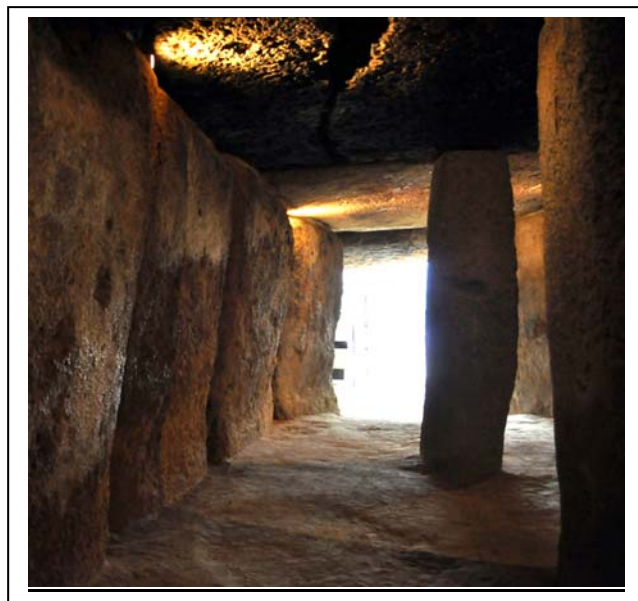


Estudio Microclimático de los Dólmenes de Antquera

2009, 2010 y 2011





INFORME "PRIMERA FASE, DE LOS ESTUDIOS MEDIO AMBIENTALES Y ANALISIS MICROCLIMATICOS, REALIZADOS SOBRE EL CONJUNTO ARQUEOLOGICO DE LOS DOLMENES DE ANTEQUERA, MÁLAGA"

DICIEMBRE 2011



**INFORME "PRIMERA FASE, DE LOS ESTUDIOS MEDIO AMBIENTALES Y
ANÁLISIS MICROCLIMÁTICOS, REALIZADOS SOBRE EL CONJUNTO
ARQUEOLÓGICO DE LOS DÓLMENES DE ANTEQUERA, MÁLAGA"**

Mes Diciembre 2011

ÍNDICE	Pag.
I. INTRODUCCION.	5-6
II. HIPÓTESIS y OBJETIVOS DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA PARA LA CONSERVACIÓN DEL CONJUNTO ARQUEOLOGICO DE LOS DOLMENES DE MALAGA.	7-8
III. ESTUDIOS PROPUESTOS Y REALIZADOS POR LA UNIDAD DE CONSERVACION PREVENTIVA EN EL CONJUNTO ARQUEOLOGICO DE LOS DOLMENES DE MALAGA: METODOLOGIA Y RESULTADOS.	8
III.1. ESTUDIO DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y MICROCLIMÁTICAS DE LOS DOLMENES	16-60
III.2. ESTUDIO DE LA EXISTENCIA, CARACTERÍSTICAS, DINÁMICA TEMPORAL Y VARIACIONES CUANTITATIVAS DE LOS EVENTUALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	61-62
III.3. REALIZACIÓN DE UNA INVESTIGACIÓN TERMO-HIDROGRÁFICA DEL DOLMEN DE MENGA	62-67
IV. CONCLUSIONES FINALES	68
V. BIBLIOGRAFÍA GENERAL	69-72
VI. FICHA TÉCNICA.	73

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

A iniciativa de la Dirección del Conjunto Arqueológico de los Dólmenes de Antequera de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, se encomienda en enero de 2011, al Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, la propuesta de realizar los estudios medio ambientales y análisis microclimáticos, realizados sobre el conjunto arqueológico de los Dólmenes desde el año 2009.

La propuesta de investigación y estudio, que propuso la Unidad de conservación preventiva en la reunión realizada en febrero de 2011 con la Dirección del Conjunto y con los técnicos del mismo, va más allá de una simple intervención u de la realización de una investigación fin a sí misma, que pudiera programarse con una finalidad que es la de realizar una normal actuación de conservación y restauración, con todas las complicaciones operativas que implica una intervención sobre un monumento de este tipo.

La propuesta que se llevó en esta reunión fue la de buscar las causas medioambientales que están afectando al conjunto Dolménico en cuestión.

1.2. ESTADO DE LA CUESTION

Hoy día, sabemos que la actuación sobre un bien cultural va más allá de la simple descripción de las distintas fases operativas de trabajo en un orden secuencial y lógico (documentación gráfica, documentación fotográfica, limpieza, consolidación y reintegración etc.), situando las referencias concretas de la actuación en el estado de la obra a restaurar y en particular en los productos a emplear y a su método de aplicación (que serán decididos en fase de proyecto y de trabajo según las circunstancias y las necesidades).

El objeto de la intervención prevista no sólo deberá intentar solucionar los problemas usuales en este tipo de monumento como son; la degradación de los dólmenes (estructura arquitectónica o decoraciones rupestre presentes en ellos), sino que por el contrario la propuesta realizada debería dar respuestas a las preguntas relativas a la eliminación de las causas de la degradación, a su estudio preventivo, y a la aplicación de los medios necesarios que garanticen que después de la intervención realizada sobre las superficies, éstas no vuelvan a sufrir (como ha sucedido en intervenciones anteriores años 80-90) de la misma manera la influencia del medioambiente y del entorno que fue origen de las patologías iniciales, como en el caso que nos ocupa.

En la práctica común, en intervenciones sobre un monumento o un conjunto como lo que nos ocupa, se determina una situación en la que la atención se centra en exclusividad sobre los materiales con los cuales está constituido el conjunto de los Dólmenes y sobre su naturaleza físico-química, siendo del todo formal y superficial el interés hacia la **problemática ambiental**, y hacia los estudios de los fenómenos que constituyen el contexto del cual el monumento forma parte y desde el cual provienen las patologías de alteración detectadas en el conjunto, en síntesis nos preocupamos más del "**cómo**" solucionar los problemas conservativos y cuáles son los materiales que se deben emplear en la intervención, más que preguntarnos "**porque**" debemos intervenir, **porque** aportar materiales ajenos creados industrialmente y de los cuales no conocemos sus resultados en el tiempo, lo que necesitamos es entender la problemática que este conjunto tiene en particular.

Esta carencia es fruto de dos elementos:

- el primero es que el estudio del material y de los medios de intervención han sido fruto exclusivamente de la operatividad.
- el segundo, es que la restauración de los bienes en cuestión, debe ser entendida como una actuación sobre el binomio obra-ambiente, requiriendo la participación de disciplinas científicas nuevas de considerable complejidad y que constituyen sin duda la futura línea de desarrollo del trabajo en concreto.

