtenidos de las temperaturas nos indican que la radiación podría aumentarse hasta los 30 o 35 segundos de aplicación, ya que el incremento de la película pictórica es mínimo. De esta forma la temperatura interna de la madera se situaría en 60°C, mejorando la efectividad del tratamiento contra insectos xilófagos y no resultando perjudicial para la película pictórica.

Después de comprobar que los pigmentos no han sido reactivos, es decir que las policromías no actúan como barrera al paso de las microondas sino que su comportamiento es como una película discontinua, el próximo paso a seguir será la radiación de las microondas por el anverso, es decir por la cara de las policromías para garantizar un buen tratamiento en obras de difícil acceso al reverso de las mismas. A priori, dado que el calentamiento viene determinado por el contenido de humedad y la presencia de partículas polares, esta metodología de aplicación no debe modificar sustancialmente los resultados aquí recogidos, ya que se ha comprobado que tanto aglutinante como pigmentos se muestran bastante "inertes" a la irradiación, y por tanto, el mayor calentamiento debe darse en el interior de la madera y los insectos, en su caso.

En relación a las pruebas colorimétricas realizadas antes y después del tratamiento, como hemos observado los cambios obtenidos son totalmente imperceptibles de cualquier variación cromática, exceptuando las lacas que han obtenido un cambio ligeramente superior al resto, aunque se ha comprobado que estas variaciones siguen siendo imperceptibles para el ojo humano. En definitiva, la variación obtenida se encuentra rondando o por debajo del umbral de percepción del ojo humano, lo cual nos indica que no es apreciable y por tanto los colores no han sido alterados visualmente después del tratamiento con microondas.

Aunque los resultados colorimétricos sean optimistas, sería conveniente realizar más pruebas en tiempos de tratamientos más largos, sobre todo en las policromías que se han mostrado más sensibles como las lacas para asegurar y garantizar que éstas no resultan dañadas.

Durante el proceso de estudio también se han extraído muestras de las diferentes policromías, antes y después del tratamiento, en previsión de ampliar la investigación para conocer el comportamiento del aglutinante en cuanto a su poder adhesivo en análisis con FT-IR (Espectrometría de Infrarrojos por Transformada de Fourier).

Dentro del campo de la conservación y restauración de bienes culturales, el tratamiento de desinsectación con microondas es un sistema novedoso que ofrece grandes expectativas para la aplicación en una gran variedad de obras, y que nos desplaza de los tradicionales métodos tóxicos u otros inadmisibles de aplicar en obras de difícil acceso o desmontaje.

Antes de considerar como adecuado cualquier tratamiento de restauración, debemos tener presente el criterio de máximo respeto hacia la obra y todos sus componentes. Por ello hay que seguir investigando sobre el comportamiento de las diferentes técnicas empleadas por los artistas con el fin de determinar si se producen cambios que puedan dañar la obra de arte.

Aunque se ha comprobado la efectividad del tratamiento en obras policromadas al temple de huevo, en la actualidad, la investigación está centrada en seguir conociendo el comportamiento de los estratos pictóricos en la técnica del óleo y en los barnices tanto naturales como sintéticos. Por otra parte también se está estudiando el comportamiento de las láminas metálicas (plata y oro) y policromías sobre láminas metálicas (corlas y temple) frente a la radiación con microondas.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- CENNINI, Cennino. *Tratado de la pintura*. 4ª edición. Barcelona: Sucesor de E. Meseguer, 1979. I.S.B.N. 84-7106-004-3
- DOERNER, Max. *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. 18ª Edición. Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 1998, I.S.B.N. 84-291-1423-8
- GÓMEZ RODRIGO, María. *Las pinturas quemadas de la Catedral de Valencia*. 1ª edición. Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria de cultura y educació, 2001. I.S.B.N. 84-482-2937-1
- Mª LUISA GÓMEZ. *La restauración. Examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. 3ª Edición. Madrid: Ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.), 2002. I.S.B.N. 84-376-1637-9
- MARTINEZ BAZAN, Mª Luisa. *Colorimetría aplicada al campo de la conservación y restauración*. Valencia: Editorial UPV.
- MAYER, Ralph. *Materiales y técnicas del arte*. 2º edición. Madrid: Tursen/Herman Blume, 1993. I.S.B.N. 84-87756-17-4
- PÉREZ MARÍN, E. *Estudio técnico y conservativo del retablo barroco valenciano aplicado al desarrollo de nuevos métodos de desinsectación de la madera: radiación con microondas*. Directora: Mª Victoria Vivancos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 2005.
- PÉREZ MARÍN, Eva, VIVANCOS RAMÓN, Mª Victoria. "Experimentación con microondas como tratamiento alternativo de desinsectación de madera polícroma". En: *Preprints 16th International Meeting on Heritage Conservation*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006. Vol. 2. I.S.B.N. obra completa 84-8363-025-7, I.S.B.N. vol.2 84-8363-027-3
- PÉREZ MARÍN, Eva. "La desinsectación con microondas como sistema alternativo. Experimentación y estado de la cuestión". En: *La desinsectación de la madera, revisión de los últimos sistemas*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2008. pp. 19-53. I.S.B.N. 84-8363-310-6

- VIVANCOS RAMÓN, Victoria. *La conservación y restauración de pintura de caballete. Pintura sobre tabla*. Madrid: Editorial Tecnos (Grupo Anaya, S.A.), 2007, I.S.B.N. 978-84-309-4651-8.
  
- VONGPRADUBCHAI, S., RATTANADECHO P. "The microwave processing of Wood using a continuous microwave belt drier". En: *Chemical engineering and processing* 48. Ed. Elsevier, 2009
  
- ZONA ORTIZ, Angela Tatiana. *Aplicaciones de la tecnología de microondas a la desinsectación en los sectores: cárnico y de restauración de bienes culturales*. Directores: Luis Nuño Fernández y Juna Vicente Balbastre. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de comunicaciones. 2007

**ANEXOS**

## ANEXO 1

A continuación se muestran más detallados los resultados obtenidos de la temperatura alcanzada por las diferentes sondas situadas en la superficie de las policromías y en el interior de la madera durante la radiación con microondas.

Los resultados obtenidos por una misma policromía, en las tres copias de la muestra, están agrupados en una misma tabla. De éstos se ha sacado la mediana, desviación y normalizada para excluir cualquier dato extremo que pudiera haber resultado erróneo.

Sonda 1 (Tierra Siena natural)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	23,2	28	23,9	23,9	2,4014	0,1005
0,9	23,15	28,15	23,95	23,95	2,4685	0,1031
1,8	23,2	28,15	23,95	23,95	2,4632	0,1028
2,7	23,15	28,15	23,95	23,95	2,4685	0,1031
3,6	23,2	28,4	24	24	2,5820	0,1076
4,5	23,2	28,45	24	24	2,6104	0,1088
5,4	23,2	28,55	24,05	24,05	2,6440	0,1099
6,3	23,3	28,7	24,15	24,15	2,6724	0,1107
7,2	23,3	28,75	24,2	24,2	2,6778	0,1107
8,1	23,45	28,9	24,25	24,25	2,7241	0,1123
9	23,5	29,1	24,4	24,4	2,7628	0,1132
9,9	23,6	29,2	24,45	24,45	2,7860	0,1139
10,8	23,7	29,45	24,7	24,7	2,8025	0,1135
11,7	23,9	29,55	24,8	24,8	2,7912	0,1125
12,6	24,05	29,7	24,95	24,95	2,7912	0,1119
13,5	24,1	29,95	25,1	25,1	2,8590	0,1139
14,4	24,35	30,2	25,25	25,25	2,9047	0,1150
15,3	24,5	30,4	25,45	25,45	2,9100	0,1143
16,2	24,75	30,6	25,65	25,65	2,9047	0,1132
17,1	24,95	30,85	25,85	25,85	2,9331	0,1135
18	25,15	31,2	26,05	26,05	3,0184	0,1159
18,9	25,35	31,35	26,25	26,25	2,9900	0,1139
19,8	25,6	31,6	26,6	26,6	2,9439	0,1107
20,7	25,9	31,85	26,75	26,75	2,9851	0,1116
21,6	26,2	32,2	27	27	3,0375	0,1125
22,5	26,45	32,5	27,3	27,3	3,0421	0,1114
23,4	26,75	32,8	27,55	27,55	3,0661	0,1113
24,3	27,05	33,1	27,85	27,85	3,0661	0,1101
25,2	27,3	33,5	28,15	28,15	3,1276	0,1111
26,1	27,7	33,7	28,35	28,35	3,1115	0,1098
27	27,95	34,1	28,65	28,65	3,1724	0,1107

Sonda 2 (Ocre de mina ingles rojo)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	23,5	30,2	24,1	24,1	3,5388	0,1468
0,9	23,55	30,2	24,1	24,1	3,5361	0,1467
1,8	23,45	30,25	24,1	24,1	3,5705	0,1482
2,7	23,45	30,4	24,1	24,1	3,6566	0,1517
3,6	23,45	30,55	24,2	24,2	3,6917	0,1525
4,5	23,65	30,7	24,25	24,25	3,7400	0,1542
5,4	23,7	30,8	24,35	24,35	3,7428	0,1537
6,3	23,65	31	24,5	24,5	3,7847	0,1545
7,2	23,85	31,25	24,55	24,55	3,8893	0,1584
8,1	23,85	31,55	24,7	24,7	3,9852	0,1613
9	24	31,85	24,8	24,8	4,0964	0,1652
9,9	24,2	32,15	25,05	25,05	4,1285	0,1648
10,8	24,4	32,5	25,25	25,25	4,2145	0,1669
11,7	24,7	32,85	25,45	25,45	4,2943	0,1687
12,6	24,9	33,25	25,7	25,7	4,3834	0,1706
13,5	25,1	33,5	25,95	25,95	4,3865	0,1690
14,4	25,35	33,95	26,1	26,1	4,5528	0,1744
15,3	25,7	34,3	26,4	26,4	4,5789	0,1734
16,2	25,95	34,75	26,6	26,6	4,7203	0,1775
17,1	26,2	35,2	26,9	26,9	4,8090	0,1788
18	26,55	35,65	27,15	27,15	4,9197	0,1812
18,9	26,85	36,15	27,5	27,5	5,0082	0,1821
19,8	27,2	36,7	27,75	27,75	5,1770	0,1866
20,7	27,55	37,15	28,05	28,05	5,2618	0,1876
21,6	27,9	37,75	28,4	28,4	5,4059	0,1903
22,5	28,2	38,3	28,75	28,75	5,5228	0,1921
23,4	28,65	38,85	29,15	29,15	5,6077	0,1924
24,3	29,05	39,4	29,55	29,55	5,6942	0,1927
25,2	29,5	40	29,9	29,9	5,8358	0,1952
26,1	30	40,6	30,3	30,3	5,9492	0,1963
27	30,35	41,25	30,65	30,65	6,1224	0,1998

Sonda 3 (Sombra natural)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	24,45	35,15	24,25	24,25	5,7344	0,2271
0,9	24,45	35,15	24,25	24,25	5,7344	0,2271
1,8	24,5	35,25	24,3	24,3	5,7632	0,2278
2,7	24,45	35,25	24,3	24,3	5,7656	0,2279
3,6	24,55	35,3	24,3	24,3	5,7897	0,2288
4,5	24,45	35,45	24,45	24,45	5,8023	0,2280
5,4	24,5	35,55	24,4	24,4	5,8831	0,2316
6,3	24,65	35,65	24,6	24,6	5,8282	0,2277
7,2	24,7	35,75	24,6	24,6	5,8831	0,2298
8,1	24,85	35,9	24,75	24,75	5,8831	0,2285
9	24,95	36	24,9	24,9	5,8570	0,2261
9,9	25,05	36,2	24,95	24,95	5,9406	0,2289
10,8	25,2	36,3	25,05	25,05	5,9382	0,2280
11,7	25,3	36,5	25,45	25,45	5,8402	0,2208
12,6	25,5	36,7	25,6	25,6	5,8657	0,2205
13,5	25,6	36,95	25,75	25,75	5,9263	0,2215
14,4	25,85	37,05	26	26	5,8402	0,2163
15,3	26	37,3	26,35	26,35	5,7973	0,2120
16,2	26,25	37,65	26,55	26,55	5,8793	0,2134
17,1	26,35	37,8	26,75	26,75	5,8584	0,2111
18	26,6	38,1	27,05	27,05	5,8625	0,2090
18,9	26,75	38,35	27,4	27,4	5,8231	0,2050
19,8	27,1	38,65	27,55	27,55	5,8910	0,2063
20,7	27,25	38,95	27,95	27,95	5,8563	0,2023
21,6	27,6	39,25	28,25	28,25	5,8516	0,2001
22,5	27,6	39,45	28,6	28,6	5,8029	0,1960
23,4	27,95	39,65	28,85	28,85	5,7634	0,1931
24,3	28,15	40,1	29,15	29,15	5,8595	0,1943
25,2	28,45	40,35	29,65	29,65	5,7425	0,1874
26,1	28,65	40,65	30	30	5,7343	0,1850
27	28,9	41	30,3	30,3	5,7692	0,1843

Sonda 4 (Sombra natural verdosa oscura)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	22,8	29,95	23,6	23,6	3,6952	0,1566
0,9	22,85	30	23,65	23,65	3,6952	0,1562
1,8	22,8	30	23,55	23,55	3,7490	0,1592
2,7	22,85	30,2	23,55	23,55	3,8606	0,1639
3,6	22,85	30,3	23,6	23,6	3,8924	0,1649
4,5	22,9	30,35	23,65	23,65	3,8924	0,1646
5,4	22,9	30,5	23,7	23,7	3,9531	0,1668
6,3	22,95	30,75	23,8	23,8	4,0425	0,1699
7,2	23	31	23,9	23,9	4,1320	0,1729
8,1	23,15	31,2	24	24	4,1858	0,1744
9	23,25	31,45	24,25	24,25	4,1968	0,1731
9,9	23,45	31,7	24,45	24,45	4,2254	0,1728
10,8	23,55	32	24,55	24,55	4,3398	0,1768
11,7	23,7	32,3	24,7	24,7	4,4257	0,1792
12,6	23,8	32,7	24,95	24,95	4,5235	0,1813
13,5	24,05	33	25,25	25,25	4,5278	0,1793
14,4	24,45	33,35	25,45	25,45	4,5975	0,1806
15,3	24,65	33,75	25,7	25,7	4,6870	0,1824
16,2	24,9	34,2	26	26	4,7767	0,1837
17,1	25,3	34,6	26,3	26,3	4,8267	0,1835
18	25,55	35,1	26,55	26,55	4,9700	0,1872
18,9	25,8	35,55	26,95	26,95	5,0094	0,1859
19,8	26,15	36,1	27,25	27,25	5,1489	0,1889
20,7	26,45	36,5	27,6	27,6	5,1811	0,1877
21,6	26,95	37,1	27,9	27,9	5,3399	0,1914
22,5	27,15	37,6	28,3	28,3	5,4103	0,1912
23,4	27,55	38,2	28,7	28,7	5,5249	0,1925
24,3	27,9	38,8	29,1	29,1	5,6430	0,1939
25,2	28,25	39,35	29,5	29,5	5,7325	0,1943
26,1	28,7	40	29,9	29,9	5,8723	0,1964
27	29,1	40,6	30,4	30,4	5,9366	0,1953