Si estas preguntas quedan sin respuestas se correrá el riesgo que la intervención prevista se traduzca en el futuro en una debilitación del material original, ligado a la naturaleza de los productos utilizados para la consolidación y otras operaciones, es decir, en una disminución de su capacidad de resistencia, a medio y a largo plazo, a los agentes de degradación.

Este cambio de mentalidad conlleva el abandono de los conceptos teóricos fundamentales de la restauración moderna, que se definen en la actualidad como una actividad **crítica** y no meramente técnica.

Todos los estudios y las investigaciones analíticas y de intervención, producidas a lo largo de la fase de diagnóstico, deben encontrar su propio rol en el ámbito de una compleja acción de recuperación crítica del monumento, que es el fruto de la contribución de las diferentes especialidades que participan en el estudio, mostrando un cuadro unitario que es lo que constituye el propio proyecto.

Todas las operaciones analíticas y de intervención deben encontrar su propio rol en el ámbito de una compleja acción de recuperación crítica del monumento, que es el fruto de la labor interdisciplinar anteriormente descritas.

De la documentación consultada hasta el momento (proyectos arquitectónico de intervención en los Dólmenes e investigaciones realizadas, como la prospección geomagnética y arqueológica etc.) se desprende una cierta carencia de unidad metodológica, en las actuaciones propuestas ya que las intervenciones previstas deben de consistir además de la aplicación de tratamientos pormenorizados según los dólmenes, en una valoración global de las condiciones de existencia del conjunto desde el punto de vista sea ambiental como del contexto al cual pertenecen.

En síntesis podemos decir:

- 1- Necesidad de una actuación interdisciplinar, definida en un proyecto de la misma índole y con la inclusión de los medios culturales adecuados a una intervención de recuperación global del Monumento (**visión crítica**).
- 2- Un trabajo, que no debe reducirse solo, a una acción aislada sobre los materiales constitutivos de los diferentes dólmenes, haciendo sólo referencia formal y casi retórica a los fenómenos ligados a la interacción entre el material y el ambiente, que por el contrario constituye hoy el campo privilegiado de la reflexión metodológica y operativa sobre los bienes culturales. Esto no quiere decir renunciar a la aplicación de aquellos tratamientos puntuales y de urgencia que requiera el bien cultural, sin omitir la necesidad de plantear un Proyecto de Investigación que constituya una acción ejemplificadora sobre este tipo de conjunto arqueológico, únicos en su género.

II. HIPÓTESIS y OBJETIVOS DE LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA PARA LA CONSERVACIÓN DEL CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE LOS DOLMENES DE ANTEQUERA.

En el momento actual del estudio, se ha dirigido la investigación y los esfuerzos de los diferentes especialistas, a profundizar sobre las causas y las dinámicas de las patologías y fenómenos de alteración existentes, y a dar a los responsables de la gestión del monumento los elementos científicos indispensables para proceder a la redacción de un proyecto de intervención que garantice la mejor tutela del mismo eliminando los agentes patológicos causantes de la degradación y no actuando solamente sobre las alteraciones existentes.

En la convicción de que una aproximación correcta hacia los problemas de conservación, imponga siempre la mayor atención a las causas de alteración de los materiales, a su estudio y a su eliminación antes de intervenir con perspectiva de éxito, se propuso por parte de esta unidad, de profundizar en el estudio de los factores de degradación tomando como punto de partida los elementos que resultan hoy delimitados, a fin de:

- 1.- Verificar las hipótesis existentes y cuantificar la incidencia de los parámetros ambientales y de los contaminantes sobre la vida del monumento.
- 2.- Formular hipótesis para el restablecimiento de las condiciones ambientales adecuadas a garantizar para el futuro la buena supervivencia de los materiales.
- 3.- Verificar experimentalmente y con simulación la idoneidad de cuanto se ha hipotizado con objeto de garantizar el éxito.

Si como parece por los estudios medioambientales realizados, los factores principales de degradación están producidos por el clima en el cual el conjunto está inmerso (estar ubicadas en una colina cerca del casco urbano de Antequera, proximidad al mar, infiltraciones de humedad a través del túmulo etc.), ha sido prioritario efectuar un estudio completo de la fenomenología de alteración prolongado en el tiempo, con objeto de cubrir todas las posibles condiciones climáticas, desde las más estresantes a las más normales.

La finalidad general de cuanto se ha dicho anteriormente, es la de individuar la historia del monumento y sus condiciones de conservación en aquellos momentos en los que el complejo cuadro de parámetros químico-físico, climáticos, arqueológico y arquitectónico, en su globalidad, conlleven a situaciones de estrés a los materiales constitutivos, con objeto de investigar y reconstruir con metodología científica las relaciones entre el monumento y el ambiente circundante, en cuya dinámica encuentra origen el complejo de fenómenos físico-químico y estructurales que sintéticamente se indica con el término de degradación.

Una vez individuados los momentos estresantes y su fenomenología en relación con las variaciones climáticas, se ha podido hipotizar las intervenciones de conservación pasiva, que no interesen al material sino a su ambiente, con objeto de reducir a términos aceptables aquellos momentos en los parámetros ambientales y físico-químico que sean peligrosos y que se deben tener presente a la hora de realizar la intervención en el binomio **monumento-ambiente**.

El objetivo general o finalidad de este estudio, es disponer de datos cuantificables que permitan extraer conclusiones sobre el comportamiento, la estabilidad y la idoneidad climática del monumento objeto de esta investigación.

Los objetivos específicos del presente estudio tuvieron por finalidad conocer:

- Evolución ambiental del interior de los diferentes dólmenes en relación con el exterior.
- Incidencia del exterior en la estabilidad ambiental del interior de los dólmenes.
- Comparación entre el microclima interior y el exterior.
- Existencia de fenómenos de condensación
- Relación entre la temperatura, la humedad relativa y la humedad específica.

III. ESTUDIOS PROPUESTOS Y REALIZADOS POR LA UNIDAD DE CONSERVACION PREVENTIVA EN EL CONJUNTO ARQUEOLÓGICO DE LOS DÓLMENES DE MÁLAGA: METODOLOGÍA Y RESULTADOS.