Sonda 5 (Centro Interna)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	23,25	24,1	23,65	23,65	0,3476	0,0147
0,9	23,25	24,05	23,65	23,65	0,3266	0,0138
1,8	23,3	24,5	23,8	23,8	0,4967	0,0209
2,7	23,35	25,25	24,25	24,25	0,7767	0,0320
3,6	23,55	26,1	24,95	24,95	1,0460	0,0419
4,5	24,15	27,15	25,75	25,75	1,2275	0,0477
5,4	24,7	28,35	26,6	26,6	1,4914	0,0561
6,3	25,35	29,65	27,7	27,7	1,7630	0,0636
7,2	26,1	30,85	28,85	28,85	1,9632	0,0680
8,1	26,9	32,25	30	30	2,2115	0,0737
9	27,75	33,6	31,3	31,3	2,4422	0,0780
9,9	28,65	35	32,55	32,55	2,6591	0,0817
10,8	29,65	36,5	33,8	33,8	2,8585	0,0846
11,7	30,6	37,9	35,15	35,15	3,0695	0,0873
12,6	31,6	39,45	36,55	36,55	3,3122	0,0906
13,5	32,6	41,1	37,85	37,85	3,5649	0,0942
14,4	33,6	42,7	39,25	39,25	3,8221	0,0974
15,3	34,65	44,35	40,8	40,8	4,0998	0,1005
16,2	35,6	45,95	42,25	42,25	4,3937	0,1040
17,1	36,7	47,6	43,85	43,85	4,6614	0,1063
18	37,7	49,2	45,25	45,25	4,9195	0,1087
18,9	38,8	50,75	46,75	46,75	5,1382	0,1099
19,8	39,85	52,3	48,2	48,2	5,3707	0,1114
20,7	40,95	53,85	49,65	49,65	5,5776	0,1123
21,6	42,1	55,4	51,1	51,1	5,7588	0,1127
22,5	43,25	56,9	52,55	52,55	5,9277	0,1128
23,4	44,4	58,55	53,95	53,95	6,1200	0,1134
24,3	45,55	60	55,4	55,4	6,2765	0,1133
25,2	46,65	61,5	56,8	56,8	6,4579	0,1137
26,1	47,75	62,95	58	58	6,5718	0,1133
27	48,9	64	56,45	56,45	33,1693	0,5876

Sonda 1 (Blanco de plomo)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	24,05	24,3	24,9	24,3	0,3753	0,0154
0,9	24,1	24,4	25	24,4	0,3873	0,0159
1,8	24,1	24,45	25	24,45	0,3764	0,0154
2,7	24,05	24,4	25,05	24,4	0,4262	0,0175
3,6	24,2	24,55	25,05	24,55	0,3524	0,0144
4,5	24,2	24,6	25,2	24,6	0,4163	0,0169
5,4	24,3	24,8	25,2	24,8	0,3697	0,0149
6,3	24,4	25	25,25	25	0,3753	0,0150
7,2	24,55	25,2	25,3	25,2	0,3797	0,0151
8,1	24,85	25,4	25,45	25,4	0,3189	0,0126
9	24,95	25,65	25,55	25,55	0,3512	0,0137
9,9	25,15	25,85	25,7	25,7	0,3291	0,0128
10,8	25,35	26,1	25,9	25,9	0,3379	0,0130
11,7	25,7	26,45	26,05	26,05	0,3069	0,0118
12,6	25,9	26,7	26,25	26,25	0,3291	0,0125
13,5	26,25	27	26,35	26,35	0,3797	0,0144
14,4	26,55	27,45	26,6	26,6	0,4916	0,0185
15,3	26,9	27,8	26,75	26,9	0,5268	0,0196
16,2	27,2	28,1	27	27,2	0,5323	0,0196
17,1	27,65	28,5	27,15	27,65	0,5694	0,0206
18	27,9	28,9	27,45	27,9	0,6331	0,0227
18,9	28,4	29,3	27,7	28,4	0,6583	0,0232
19,8	28,65	29,75	27,95	28,65	0,7528	0,0263
20,7	29,15	30,2	28,1	29,15	0,8573	0,0294
21,6	29,6	30,6	28,4	29,6	0,9018	0,0305
22,5	29,95	31	28,75	29,95	0,9206	0,0307
23,4	30,4	31,5	28,9	30,4	1,0739	0,0353
24,3	30,85	32	29,25	30,85	1,1376	0,0369
25,2	31,35	32,45	29,7	31,35	1,1449	0,0365
26,1	31,85	32,95	29,85	31,85	1,3178	0,0414
27	32,2		30,15	31,175	18,0183	0,5780

Sonda 2 (Amarillo Nápoles)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	24,6	24,75	25,3	24,75	0,3291	0,0133
0,9	24,6	24,8	25,3	24,8	0,3109	0,0125
1,8	24,6	24,75	25,35	24,75	0,3571	0,0144
2,7	24,6	24,9	25,35	24,9	0,3122	0,0125
3,6	24,65	24,95	25,35	24,95	0,2887	0,0116
4,5	24,65	25,05	25,4	25,05	0,3069	0,0123
5,4	24,75	25,25	25,5	25,25	0,3227	0,0128
6,3	24,8	25,45	25,55	25,45	0,3797	0,0149
7,2	25	25,6	25,6	25,6	0,3464	0,0135
8,1	25,05	25,8	25,75	25,75	0,4052	0,0157
9	25,25	26,05	25,85	25,85	0,3651	0,0141
9,9	25,4	26,35	26	26	0,4010	0,0154
10,8	25,55	26,55	26,15	26,15	0,4163	0,0159
11,7	25,7	26,9	26,3	26,3	0,4899	0,0186
12,6	25,95	27,2	26,45	26,45	0,5204	0,0197
13,5	26,15	27,55	26,6	26,6	0,6069	0,0228
14,4	26,4	27,85	26,8	26,8	0,6487	0,0242
15,3	26,7	28,2	26,95	26,95	0,7360	0,0273
16,2	26,9	28,65	27,15	27,15	0,8780	0,0323
17,1	27,2	29,05	27,3	27,3	1,0120	0,0371
18	27,5	29,6	27,55	27,55	1,1839	0,0430
18,9	27,75	30,05	27,75	27,75	1,3279	0,0479
19,8	28,1	30,5	28,05	28,1	1,3859	0,0493
20,7	28,45	31	28,25	28,45	1,4768	0,0519
21,6	28,85	31,4	28,5	28,85	1,4860	0,0515
22,5	29,2	32	28,85	29,2	1,6292	0,0558
23,4	29,65	32,5	29,05	29,65	1,6815	0,0567
24,3	29,95	32,95	29,4	29,95	1,7609	0,0588
25,2	30,4	33,5	29,7	30,4	1,8348	0,0604
26,1	30,85	33,95	30,05	30,85	1,8484	0,0599
27	31,2		30,35	30,775	17,7713	0,5775

Sonda 3 (Minio rojo)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	25,5	25,75	26,85	24,75	0,6513	0,0253
0,9	25,6	25,75	26,9	24,75	0,6696	0,0260
1,8	25,55	25,8	26,85	24,8	0,6232	0,0242
2,7	25,5	25,8	26,95	24,8	0,6862	0,0266
3,6	25,55	25,9	27	24,9	0,6665	0,0257
4,5	25,65	25,95	27,05	24,95	0,6583	0,0254
5,4	25,8	26,1	27,1	25,1	0,6028	0,0231
6,3	25,95	26,25	27,3	25,25	0,6305	0,0240
7,2	26	26,35	27,35	25,35	0,6117	0,0232
8,1	26,1	26,5	27,5	25,5	0,6218	0,0235
9	26,2	26,6	27,65	25,6	0,6487	0,0244
9,9	26,45	26,85	27,85	25,85	0,6218	0,0232
10,8	26,65	27,15	28,05	26,15	0,5944	0,0219
11,7	26,8	27,45	28,2	26,45	0,5730	0,0209
12,6	27,2	27,7	28,55	26,7	0,5694	0,0206
13,5	27,35	27,9	28,75	26,9	0,5845	0,0210
14,4	27,75	28,15	29,05	27,15	0,5686	0,0202
15,3	27,95	28,5	29,4	27,5	0,6090	0,0214
16,2	28,25	28,8	29,75	27,8	0,6338	0,0220
17,1	28,5	29,2	29,95	28,2	0,5923	0,0203
18	28,9	29,4	30,3	28,4	0,5944	0,0202
18,9	29,25	29,8	30,55	28,8	0,5370	0,0180
19,8	29,65	30,25	30,9	29,25	0,5107	0,0169
20,7	30	30,65	31,35	29,65	0,5515	0,0180
21,6	30,4	30,85	31,7	29,85	0,5553	0,0180
22,5	30,85	31,4	32,05	30,4	0,4916	0,0157
23,4	31,25	31,85	32,5	30,85	0,5107	0,0160
24,3	31,75	32,3	32,85	31,3	0,4491	0,0139
25,2	32,2	32,75	33,2	31,75	0,4103	0,0125
26,1	32,65		33,5	32,075	19,0990	0,5774
27	33,15		33,9	32,525	19,3581	0,5774