Los estudios de conservación Preventiva realizados, objeto de este informe, han consistido, en:

1.- Estudio de las condiciones climáticas del lugar y microclimáticas del conjunto arqueológico de los Dólmenes a través de la instalación in situ de un sistema de medición en continuo de los valores físicos que componen el clima del cual el monumento forma parte, y que permita conocer la evolución climática durante los diferentes ciclos anuales.

2.- Estudio de la existencia, características, dinámica temporal y variaciones cuantitativas de los eventuales contaminantes atmosféricos con objeto de determinar las interacciones existentes de estos agentes con los materiales constitutivos de los dólmenes. Para ello se realizará paralelamente a la instalación de la central climática un sistema de control periódico, de los contaminantes atmosféricos que incidan directa e indirectamente sobre este Monumento.

3.- Realización de una investigación termo-hidrográfica de los diferentes Dólmenes, para detectar todas las zonas con riesgos de condensación, utilizando un método de interpolación física de la información térmica con la humedad relativa del ambiente y el punto de rocío. De este modo se obtiene una información determinante con la cual evitar la aparición de ataques microbiológicos y una visión en tiempo real de todas las zonas en las cuales pueden producirse fenómenos de condensación o saturación superficial.

III.1.- Estudio de las condiciones climáticas y microclimáticas del Conjunto Arqueológico de los Dólmenes de Antequera

Instrumental

Para la realización de este estudio se dispuso de un sistema de control climático Dividido en dos marcas comerciales diferentes, compuesto por tres polos centrales, modelo Campbell Scientific CR 1000 y Nueve sondas modelo Testo 6651 conectadas por cable.

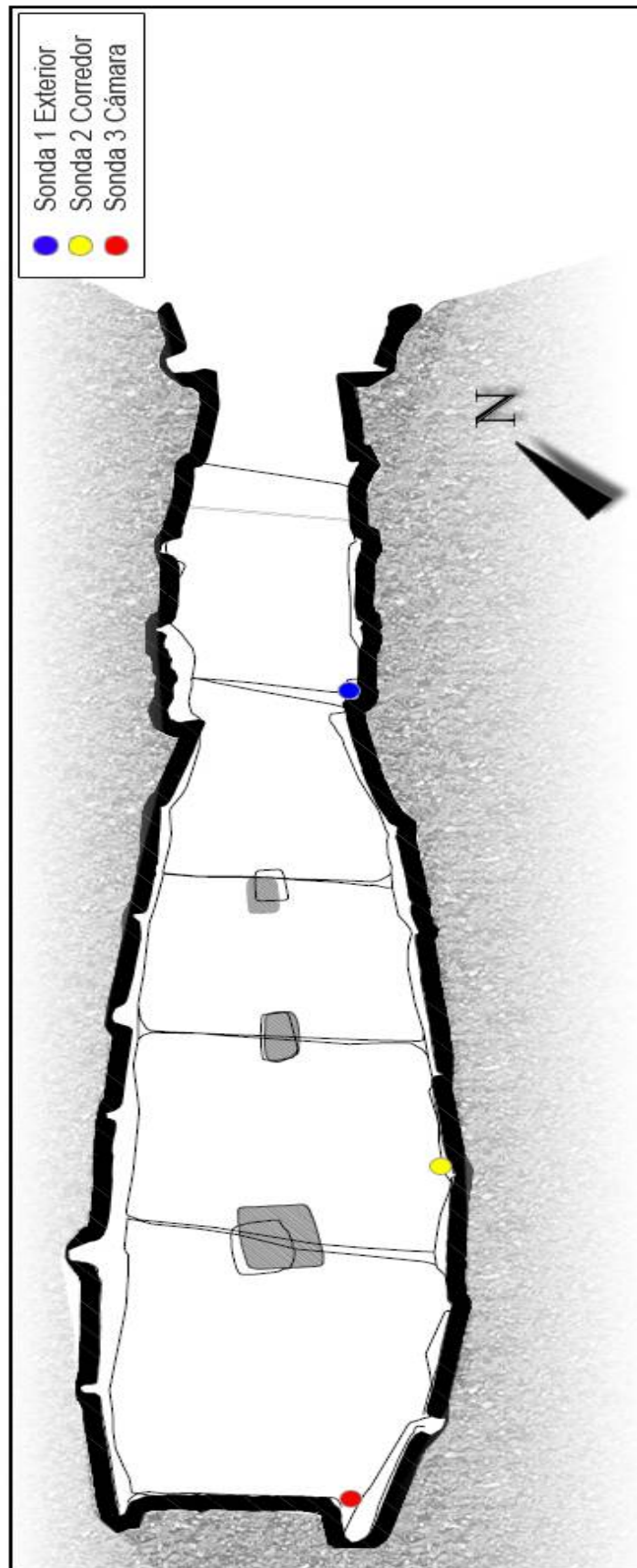
Diferenciaremos en tres las zonas de los estudios climáticos, una por cada dolmen o tholos.

En cada zona hay un polo central Campbell Scientific CR 1000, que reúne los datos de las tres sondas Testo 6651 que se ubican en el exterior-interior del monumento. Estas sondas son denominadas como; Sonda 1 Exterior, Sonda 2 Corredor y Sonda 3 Cámara.

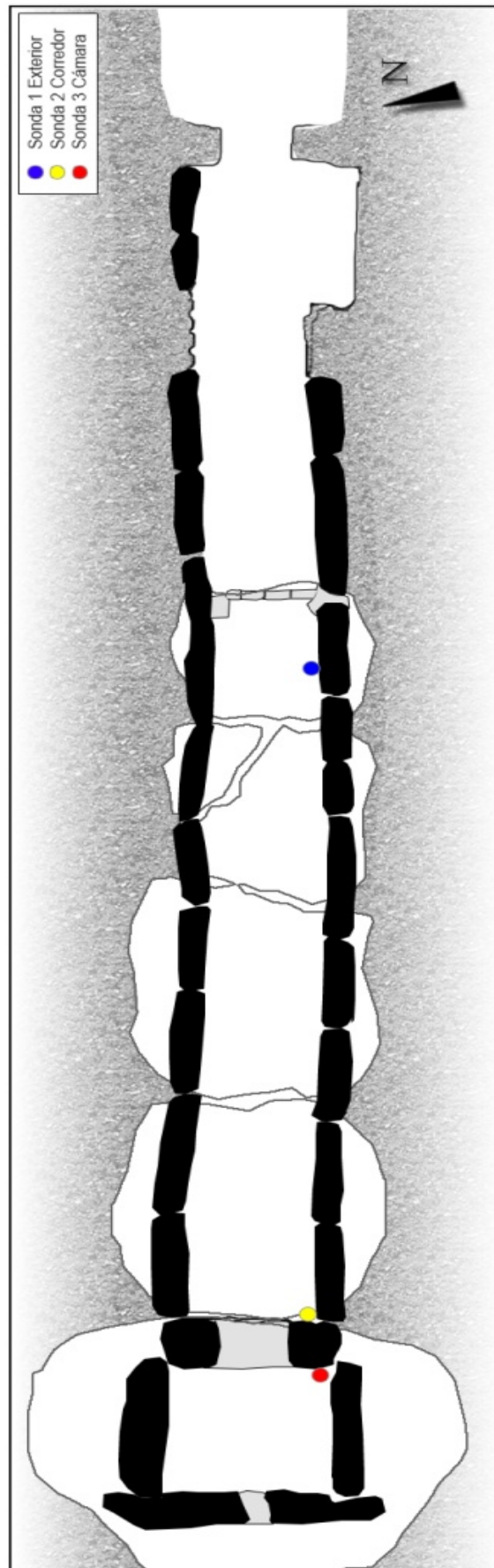
El sistema de sondas instaladas en los Dólmenes, fue colocado anteriormente a la propuesta de estudio microclimático del I.A.P.H., por parte de la Dirección del Conjunto Arqueológico de los Dólmenes de Antequera, y visto que no se ha previsto una estación meteorológica externa, que mida el clima exterior de los dólmenes, utilizaremos a las sondas ubicadas más externas en cada dolmen se utiliza como referencia a la hora de ver cómo la estructura arquitectónica de los dólmenes, amortigua la climatología exterior.

Localización 1 - Menga	Localización 2 - Viera	Localización 3 – El Romeral
Sonda 1 - Exterior	Sonda 1 - Exterior	Sonda 1 - Exterior
Sonda 2 - Corredor	Sonda 2 - Corredor	Sonda 2 - Corredor
Sonda 3 - Cámara	Sonda 3 - Cámara	Sonda 3 - Cámara

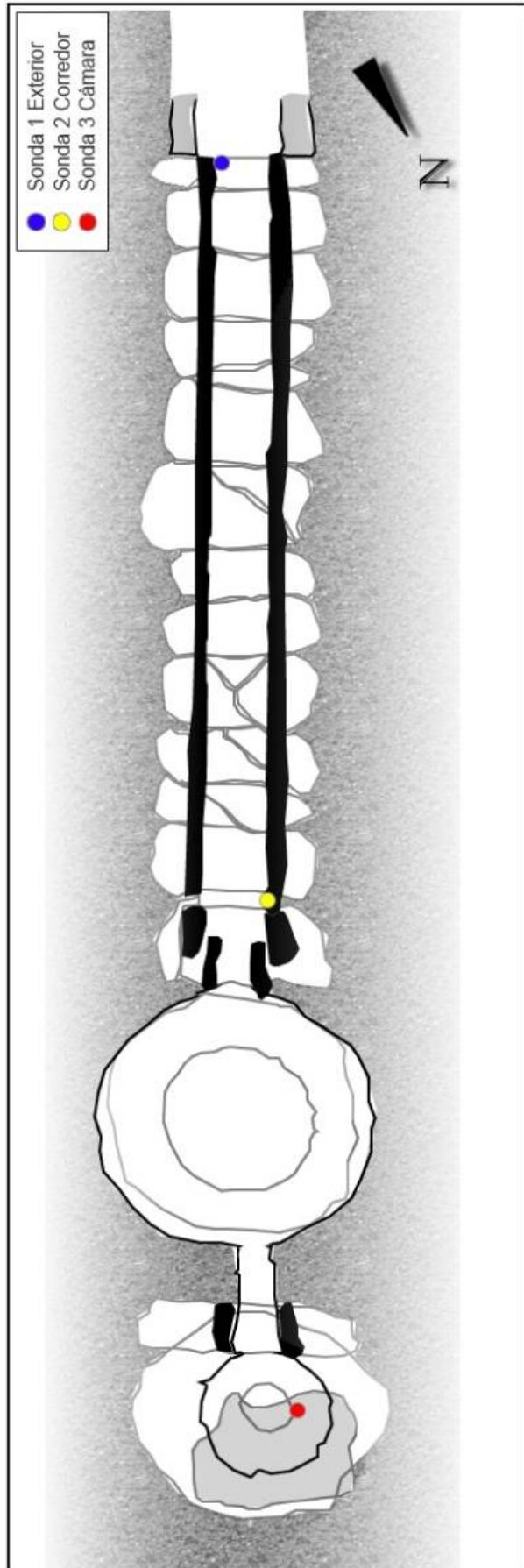
Ubicación de las sondas en el Dolmen de Menga



Ubicación de las sondas en el Dolmen de Viera



Ubicación de las sondas en el Tholos de El Romeral





Dolmen de Menga – Sondas 1 exterior, 2 corredor y 3 cámara



Dolmen de Viera – Sondas 1 exterior, 2 corredor y 3 cámara



Tholos de El Romeral – Sondas 1 exterior, 2 corredor y 3 cámara



Detalle del polo central Campbell Scientific CR1000

III.1.1 METODOLOGÍA MICROCLIMÁTICA

INTRODUCCION

Como es sabido, para determinar los agentes de deterioro producidos por las condiciones ambientales, es necesario adquirir el estado y la dinámica termohigrométrica del aire en el entorno inmediato de la misma, o sea del microclima.

Éste hecho, nos sugiere utilizar como metodología de medición para estudiar experimentalmente el sistema, (en nuestro caso el sistema de referencia en examen es el conjunto del aire contenido en un ambiente, y las obras en el contenidas), mediante la adquisición de los datos termohigrométricos, a través de una red de sensores puntuales, distribuidos en el sistema termodinámico (ambiente) en cuestión, de forma lógica y razonada.

Por lo tanto la adquisición de los datos se realizará de forma continuada en el tiempo y de una forma no invasiva en el espacio, este modo de actuar es a la base de la investigación microclimática.

El estudio y control microclimático del entorno que rodea a los bienes de interés cultural ya sea mueble o inmueble, con independencia de su ubicación: salas de exposición, zonas de reserva etc., es la base fundamental de la Conservación Preventiva actual.