Sonda 4 (Cinabrio Bermellón)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	23,85	24	24,45	24	0,2739	0,0114
0,9	23,9	23,95	24,4	23,95	0,2614	0,0109
1,8	23,85	24	24,4	24	0,2466	0,0103
2,7	23,85	24,05	24,45	24,05	0,2582	0,0107
3,6	23,9	24,1	24,5	24,1	0,2582	0,0107
4,5	23,95	24,15	24,6	24,15	0,2843	0,0118
5,4	24	24,35	24,65	24,35	0,2661	0,0109
6,3	24,05	24,45	24,75	24,45	0,2887	0,0118
7,2	24,25	24,5	24,85	24,5	0,2483	0,0101
8,1	24,25	24,7	25,1	24,7	0,3476	0,0141
9	24,4	24,85	25,3	24,85	0,3674	0,0148
9,9	24,45	25,1	25,45	25,1	0,4262	0,0170
10,8	24,6	25,35	25,6	25,35	0,4564	0,0180
11,7	24,8	25,6	25,85	25,6	0,4839	0,0189
12,6	25,1	25,85	26,1	25,85	0,4564	0,0177
13,5	25,3	26,15	26,4	26,15	0,5115	0,0196
14,4	25,55	26,4	26,6	26,4	0,5041	0,0191
15,3	25,8	26,75	26,95	26,75	0,5605	0,0210
16,2	26,15	27,05	27,25	27,05	0,5323	0,0197
17,1	26,4	27,35	27,5	27,35	0,5553	0,0203
18	26,8	27,75	27,85	27,75	0,5515	0,0199
18,9	27,05	28,1	28,2	28,1	0,6090	0,0217
19,8	27,35	28,55	28,65	28,55	0,6952	0,0244
20,7	27,8	28,85	28,9	28,85	0,6069	0,0210
21,6	28,15	29,4	29,35	29,35	0,6934	0,0236
22,5	28,65	29,7	29,7	29,7	0,6062	0,0204
23,4	28,95	30,2	30,2	30,2	0,7217	0,0239
24,3	29,45	30,6	30,5	30,5	0,6090	0,0200
25,2	29,85	31,1	30,95	30,95	0,6410	0,0207
26,1	30,3		31,4	30,85	17,8169	0,5775
27	30,75		31,9	31,325	18,0916	0,5775



Sonda 5 (Centro Interna)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	23,65	23,8	23,85	23,8	0,0913	0,0038
0,9	23,7	23,9	23,9	23,9	0,1155	0,0048
1,8	23,75	24,3	24,1	24,1	0,2327	0,0097
2,7	23,9	24,75	24,4	24,4	0,3524	0,0144
3,6	24,45	25,45	25	25	0,4103	0,0164
4,5	25,15	26,25	25,6	25,6	0,4564	0,0178
5,4	26,05	27	26,25	26,25	0,4481	0,0171
6,3	26,8	28,05	27	27	0,6171	0,0229
7,2	27,8	29	27,85	27,85	0,6646	0,0239
8,1	28,85	30,15	28,75	28,85	0,7528	0,0261
9	29,9	31,3	29,7	29,9	0,8165	0,0273
9,9	31	32,4	30,75	31	0,8211	0,0265
10,8	32,15	33,6	31,75	32,15	0,8684	0,0270
11,7	33,3	34,85	32,7	33,3	0,9596	0,0288
12,6	34,5	36,05	33,8	34,5	0,9819	0,0285
13,5	35,7	37,25	34,9	35,7	1,0071	0,0282
14,4	36,9	38,55	36	36,9	1,0851	0,0294
15,3	38,1	39,85	37,1	38,1	1,1637	0,0305
16,2	39,4	41,2	38,3	39,4	1,2179	0,0309
17,1	40,7	42,55	39,35	40,7	1,3222	0,0325
18	42	43,95	40,55	42	1,4030	0,0334
18,9	43,35	45,3	41,85	43,35	1,4204	0,0328
19,8	44,7	46,7	43	44,7	1,5155	0,0339
20,7	46,05	48,05	44,2	46,05	1,5729	0,0342
21,6	47,35	49,3	45,45	47,35	1,5719	0,0332
22,5	48,65	50,6	46,6	48,65	1,6335	0,0336
23,4	49,9	51,9	47,85	49,9	1,6535	0,0331
24,3	51,2	53,2	49,05	51,2	1,6953	0,0331
25,2	52,55	54,35	50,2	52,55	1,7090	0,0325
26,1	53,75		51,3	52,525	30,3418	0,5777
27	54,75		52,55	53,65	30,9879	0,5776

Sonda 1 (Carmin nacarado)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	24,8	24,65	24,7	24,7	0,0645	0,0026
0,9	24,95	24,8	24,85	24,85	0,0645	0,0026
1,8	25,05	24,75	24,85	24,85	0,1291	0,0052
2,7	25,05	24,7	24,9	24,9	0,1443	0,0058
3,6	25,05	24,85	24,7	24,85	0,1443	0,0058
4,5	25,1	24,95	24,75	24,95	0,1443	0,0058
5,4	25,15	24,85	24,8	24,85	0,1756	0,0071
6,3	25,2	24,95	25	25	0,1190	0,0048
7,2	25,3	25,05	24,9	25,05	0,1683	0,0067
8,1	25,35	24,95	24,9	24,95	0,2327	0,0093
9	25,5	25,15	25,05	25,15	0,2102	0,0084
9,9	25,7	25,25	25,05	25,25	0,2843	0,0113
10,8	25,85	25,35	25,1	25,35	0,3227	0,0127
11,7	26	25,45	25,15	25,45	0,3617	0,0142
12,6	26,2	25,45	25,25	25,45	0,4481	0,0176
13,5	26,35	25,5	25,25	25,5	0,5115	0,0201
14,4	26,6	25,65	25,3	25,65	0,5845	0,0228
15,3	26,8	25,9	25,5	25,9	0,5686	0,0220
16,2	27	26,05	25,45	26,05	0,6487	0,0249
17,1	27,25	26,15	25,6	26,15	0,7100	0,0272
18	27,45	26,35	25,7	26,35	0,7377	0,0280
18,9	27,8	26,45	25,85	26,45	0,8529	0,0322
19,8	28	26,7	25,9	26,7	0,8813	0,0330
20,7	28,3	26,8	26,1	26,8	0,9557	0,0357
21,6	28,65	26,95	26,25	26,95	1,0614	0,0394
22,5	28,9	27,2	26,35	27,2	1,0973	0,0403
23,4	29,2	27,3	26,45	27,3	1,2017	0,0440
24,3	29,6	27,6	26,7	27,6	1,2662	0,0459
25,2	29,8	27,8	26,85	27,8	1,2783	0,0460
26,1	30,2	28	26,9	28	1,4201	0,0507
27	30,5	28,15	27	28,15	1,5105	0,0537