Cualquier material de naturaleza orgánica o inorgánica, está sujeto a una degradación natural que depende principalmente de las condiciones ambientales a las que está sometido; por lo tanto, su estudio y control se hace necesario para determinar cómo y en qué medida, puede ser causa de las alteraciones que están afectando al estado de conservación de un objeto o de un monumento.

Metodología microclimática.

El Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (I.A.P.H.), tiene entre sus tareas la de desarrollar técnicas de diagnóstico y de control medioambiental para la conservación preventiva.

En este campo de estudio se han desarrollado y puesto a punto metodologías operativas, tanto en laboratorio como en situ, conjuntamente con los físicos del laboratorio de física del Instituto Superior para la conservación y la restauración ex Instituto Centrale del Restauro di Roma (Dot. Carlo Cacace, Dot. Fabio Aramini, Dot. Giorgio Accardo).

La metodología microclimática prevé, como base de la caracterización medioambiental, la medición de una serie de parámetros que oportunamente relacionados dan una respuesta, ya sea desde el punto de vista analítico cualitativo como cuantitativo, a la localización y comprensión del tipo de interacción existente entre obra de arte o monumento, como en este caso, y medioambiente circundante.

La metodología microclimática prevé la posibilidad de localizar aquellos momentos característicos en los cuales el entorno ejerce su agresión sobre el bien en él conservado. La investigación microclimática se propone localizar, a través de las mediciones memorizadas en continuo de los parámetros microclimáticos, los posibles momentos en el cual se manifiestan las excursiones termohigrométricas peligrosas para la obra.

El comportamiento termohigrométrico de un sistema,(dónde por sistema se entiende el **entorno - objeto**), es gobernado en primera instancia por las condiciones meteorológicas locales producidas por los ciclos diurnos y estacionales del tiempo, por lo cual el estudio del microclima es dirigido a localizar y definir:

- **los flujos de energía térmica entre entorno y estructura del edificio**
- **los movimientos de agua en todos sus estados de agregación (líquidos, sólidos y de vapor)**
- **las posibles interacciones con las obras en el conservadas**

Para hacer frente a este problema hace falta tener presente que el estado termohigrométrico de la estructura arquitectónica y su evolución, son definidas en el espacio y en el tiempo por algunos parámetros significativos y medibles, como son:

- **la temperatura y la humedad relativa del aire,**
- **la radiación solar y artificial,**
- **la velocidad del aire,**
- **la temperatura superficial de la estructura o de la obra.**

A través del análisis de estos valores, se busca interpretar, empezando por los valores de las medidas termohigrométricas y del análisis de su dinámica, la entidad de los intercambios de energía **entorno-objeto**, a través del análisis sistemático de las solicitaciones climáticas inducidas por los ciclos diurnos y estacionales. Por lo tanto es fundamental la correlación de los datos de tipo térmico con los datos de tipo higrométrico, en relación con:

- **las precipitación atmosférica**
- **a la velocidad y a la dirección de los vientos**
- **y a la presencia del vapor de agua en la atmósfera.**

Además, resulta fundamental, la posibilidad de evidenciar los gradientes térmicos entre las superficies de diferentes materiales y el entorno o bien entre el entorno y las obras.

Todos estos fenómenos físicos son directamente medibles.

Dos grandezas físicas tienen una gran relevancia, aquellas conseguidas no de forma directa, sino mediante algoritmos matemáticos y derivados de la temperatura y de la humedad relativa, es decir los valores de **temperatura de rocío y de la humedad específica.**

La elaboración y la interpretación de los datos así recogidos, permitirán la individuación de aquellos factores que determinan el deterioro en los términos de niveles de sollicitación ambiental

Resulta evidente que para la adquisición en el tiempo de las grandezas físicas anteriormente mencionadas, hace falta tener a disposición una instrumentación que pueda medirlas, registrarlas, y memorizarlas, según intervalos regulares de tiempo y definidos según las exigencias del estudio.

El estudio estadístico de los datos microclimáticos grabados por el sistema automático de adquisición, permite la individuación de aquellos momentos característicos de los cambios microclimáticos en acto, de modo que se puedan determinar los momentos en los cuales se produce la agresión del entorno sobre el contenido en el sistema, las obras de interés cultural.

La elaboración y la interpretación de los datos así recogidos, permitirán la individuación de aquellos factores que determinan el deterioro en los términos de niveles de sollicitación ambiental.

La investigación microclimática

La investigación se articula, por lo tanto, en la adquisición de los siguientes parámetros ambientales:

- **temperatura ambiental;**
- **humedad relativa;**
- **temperatura de contacto**
- **velocidad del aire**
- **dirección del viento**
- **irradiación térmica;**
- **irradiación solar**
- **intensidad solar**
- **intensidad luminosa**
- **precipitaciones atmosféricas**
- **temperatura de rocío**
- **humedad específica.**

El control de los parámetros microclimáticos, en el caso de ambientes específicamente dedicados a la conservación de obras de arte pasa a través de 5 fases principales:

- 1. posicionamiento correcto de los instrumentos de adquisición de los parámetros microclimáticos,**
- 2. correcto mantenimiento de los instrumentos de medición,**
- 3. elaboración de los parámetros físico relevados,**
- 4. análisis y estudio de los resultados de la elaboración,**
- 5. realización de una base de datos para una correcta catalogación y gestión de los datos adquiridos.**

Fase 1.

La investigación microclimática, por lo tanto, tiene que poder describir la evolución del comportamiento termohigrométrico del ambiente, por eso es muy importante el posicionamiento de los sensores de medición.

Los sensores de temperatura y humedad relativa ambiental tienen que ser colocados en proximidad, casi a contacto, de las superficies consideradas a riesgo, para medir las variaciones termohigrométricas que ocurren alrededor de la obra.

Es importante recordar que la porción de aire cercana al objeto, refleja no sólo el comportamiento climático del entorno examinado, pero también la respuesta que el objeto produce a las solicitaciones ambientales al cual está sometido; entonces las medidas tomadas, permiten individuar las eventuales diferencias significativas entre los parámetros físicos adquiridos.

Los sensores de temperatura superficial tienen que ser puestos a contacto de los paramentos murario, para comprobar si se produce el fenómeno de la condensación sobre la superficie, en el caso que esta temperatura sea igual a aquella de rocío.

Las temperaturas de contacto, además permiten averiguar si existen gradientes térmicos entre la obra y el centro del ambiente, o fenómenos de calentamiento superficial producidos por la iluminación artificial o natural.