Sonda 2 (Laca de Granza alizarina)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	26,45	25,1	24,7	25,1	0,8129	0,0324
0,9	26,45	25,1	24,7	25,1	0,8129	0,0324
1,8	26,5	25,15	24,75	25,15	0,8129	0,0323
2,7	26,5	25,15	24,75	25,15	0,8129	0,0323
3,6	26,6	25,15	24,8	25,15	0,8612	0,0342
4,5	26,7	25,2	24,75	25,2	0,9042	0,0359
5,4	26,7	25,2	24,85	25,2	0,8893	0,0353
6,3	26,8	25,2	24,9	25,2	0,9399	0,0373
7,2	26,95	25,35	24,95	25,35	0,9522	0,0376
8,1	27	25,45	24,95	25,45	0,9403	0,0369
9	27,15	25,5	25	25,5	0,9954	0,0390
9,9	27,25	25,55	25,05	25,55	1,0231	0,0400
10,8	27,4	25,6	25,15	25,6	1,0712	0,0418
11,7	27,55	25,75	25,25	25,75	1,0786	0,0419
12,6	27,75	25,9	25,4	25,9	1,1064	0,0427
13,5	28	25,95	25,45	25,95	1,2183	0,0469
14,4	28,2	26,05	25,55	26,05	1,2744	0,0489
15,3	28,45	26,1	25,7	26,1	1,3763	0,0527
16,2	28,75	26,35	25,8	26,35	1,4216	0,0539
17,1	28,9	26,45	26	26,45	1,4382	0,0544
18	29,25	26,6	26,15	26,6	1,5519	0,0583
18,9	29,6	26,75	26,25	26,75	1,6706	0,0625
19,8	29,85	26,9	26,5	26,9	1,7188	0,0639
20,7	30,2	27,1	26,6	27,1	1,8129	0,0669
21,6	30,5	27,25	26,8	27,25	1,8943	0,0695
22,5	30,8	27,45	27	27,45	1,9515	0,0711
23,4	31,25	27,6	27,2	27,6	2,1199	0,0768
24,3	31,65	27,8	27,4	27,8	2,2348	0,0804
25,2	31,9	28,05	27,65	28,05	2,2348	0,0797
26,1	32,3	28,25	27,8	28,25	2,3527	0,0833
27	32,7	28,5	28,05	28,5	2,4387	0,0856

Sonda 3 (Malaquita natural)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	27,95	27,05	26,5	26,05	0,6090	0,0225
0,9	27,9	27,1	26,55	26,1	0,5605	0,0207
1,8	27,95	27,05	26,6	26,05	0,5809	0,0215
2,7	27,9	27,1	26,75	26,1	0,5041	0,0186
3,6	28,05	27,1	26,6	26,1	0,6198	0,0229
4,5	28,15	27,2	26,6	26,2	0,6487	0,0238
5,4	28,1	27,15	26,7	26,15	0,6069	0,0224
6,3	28,2	27,2	26,75	26,2	0,6331	0,0233
7,2	28,4	27,3	26,85	26,3	0,6862	0,0251
8,1	28,5	27,35	26,85	26,35	0,7240	0,0265
9	28,7	27,5	26,95	26,5	0,7621	0,0277
9,9	28,85	27,55	27	26,55	0,8150	0,0296
10,8	28,95	27,6	27,1	26,6	0,8312	0,0301
11,7	29,15	27,8	27,2	26,8	0,8529	0,0307
12,6	29,4	27,95	27,35	26,95	0,9060	0,0324
13,5	29,7	28,1	27,35	27,1	1,0202	0,0363
14,4	29,8	28,15	27,5	27,15	1,0239	0,0364
15,3	30,15	28,35	27,65	27,35	1,1150	0,0393
16,2	30,4	28,6	27,85	27,6	1,1258	0,0394
17,1	30,8	28,75	27,95	27,75	1,2705	0,0442
18	31,1	28,9	28,1	27,9	1,3515	0,0468
18,9	31,5	29,15	28,3	28,15	1,4428	0,0495
19,8	31,85	29,4	28,45	28,4	1,5171	0,0516
20,7	32,15	29,65	28,6	28,65	1,5655	0,0528
21,6	32,55	29,85	28,8	28,85	1,6726	0,0560
22,5	32,9	30,15	28,9	29,15	1,7440	0,0578
23,4	33,35	30,45	29,2	29,45	1,8232	0,0599
24,3	33,9	30,7	29,35	29,7	2,0052	0,0653
25,2	34,35	30,95	29,6	29,95	2,1121	0,0682
26,1	34,75	31,2	29,75	30,2	2,2140	0,0710
27	35,2		30	31,6	18,9410	0,5810

Sonda 4 (Imprimación)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	24,45	23,95	24,1	24,1	0,2198	0,0091
0,9	24,5	23,95	24,15	24,15	0,2327	0,0096
1,8	24,55	23,95	24,25	24,25	0,2449	0,0101
2,7	24,55	23,95	24,2	24,2	0,2483	0,0103
3,6	24,55	23,95	24,25	24,25	0,2449	0,0101
4,5	24,6	24	24,3	24,3	0,2449	0,0101
5,4	24,65	24,05	24,3	24,3	0,2483	0,0102
6,3	24,75	24,1	24,4	24,4	0,2661	0,0109
7,2	24,8	24,15	24,4	24,4	0,2723	0,0112
8,1	24,9	24,3	24,4	24,4	0,2944	0,0121
9	25	24,35	24,5	24,5	0,3014	0,0123
9,9	25,2	24,45	24,55	24,55	0,3797	0,0155
10,8	25,3	24,55	24,65	24,65	0,3797	0,0154
11,7	25,35	24,75	24,75	24,75	0,3464	0,0140
12,6	25,55	24,85	24,9	24,9	0,3764	0,0151
13,5	25,7	25,1	25,1	25,1	0,3464	0,0138
14,4	25,85	25,25	25,3	25,3	0,3189	0,0126
15,3	26,05	25,45	25,5	25,5	0,3189	0,0125
16,2	26,25	25,6	25,65	25,65	0,3476	0,0136
17,1	26,4	25,95	25,85	25,95	0,2661	0,0103
18	26,6	26,15	26,15	26,15	0,2598	0,0099
18,9	26,85	26,4	26,35	26,4	0,2614	0,0099
19,8	27,05	26,65	26,55	26,65	0,2380	0,0089
20,7	27,25	26,95	26,9	26,95	0,1756	0,0065
21,6	27,5	27,2	27,1	27,2	0,1826	0,0067
22,5	27,75	27,45	27,4	27,45	0,1756	0,0064
23,4	28	27,75	27,7	27,75	0,1472	0,0053
24,3	28,2	28,05	27,95	28,05	0,1041	0,0037
25,2	28,6	28,35	28,3	28,35	0,1472	0,0052
26,1	28,8	28,7	28,7	28,7	0,0577	0,0020
27	29,15		28,95	29,05	16,7722	0,5774

Sonda 5 (Centro Interna)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	23,65	23,75	23,75	23,75	0,0577	0,0024
0,9	23,6	23,75	23,75	23,75	0,0866	0,0036
1,8	23,9	23,75	23,75	23,75	0,0866	0,0036
2,7	24,35	24,15	24,2	24,2	0,0913	0,0038
3,6	25,15	24,6	24,65	24,65	0,2901	0,0118
4,5	25,85	25,2	25,5	25,5	0,2661	0,0104
5,4	26,55	26	26,35	26,35	0,2327	0,0088
6,3	27,45	26,6	27,3	27,3	0,4133	0,0151
7,2	28,4	27,45	28,5	28,4	0,5515	0,0194
8,1	29,45	28,35	29,75	29,45	0,6583	0,0224
9	30,55	29,25	30,95	30,55	0,7853	0,0257
9,9	31,5	30,25	32,2	31,5	0,8271	0,0263
10,8	32,6	31,25	33,6	32,6	0,9700	0,0298
11,7	33,6	32,2	35	33,6	1,1431	0,0340
12,6	34,85	33,2	36,4	34,85	1,3070	0,0375
13,5	35,95	34,2	37,85	35,95	1,4914	0,0415
14,4	37,1	35,2	39,4	37,1	1,7224	0,0464
15,3	38,3	36,3	40,9	38,3	1,8938	0,0494
16,2	39,45	37,4	42,45	39,45	2,0978	0,0532
17,1	40,65	38,4	44,05	40,65	2,3539	0,0579
18	42,05	39,5	45,6	42,05	2,5236	0,0600
18,9	43,2	40,6	47,2	43,2	2,7544	0,0638
19,8	44,5	41,7	48,7	44,5	2,9143	0,0655
20,7	45,7	42,95	50,2	45,7	3,0448	0,0666
21,6	46,95	43,95	51,75	46,95	3,2680	0,0696
22,5	48,3	45,1	53,4	48,3	3,4761	0,0720
23,4	49,35	46,3	54,8	49,35	3,6058	0,0731
24,3	50,6	47,3	56,35	50,6	3,8276	0,0756
25,2	51,8	48,45	57,8	51,8	3,9675	0,0766
26,1	52,95	49,4	59,4	52,95	4,2507	0,0803
27	53,85		60,65	57,25	33,1697	0,5794