Además son previstos sensores de temperatura y humedad relativa, situados al exterior para valorar la existencia de una posible interacción o menos entre clima - exterior y microclima - interior.

Otros sensores de temperatura y humedad relativa tienen que ser puestos en el centro del ambiente a dos alturas diferentes, para averiguar eventuales estratificaciones de aire y para realizar comparaciones con las condiciones medidas en proximidad de la obra.

Es posible poder poner en evidencia, la eventual existencia de gradientes térmicos o higrométricos que pueden favorecer movimientos de aire provocando intercambios de vapor de agua y depósitos de polución y partículas.

Fase 2.

Mantenimiento y revisión de la instrumentación por todo el tiempo del estudio.

Fase 3.

El estudio estadístico se articula mediante el cálculo de las medias diarias, de las medias horarias y de los relativos sigmas.

Las **medias diarias** representan la evolución en el arco del mes de los comportamientos de los parámetros termohigrométricos medidos y memorizados directamente.

Por lo tanto es posible la determinación de los días concretos en los que un fenómeno determinado se ha manifestado, modificando el estado ambiental.

El estudio de las medidas diarias llega a ser fundamental para la localización, en los cambios estacionales, de las variantes microclimáticas provocadas por el ambiente sobre el conjunto arquitectónico.

Las **medias horarias** representan el día medio típico, índice determinante para la localización cualitativa, además de cuantitativa, de los momentos del día en los que eventualmente, un fenómeno se manifiesta.

Permite caracterizar exactamente el periodo en el que el comportamiento microclimático del ambiente determina fenómenos relevantes y no unidos a una simple casualidad.

El **día medio típico**, visualiza el comportamiento termohigrométrico diario del sistema examinado y permite la correlación directa de todos aquellos parámetros que intervienen en el equilibrio térmico del ambiente.

La grafica calculada sobre cada una de las medidas representa la variabilidad de las mismas dentro de la escala de medida.

Este es el intervalo que contiene el comportamiento de cada una de las medidas registradas y permite cuantificar el índice de error real de los parámetros termohigrométricos que identifica el sistema microclimático.

Esto permite definir los valores a los cuales queda expuesto más frecuentemente el sistema y valorar los intervalos de riesgo, en los que se pueden comprobar fenómenos de evaporación, condensación, gradientes térmicos y otros estímulos de interés.

Para una correcta interpretación de los datos registrados, es importante la posibilidad de poner en relación matemática las informaciones obtenidas de cada una de las medidas, para comprobar en qué medida un fenómeno depende de un acontecimiento.

Es decir, si determinados fenómenos microclimáticos que están en función de comportamientos termohigrométricos especiales, es posible asociar, fenómenos de evaporación con factores térmicos en momentos concretos del día.

El cálculo **del coeficiente sigma**, este coeficiente estadístico cuantifica el grado en que un valor determinado de una magnitud se aparta de la media o promedio del conjunto de valores que estamos analizando.

Se representan gráficamente los valores del coeficiente **sigma diario**.

Estas gráficas nos permitirán establecer cuáles son las medidas que se apartan de la media, determinando así cuales son las zonas más estables o meno, climáticamente del edificio.

Es lógico que no se estudie el coeficiente sigma para las medias horarias, ya que no va a facilitarnos ninguna información importante al ser mucho más estable que el correspondiente a las medias diarias.

Para una correcta interpretación de los datos registrados es importante, la posibilidad de poner en relación matemática y gráficamente la información obtenidas de cada uno de los valores para definir los valores a los cuales queda expuesto más frecuentemente el sistema y comprobar en qué medida un fenómeno depende de un acontecimiento.

Es decir, si determinados fenómenos microclimáticos están en función de un comportamiento termohigrométrico concreto.

Así, será posible asociar por ejemplo, fenómenos de evaporación con factores térmicos en momentos concretos del día y determinar los intervalos de riesgo.

La elaboración de los parámetros adquiridos es la fase fundamental de la investigación cognoscitiva, en efecto no basta con medir las variaciones de temperatura y de la humedad relativa del ambiente, hace falta también comparar entre ellos estos parámetros, averiguar la relación que transcurre entre la humedad y la temperatura y por lo tanto averiguar la posibilidad de poder tener interferencias entre el clima interior y aquel exterior.

Además para una correcta comprensión del fenómeno que se está produciendo, es necesario calcular, a partir de los parámetros que son directamente medibles (T, Hr), los valores de **humedad absoluta** y **temperatura de rocío** que son magnitudes derivadas de las anteriores, temperatura y humedad relativa:

La humedad absoluta (HA) se define como la densidad de vapor, **se expresa en gramos por metro cúbico de aire** y se calcula según la expresión:

$$HA = 3,795 \cdot HR \cdot 10^{\exp(7,5 \cdot T / (237,8 + T) - 2)}$$

La temperatura del punto de rocío (T_d)

$$T_d = 237,3 / (7,5 / (\log(HA \text{ aire} / 3,795) \cdot (1 / \log(10)))) - 1$$

Donde **a** = 7.5; **b** = 237.3; **t** = temperatura ambiente

Siendo **n** el número de valores de los cuales queremos calcular la media y **x** la variable de nuestro estudio, la media diaria (**x_d**) y la media horaria (**x_h**) se calcularán:

$$x_d = \sum x_i / n$$

$$x_h = \sum x_i / n$$

El coeficiente sigma (**σ**) cuantifica el grado en que los valores de una magnitud se apartan de la media.

Dados los datos de muestra de una población determina la desviación estándar de dicha población. Se puede calcular según:

$$\sigma^2 = (\sum x_i^2 - nx^2)/(n-1)$$

Fase 4.

Para el análisis de los datos adquiridos (TA, UR) y de aquellos elaborados (HA,TR), a través de las recíprocas interacciones de los gradientes físicos, se trata de interpretar el fenómeno físico a raíz del comportamiento termohigrométrico registrado.

Se utiliza el Diagrama **Psicométrico de Carrier** para describir el estado termodinámico del entorno y averiguar enseguida las variaciones significativas de temperatura, humedad relativa y en particular modo de la humedad específica, parámetro fundamental, para describir la presencia o meno del fenómeno de evaporación y/o de absorción por parte de la estructura arquitectónica. Además, siempre utilizando el diagrama de Carrier es posible visualizar los momentos de condensación superficial que se pueden producir sobre la estructura arquitectónica u otros materiales.

Fase 5.

Todo cuanto descrito se realiza a través de la utilización de un determinado (**data-base de tipo Access y Excel**) que permite la construcción de todas una serie de tablas donde se encuentran almacenados los datos según un orden de medidas sobre las cuales se pueden articular todas unas series de búsquedas que permitan una estandarización de las elaboraciones, de modo que siempre sea posible tener puesto al día los datos y los resultados adquiridos.

Gestión del programa de normalización de datos micro ambientales.

Como hemos visto anteriormente, en la metodología del análisis microclimática, la gestión y la elaboración de los datos son la función principal de esta herramienta, de forma que con solo tener un data-base Access de los datos de temperatura y humedad relativa, ordenados cronológicamente, podemos obtener las graficas necesarias para analizar de forma clara, lo que ocurre en los lugares de estudio según los parámetros físicos anteriormente descritos.

Por eso que la Unidad de Conservación Preventiva, personificado en los técnicos D. Raniero Baglioni y D. Salvador Valpuesta Trujillo, han creado un sistema informático conjuntamente con el Dot. Carlo Cacace del ISPCR de Roma, que pueda realizar gráficamente todo lo que se ha anteriormente descrito, utilizando como proyecto piloto el estudio microclimatico que se está realizando en el Conjunto Arqueológico de los Dólmenes de Antequera.

Los datos, descargados de los diferentes polos de centralización y almacenamiento, deberán estar ordenados según van siendo recopilados por los data loggers, con un intervalo de 30 minutos, y se colocaran en las respectivas columnas, prediseñadas, dentro de un libro Excel, que es el programa utilizado para la elaboración de los datos, oportunamente organizados y diseñados, para que el sistema reconozca de forma automática, los datos que se ordenarán en las sucesivas páginas y crearán las gráficas correspondiente, prediseñadas para que nos puedan mostrar de una

forma visual los resultado del estudio a lo largo de todo el tiempo empleado para el estudio microclimático.

El uso de estos libros Excel es de fácil manejo, en cada tipo de plantilla existe una hoja denominada datos, donde están las columnas en las que se colocan los datos de temperatura y de humedad relativa.

De forma automática, estos datos se recolocan en las siguientes hojas, calculando los datos que realmente nos interesan, como la **TM** (temperatura máxima), **Tm** (temperatura mínima), **Td** (temperatura de rocío), Temperatura media diaria y horaria y los sigmas de las temperatura diaria, así como la **HRM** (Humedad relativa Máxima), **HRm** (humedad relativa mínima), **HA** (humedad específica), **HR** media diaria y horaria y los **sigmas (σ)** de humedad relativa diaria.

Con esta elaboración de los datos se generarán las graficas correspondientes que nos mostrarán todas las situaciones y momentos de riesgo que se producen alrededor de los bienes culturales en cuestión.

En el supuesto de que los datos de estas plantillas no estén completos, estudios de seis meses, por ejemplo, se eliminarán los meses que no estén rellenos, puesto que el programa convierte los espacios vacios en ceros y este valor genera datos engañosos a la hora de calcular los demás valores.

Simplemente con eliminar estos ceros, las graficas y los datos se reajustaran sin crear errores, mostrando en las graficas que el periodo de tiempo donde no hay datos no existe grafica quedándose en una línea continua a la base de la grafica (véase grafica del dolmen del Romeral).

Podemos crear tres tipos de graficas según lo que más nos interese:

Una Anual, donde colocaremos los datos de las sondas por años o fracción, y las graficas nos muestra la evolución de los datos recogidos en una misma grafica a lo largo de los meses.

Aquí podemos apreciar las variaciones que se desarrollan a lo largo del año completo, comprobando el intervalo entre estaciones y sus variaciones climáticas.

Las graficas generadas anualmente serán:

- Temperatura media y Td anual.**
- T media anual.**
- Hr media anual.**
- HA anual.**
- Sigma Temperatura anual.**
- Sigma Hr anual.**
- temperatura anual**
- **Hr anual**

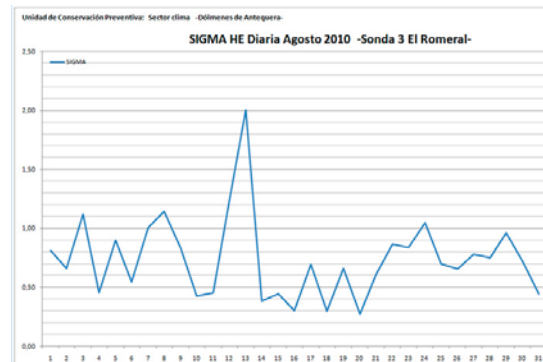
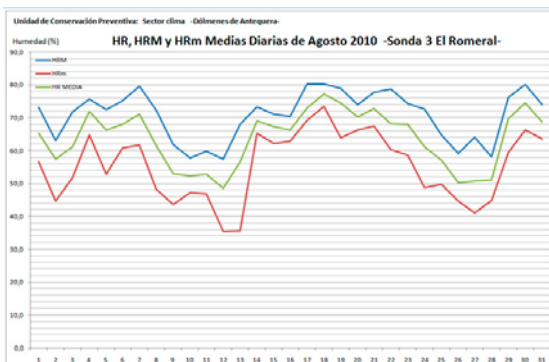
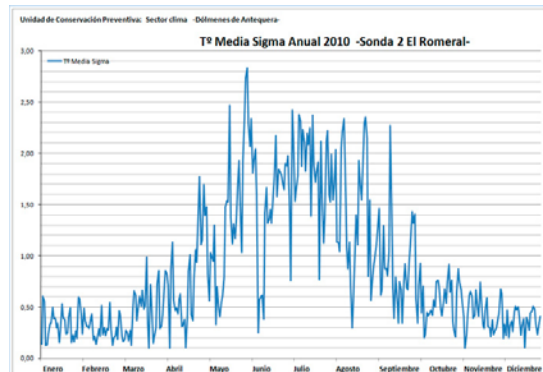
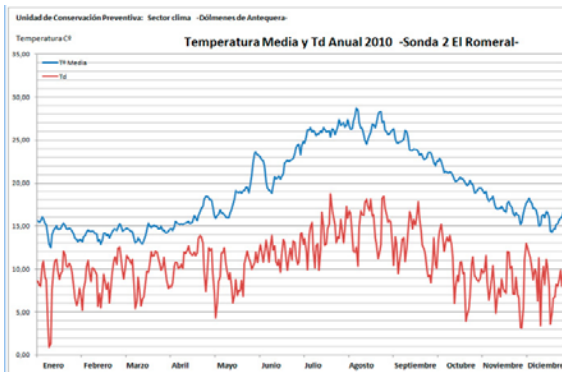
Una Mensual, donde colocando los datos del mes del año que nos interesa, nos mostrará los resultados detallados de dicho mes en concreto, incluyendo resultados de días medios y Sigmas.