Sonda 1 (Verde de cobalto)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	24,55	24,3	25	24,55	0,2972	0,0121
0,9	24,6	24,4	25	24,6	0,2582	0,0105
1,8	24,55	24,3	25,05	24,55	0,3227	0,0131
2,7	24,6	24,45	25,05	24,6	0,2739	0,0111
3,6	24,6	24,4	25,15	24,6	0,3379	0,0137
4,5	24,65	24,45	25,2	24,65	0,3379	0,0137
5,4	24,65	24,4	25,25	24,65	0,3753	0,0152
6,3	24,7	24,45	25,35	24,7	0,4021	0,0163
7,2	24,75	24,55	25,55	24,75	0,4761	0,0192
8,1	24,75	24,55	25,65	24,75	0,5323	0,0215
9	24,8	24,65	25,8	24,8	0,5838	0,0235
9,9	24,95	24,7	26	24,95	0,6232	0,0250
10,8	25	24,85	26,1	25	0,6410	0,0256
11,7	25,1	25	26,35	25,1	0,7240	0,0288
12,6	25,15	25,1	26,65	25,15	0,8665	0,0345
13,5	25,15	25,25	26,8	25,25	0,8968	0,0355
14,4	25,3	25,4	27,05	25,4	0,9544	0,0376
15,3	25,35	25,5	27,25	25,5	1,0141	0,0398
16,2	25,45	25,75	27,7	25,75	1,1391	0,0442
17,1	25,6	25,95	27,8	25,95	1,0870	0,0419
18	25,7	26,15	28,05	26,15	1,1273	0,0431
18,9	25,8	26,35	28,55	26,35	1,3093	0,0497
19,8	25,9	26,55	28,65	26,55	1,2692	0,0478
20,7	26	26,75	29	26,75	1,3693	0,0512
21,6	26,15	27	29,45	27	1,4972	0,0555
22,5	26,25	27,25	29,7	27,25	1,5278	0,0561
23,4	26,4	27,5	30,1	27,5	1,6299	0,0593
24,3	26,6	27,85	30,4	27,85	1,6396	0,0589
25,2	26,8	28	30,75	28	1,7323	0,0619
26,1	26,9	28,3	31,1	28,3	1,8074	0,0639
27	27,05	28,65	31,45	28,65	1,8619	0,0650

Sonda 2 (Azul de cobalto)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	25,45	24,4	25,4	25,4	0,5781	0,0228
0,9	25,45	24,3	25,4	25,4	0,6357	0,0250
1,8	25,45	24,35	25,5	25,45	0,6357	0,0250
2,7	25,45	24,35	25,55	25,45	0,6377	0,0251
3,6	25,5	24,35	25,6	25,5	0,6665	0,0261
4,5	25,55	24,3	25,6	25,55	0,7223	0,0283
5,4	25,55	24,35	25,65	25,55	0,6952	0,0272
6,3	25,7	24,45	25,8	25,7	0,7240	0,0282
7,2	25,75	24,4	25,85	25,75	0,7816	0,0304
8,1	25,85	24,4	25,95	25,85	0,8391	0,0325
9	25,95	24,5	26,1	25,95	0,8416	0,0324
9,9	26,05	24,5	26,3	26,05	0,9065	0,0348
10,8	26,1	24,5	26,45	26,1	0,9456	0,0362
11,7	26,25	24,55	26,65	26,25	1,0083	0,0384
12,6	26,4	24,55	26,75	26,4	1,0870	0,0412
13,5	26,6	24,65	27	26,6	1,1493	0,0432
14,4	26,7	24,75	27,2	26,7	1,1623	0,0435
15,3	26,9	24,6	27,4	26,9	1,3589	0,0505
16,2	27	24,7	27,7	27	1,3880	0,0514
17,1	27,25	24,75	28	27,25	1,5069	0,0553
18	27,45	24,8	28,2	27,45	1,5901	0,0579
18,9	27,75	24,9	28,55	27,75	1,7090	0,0616
19,8	28	24,9	28,85	28	1,8558	0,0663
20,7	28,25	25	29,25	28,25	1,9632	0,0695
21,6	28,55	25,05	29,55	28,55	2,1016	0,0736
22,5	28,8	25,1	29,95	28,8	2,2370	0,0777
23,4	29,15	25,15	30,3	29,15	2,4029	0,0824
24,3	29,4	25,3	30,7	29,4	2,4833	0,0845
25,2	29,7	25,35	31,05	29,7	2,6296	0,0885
26,1	30,1	25,5	31,4	30,1	2,7598	0,0917
27	30,4	25,5	31,8	30,4	2,9422	0,0968

Sonda 3 (Azul Ultramar)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	28	25,7	26,4	25,4	1,0083	0,0382
0,9	28,05	25,8	26,45	25,45	0,9971	0,0377
1,8	28,05	25,9	26,45	25,45	0,9768	0,0369
2,7	28,05	25,75	26,45	25,45	1,0083	0,0381
3,6	28,15	25,85	26,5	25,5	1,0239	0,0386
4,5	28,15	25,8	26,5	25,5	1,0348	0,0390
5,4	28,25	26	26,6	25,6	1,0137	0,0381
6,3	28,2	25,95	26,75	25,75	0,9561	0,0357
7,2	28,25	26,05	26,75	25,75	0,9557	0,0357
8,1	28,3	26,05	26,8	25,8	0,9682	0,0361
9	28,35	26,25	26,9	25,9	0,9174	0,0341
9,9	28,45	26,3	27	26	0,9296	0,0344
10,8	28,45	26,5	27,3	26,3	0,8088	0,0296
11,7	28,5	26,65	27,45	26,45	0,7621	0,0278
12,6	28,55	26,85	27,5	26,5	0,7130	0,0259
13,5	28,7	26,95	27,75	26,75	0,7171	0,0258
14,4	28,7	27,2	27,85	26,85	0,6178	0,0222
15,3	28,9	27,45	28,05	27,05	0,6007	0,0214
16,2	28,8	27,75	28,25	27,25	0,4291	0,0152
17,1	29,05	28	28,5	27,5	0,4291	0,0151
18	29,1	28,2	28,7	27,7	0,3697	0,0129
18,9	29,2	28,55	28,9	27,9	0,2661	0,0092
19,8	29,4	28,8	29,15	28,15	0,2483	0,0085
20,7	29,45	29,15	29,3	28,3	0,1225	0,0042
21,6	29,6	29,35	29,65	28,6	0,1472	0,0050
22,5	29,6	29,8	29,8	28,8	0,1155	0,0039
23,4	29,8	30,15	30,1	29,1	0,1756	0,0058
24,3	29,85	30,55	30,45	29,45	0,3512	0,0115
25,2	29,9	30,95	30,8	29,8	0,5268	0,0171
26,1	30,05	31,35	31,1	30,1	0,6232	0,0200
27	30,2	31,7	31,35	30,35	0,6940	0,0221

Sonda 4 (Negro marfil)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	27,55	23,9	24,6	24,6	1,7505	0,0712
0,9	27,6	23,9	24,6	24,6	1,7786	0,0723
1,8	27,65	23,95	24,65	24,65	1,7786	0,0722
2,7	27,7	23,9	24,6	24,6	1,8348	0,0746
3,6	27,8	23,9	24,65	24,65	1,8695	0,0758
4,5	27,8	23,95	24,7	24,7	1,8414	0,0746
5,4	27,85	23,95	24,7	24,7	1,8695	0,0757
6,3	27,9	23,95	24,75	24,75	1,8764	0,0758
7,2	27,95	24	24,75	24,75	1,8976	0,0767
8,1	28,05	24	24,8	24,8	1,9324	0,0779
9	28,1	24,05	24,8	24,8	1,9538	0,0788
9,9	28,2	24,1	24,9	24,9	1,9604	0,0787
10,8	28,25	24,25	25	25	1,9257	0,0770
11,7	28,45	24,25	25,1	25,1	1,9954	0,0795
12,6	28,55	24,3	25,25	25,25	1,9826	0,0785
13,5	28,65	24,4	25,25	25,25	2,0234	0,0801
14,4	28,75	24,4	25,35	25,35	2,0382	0,0804
15,3	28,8	24,45	25,5	25,5	1,9994	0,0784
16,2	28,95	24,5	25,6	25,6	2,0357	0,0795
17,1	29	24,55	25,7	25,7	2,0176	0,0785
18	29,1	24,65	25,8	25,8	2,0176	0,0782
18,9	29,2	24,75	26	26	1,9835	0,0763
19,8	29,45	24,85	26,1	26,1	2,0644	0,0791
20,7	29,55	24,95	26,3	26,3	2,0318	0,0773
21,6	29,55	25,2	26,4	26,4	1,9462	0,0737
22,5	29,6	25,3	26,65	26,65	1,8731	0,0703
23,4	29,75	25,4	26,8	26,8	1,8852	0,0703
24,3	29,85	25,55	27	27	1,8462	0,0684
25,2	30	25,7	27,1	27,1	1,8592	0,0686
26,1	30,25	25,85	27,35	27,35	1,8850	0,0689
27	30,35	26	27,5	27,5	1,8594	0,0676

Sonda 5 (Centro Interna)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/2	muestra 1/3			
0	23,75	24,25	24,55	24,25	0,3367	0,0139
0,9	23,8	24,3	24,65	24,3	0,3524	0,0145
1,8	23,85	24,2	25,15	24,2	0,5845	0,0242
2,7	24,15	24,3	25,8	24,3	0,8703	0,0358
3,6	24,7	24,8	26,6	24,8	1,0408	0,0420
4,5	25,5	25,25	27,55	25,5	1,1923	0,0468
5,4	26,4	25,7	28,65	26,4	1,3605	0,0515
6,3	27,3	26,25	29,75	27,3	1,5389	0,0564
7,2	28,35	26,9	30,9	28,35	1,6936	0,0597
8,1	29,5	27,45	32,2	29,5	1,9573	0,0663
9	30,65	28,15	33,45	30,65	2,1672	0,0707
9,9	31,75	28,9	34,75	31,75	2,3890	0,0752
10,8	33	29,7	36,1	33	2,6141	0,0792
11,7	34,2	30,45	37,6	34,2	2,9225	0,0855
12,6	35,5	31,1	38,9	35,5	3,2104	0,0904
13,5	36,8	31,85	40,3	36,8	3,5001	0,0951
14,4	38,05	32,7	41,9	38,05	3,8055	0,1000
15,3	39,4	33,5	43,35	39,4	4,0993	0,1040
16,2	40,8	34,35	44,9	40,8	4,4126	0,1082
17,1	42,25	35,2	46,45	42,25	4,7379	0,1121
18	43,7	36,05	47,85	43,7	5,0248	0,1150
18,9	45,1	36,9	49,35	45,1	5,3324	0,1182
19,8	46,5	37,75	50,75	46,5	5,6162	0,1208
20,7	47,9	38,65	52,25	47,9	5,9016	0,1232
21,6	49,3	39,55	53,75	49,3	6,1878	0,1255
22,5	50,7	40,45	55,15	50,7	6,4515	0,1272
23,4	52,05	41,3	56,65	52,05	6,7509	0,1297
24,3	53,55	42,3	58,05	53,55	6,9955	0,1306
25,2	54,75	43,25	59,55	54,75	7,1947	0,1314
26,1	56,05	44,15	60,9	56,05	7,4192	0,1324
27	57,15	44,9	61,85	57,15	7,5752	0,1326

Sonda 1 (Blanco de Titanio)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	24,7	24,85	25,4	24,85	0,3291	0,0132
0,9	24,85	24,85	25,5	24,85	0,3753	0,0151
1,8	24,8	24,95	25,45	24,95	0,3014	0,0121
2,7	24,8	24,9	25,5	24,9	0,3512	0,0141
3,6	24,85	24,9	25,6	24,9	0,4052	0,0163
4,5	24,85	24,95	25,65	24,95	0,4082	0,0164
5,4	24,85	25,05	25,75	25,05	0,4203	0,0168
6,3	24,9	25,2	25,75	25,2	0,3617	0,0144
7,2	24,95	25,15	25,9	25,15	0,4481	0,0178
8,1	25,05	25,25	25,95	25,25	0,4203	0,0166
9	25,15	25,4	26,05	25,4	0,4021	0,0158
9,9	25,25	25,55	26,2	25,55	0,4133	0,0162
10,8	25,35	25,6	26,3	25,6	0,4291	0,0168
11,7	25,45	25,85	26,4	25,85	0,3926	0,0152
12,6	25,6	26,05	26,55	26,05	0,3884	0,0149
13,5	25,7	26,2	26,65	26,2	0,3884	0,0148
14,4	25,9	26,4	26,85	26,4	0,3884	0,0147
15,3	26,1	26,65	27	26,65	0,3764	0,0141
16,2	26,25	26,85	27,15	26,85	0,3873	0,0144
17,1	26,4	27,05	27,3	27,05	0,4021	0,0149
18	26,65	27,3	27,6	27,3	0,4133	0,0151
18,9	26,85	27,65	27,75	27,65	0,4655	0,0168
19,8	27,05	27,85	27,95	27,85	0,4655	0,0167
20,7	27,3	28,1	28,05	28,05	0,4340	0,0155
21,6	27,6	28,45	28,45	28,45	0,4907	0,0172
22,5	27,75	28,65	28,6	28,6	0,4916	0,0172
23,4	28	29	28,75	28,75	0,4564	0,0159
24,3	28,4	29,4	29,1	29,1	0,4397	0,0151
25,2	28,6	29,6	29,45	29,45	0,4983	0,0169
26,1	28,85	29,95	29,6	29,6	0,4778	0,0161
27	29,1	30,25	29,85	29,85	0,4907	0,0164

Sonda 2 (Blanco de Cinc)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	25,3	27,4	27,15	27,15	1,0778	0,0397
0,9	25,3	27,45	27,2	27,2	1,1064	0,0407
1,8	25,25	27,5	27,2	27,2	1,1391	0,0419
2,7	25,3	27,45	27,3	27,3	1,1579	0,0424
3,6	25,35	27,5	27,35	27,35	1,1579	0,0423
4,5	25,4	27,55	27,4	27,4	1,1579	0,0423
5,4	25,5	27,6	27,4	27,4	1,1030	0,0403
6,3	25,5	27,65	27,5	27,5	1,1579	0,0421
7,2	25,6	27,7	27,65	27,65	1,1839	0,0428
8,1	25,6	27,8	27,7	27,7	1,2138	0,0438
9	25,6	27,95	27,8	27,8	1,2731	0,0458
9,9	25,75	28	27,95	27,95	1,2705	0,0455
10,8	25,9	28,15	28,05	28,05	1,2426	0,0443
11,7	26	28,35	28,2	28,2	1,2731	0,0451
12,6	26,1	28,5	28,3	28,3	1,2754	0,0451
13,5	26,2	28,6	28,5	28,5	1,3292	0,0466
14,4	26,35	28,85	28,65	28,65	1,3329	0,0465
15,3	26,5	29	28,85	28,85	1,3595	0,0471
16,2	26,7	29,25	29,05	29,05	1,3617	0,0469
17,1	26,8	29,5	29,2	29,2	1,3964	0,0478
18	27	29,7	29,45	29,45	1,4219	0,0483
18,9	27,15	30	29,65	29,65	1,4575	0,0492
19,8	27,35	30,15	29,85	29,85	1,4537	0,0487
20,7	27,55	30,45	30,2	30,2	1,5368	0,0509
21,6	27,8	30,65	30,45	30,45	1,5343	0,0504
22,5	27,95	30,95	30,65	30,65	1,5684	0,0512
23,4	28,2	31,2	30,95	30,95	1,5943	0,0515
24,3	28,45	31,55	31,2	31,2	1,6005	0,0513
25,2	28,7	31,8	31,55	31,55	1,6518	0,0524
26,1	29	32,05	31,75	31,75	1,5971	0,0503
27	29,2	32,4	32,1	32,1	1,6833	0,0524

Sonda 3 (Carbonato cálcico)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	26,1	NO SIGNAL	27	25,55		
0,9	26	26,4	26,95	25,4	0,3926	0,0149
1,8	26,05	26,45	27,1	25,45	0,4406	0,0167
2,7	26,1	26,4	27,2	25,4	0,4933	0,0187
3,6	26,1	26,5	27,2	25,5	0,4655	0,0176
4,5	26,2	26,5	27,25	25,5	0,4664	0,0176
5,4	26,3	26,5	27,25	25,5	0,4481	0,0169
6,3	26,25	26,55	27,45	25,55	0,5477	0,0206
7,2	26,3	26,65	27,35	25,65	0,4518	0,0170
8,1	26,4	26,7	27,5	25,7	0,4933	0,0185
9	26,6	26,75	27,55	25,75	0,4699	0,0176
9,9	26,55	26,8	27,7	25,8	0,5393	0,0201
10,8	26,65	26,9	27,8	25,9	0,5393	0,0200
11,7	26,8	27,05	27,85	26,05	0,4839	0,0179
12,6	27	27,25	28,05	26,25	0,4839	0,0178
13,5	27,1	27,35	28,15	26,35	0,4839	0,0177
14,4	27,3	27,5	28,35	26,5	0,5041	0,0183
15,3	27,45	27,6	28,55	26,6	0,5553	0,0201
16,2	27,65	27,8	28,7	26,8	0,5268	0,0189
17,1	27,9	27,85	28,85	26,9	0,5492	0,0197
18	27,95	28,05	29	27,05	0,5515	0,0197
18,9	28,25	28,25	29,2	27,25	0,5485	0,0194
19,8	28,5	28,45	29,4	27,5	0,5204	0,0183
20,7	28,75	28,7	29,55	27,75	0,4628	0,0161
21,6	28,95	28,8	29,8	27,95	0,4983	0,0172
22,5	29,25	28,95	30,05	28,25	0,4933	0,0169
23,4	29,6	29,3	30,15	28,6	0,3617	0,0122
24,3	29,75	29,35	30,3	28,75	0,3926	0,0132
25,2	30,1	29,55	30,6	29,1	0,4291	0,0143
26,1	30,3	29,85	30,8	29,3	0,3884	0,0128
27	30,65	30	31	29,65	0,4262	0,0139

Sonda 4 (Sulfato cálcico)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	24,4	24,65	25,7	24,65	0,6232	0,0253
0,9	24,45	24,65	25,75	24,65	0,6455	0,0262
1,8	24,4	24,7	25,75	24,7	0,6305	0,0255
2,7	24,4	24,65	25,75	24,65	0,6513	0,0264
3,6	24,35	24,7	25,85	24,7	0,6940	0,0281
4,5	24,4	24,7	25,85	24,7	0,6862	0,0278
5,4	24,4	24,75	25,95	24,75	0,7217	0,0292
6,3	24,45	24,85	26	24,85	0,7030	0,0283
7,2	24,45	24,9	26,05	24,9	0,7130	0,0286
8,1	24,45	25	26,15	25	0,7360	0,0294
9	24,5	25,15	26,15	25,15	0,6886	0,0274
9,9	24,55	25,25	26,25	25,25	0,7047	0,0279
10,8	24,6	25,35	26,35	25,35	0,7217	0,0285
11,7	24,65	25,5	26,45	25,5	0,7360	0,0289
12,6	24,75	25,7	26,5	25,7	0,7171	0,0279
13,5	24,8	25,85	26,6	25,85	0,7450	0,0288
14,4	24,9	26,05	26,75	26,05	0,7773	0,0298
15,3	25	26,2	26,85	26,2	0,7879	0,0301
16,2	25,15	26,4	26,95	26,4	0,7885	0,0299
17,1	25,3	26,6	27,1	26,6	0,8042	0,0302
18	25,4	26,9	27,25	26,9	0,8893	0,0331
18,9	25,55	27,1	27,35	27,1	0,9065	0,0334
19,8	25,7	27,3	27,5	27,3	0,9309	0,0341
20,7	25,8	27,55	27,7	27,55	1,0141	0,0368
21,6	26	27,8	27,75	27,75	1,0108	0,0364
22,5	26,15	28,05	27,95	27,95	1,0408	0,0372
23,4	26,3	28,3	28,15	28,15	1,0716	0,0381
24,3	26,45	28,65	28,25	28,25	1,0646	0,0377
25,2	26,65	28,9	28,45	28,45	1,0712	0,0377
26,1	26,85	29,15	28,65	28,65	1,0786	0,0376
27	27	29,45	28,85	28,85	1,1229	0,0389

Sonda 5 (centro Interna)				Mediana	Desviación	Normalizada
Tiempo	muestra 1/1	muestra 1/3	muestra 1/4			
0	24,15	24,45	24,5	24,45	0,1756	0,0072
0,9	24,2	24,5	24,65	24,5	0,1936	0,0079
1,8	24,2	24,45	25,15	24,45	0,4291	0,0176
2,7	24,3	24,55	25,85	24,55	0,7643	0,0311
3,6	24,6	24,9	26,6	24,9	0,9967	0,0400
4,5	25,25	25,5	27,45	25,5	1,1350	0,0445
5,4	26	26,15	28,35	26,15	1,2731	0,0487
6,3	26,8	26,9	29,4	26,9	1,4445	0,0537
7,2	27,7	27,85	30,4	27,85	1,4748	0,0530
8,1	28,65	28,7	31,35	28,7	1,5303	0,0533
9	29,8	29,75	32,45	29,8	1,5303	0,0514
9,9	30,85	30,7	33,5	30,85	1,5324	0,0497
10,8	31,95	31,7	34,6	31,95	1,5368	0,0481
11,7	33,1	32,75	35,85	33,1	1,6005	0,0484
12,6	34,35	33,8	36,9	34,35	1,5061	0,0438
13,5	35,5	34,95	38	35,5	1,4779	0,0416
14,4	36,75	36,05	39,15	36,75	1,4434	0,0393
15,3	37,95	37,2	40,35	37,95	1,4517	0,0383
16,2	39,3	38,4	41,55	39,3	1,3991	0,0356
17,1	40,55	39,55	42,95	40,55	1,5011	0,0370
18	41,95	40,7	44,05	41,95	1,4110	0,0336
18,9	43,3	42,05	45,3	43,3	1,3617	0,0314
19,8	44,65	43,2	46,5	44,65	1,3571	0,0304
20,7	45,95	44,4	47,7	45,95	1,3497	0,0294
21,6	47,35	45,6	48,95	47,35	1,3690	0,0289
22,5	48,65	46,85	50,05	48,65	1,3166	0,0271
23,4	49,9	48,05	51,25	49,9	1,3222	0,0265
24,3	51,25	49,2	52,5	51,25	1,3862	0,0270
25,2	52,55	50,4	53,65	52,55	1,3943	0,0265
26,1	53,85	51,6	54,75	53,85	1,3991	0,0260
27	55,05	52,6	55,95	55,05	1,5069	0,0274



## ANEXO 2

A continuación se muestran las gráficas extraídas de los espectros. En ellas se refleja la diferencia colorimétrica establecida de cada una de las policromías entre antes y después del tratamiento.

Como se ha detallado en el informe, de cada probeta se han realizado dos mediciones una en un punto exterior y otra en un punto interior.

Cada una de las gráficas refleja la media creada a partir de las tres copias realizadas en cada grupo de probetas.