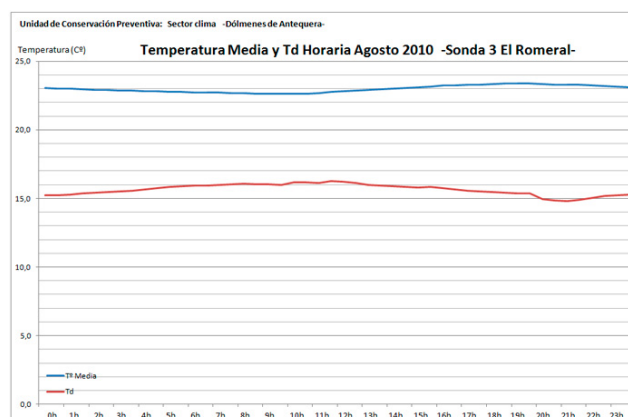
Las graficas generadas mensualmente son más específicas que las anuales, y en ellas podemos estudiar los resultados:

- temperatura media diaria.
- Temperatura media, TM, Tm diaria.
- Temperatura y Td media diaria.
- Temperatura media horaria.
- Temperatura y Td media horaria.
- Hr media diaria.
- Hr, HrM y Hrm diaria.
- Hr media horaria.
- HE diaria. HE horaria.
- Sigma temperatura diaria.
- Sigma temperatura horaria.
- Sigma Hr diaria.
- Sigma Hr horaria.
- Sigma HE diaria.
- Sigma HE horaria.

Si fuera necesaria para pormenorizar en el estudio, se pueden realizar también graficas **sea semanales como diarias** con el mismo sistema utilizado para las elaboraciones anteriores.

EJEMPLOS DE GRAFICAS REALIZABLE CON ESTE SISTEMA





Aplicación

La metodología anteriormente descrita se ha llevado a la práctica en los Dólmenes de Antequera, mediante el estudio de aquellos parámetros de interés para este caso en concreto.

Como ya se ha reseñado el estudio climático preliminar, ha consistido en la elaboración de los datos recogidos por un sistema de sondas (Tres sondas por Dolmen) del tipo TESTO 6651 centralizadas en un equipo CAMPBELL SCIENTIFIC CR1000, en el periodo enero 2009- octubre 2011.

Las mediciones del sistema de recogida de datos, han sido efectuadas en el periodo temporal comprendido entre el día 1 de enero de 2009 y el día 31 de octubre de 2011, durante el cual se han registrado los siguientes valores cada 30 minutos:

- **Temperatura (T)** el valor que prevalece en el ambiente objeto de nuestro estudio.
- **Humedad relativa (HR)** es el cociente entre la presión parcial del vapor de agua a una temperatura T dada y la presión total del vapor de saturación a la misma temperatura T, equivale al porcentaje de humedad.

A partir de los datos anteriores se han calculado los valores de las siguientes magnitudes derivadas:

- **Temperatura del punto de rocío (T_d)** corresponde a la temperatura de saturación de una masa de aire que se enfría a presión constante sin que varíe su cantidad de vapor.
- **Humedad absoluta (HA)**, en una mezcla de vapor de agua y de aire seco, es la relación de la masa del vapor de agua al volumen de aire húmedo que la contiene.

Los valores obtenidos se han completado con la realización de un estudio estadístico en el cual se ha puesto de manifiesto la estabilidad de las magnitudes que se han medido, ya que se han calculado:

- **Medias diarias y horarias**
- **Desviación estándar o coeficiente sigma (σ)** correspondiente a cada conjunto de datos.

Para una correcta interpretación de los datos registrados ha sido importante, la posibilidad de poner en relación matemática y gráficamente las informaciones obtenidas de cada uno de los valores para definir los valores a los cuales queda expuesto más frecuentemente el sistema y comprobar en qué medida un fenómeno depende de un acontecimiento.

III.1.2 Conclusiones generales del estudio climático, preliminar del ambiente, y del análisis climático realizado sobre la elaboración de los datos recibidos por parte de la Dirección del conjunto Arqueológico de los dólmenes de Antequera, Málaga.

Desde el análisis microclimático de la elaboración de los datos recogidos a lo largo de los tres años de mediciones, la valoración que se puede dar es, que varios son los factores climáticos que influyen en la estabilidad de los Dólmenes, que a continuación vamos a analizar.

Zonas Climáticas:

Dentro de cada localización podemos diferenciar dos zonas climáticas.

- Una más exterior, donde los datos son recogidos por la sonda 1 – Exterior, y
- una segunda zona climática que es el interior de la localización, cuyos datos son recogidos por las sondas 2 – Corredor y la sonda 3 – Cámara.

Durante el estudio de los datos recogidos por las sondas, se ha visto que las graficas son bastantes similares en sus curvas, sin embargo se advierte una clara diferencia entre estas dos zonas climáticas, ya que los resultados obtenidos dentro de los dólmenes o Tholos están amortiguados por la propia estructura de las construcciones, y los resultados obtenidos son diferentes según la geología, el sistema constructivo y la construcción de los túmulos (Véase " Estudio geo-arqueológico de los sepulcro megalítico de cueva de Menga, Viera y Romeral (Antequera, Málaga))" **de D. Francisco Carrión Méndez** .

2009 Menga

Temperatura:

Los niveles de temperatura en el dolmen de Menga van oscilando durante todo el año. Se aprecia en el estudio microclimático que en el interior del dolmen, amortigua estas variaciones de temperatura, mientras más vamos profundizando en su interior.

Las temperaturas más extremas las encontramos recogidas por la sonda 1 exterior, llegando a temperaturas mínimas de 5,5°C en enero y máximas de 31°C en Julio.

En el estudio microclimático del dolmen se aprecia que hay dos zonas climáticas diferenciadas, aunque los picos de las sondas son bastante similares, diferenciamos una zona exterior, recogida por la sonda 1, y una segunda zona en el interior del

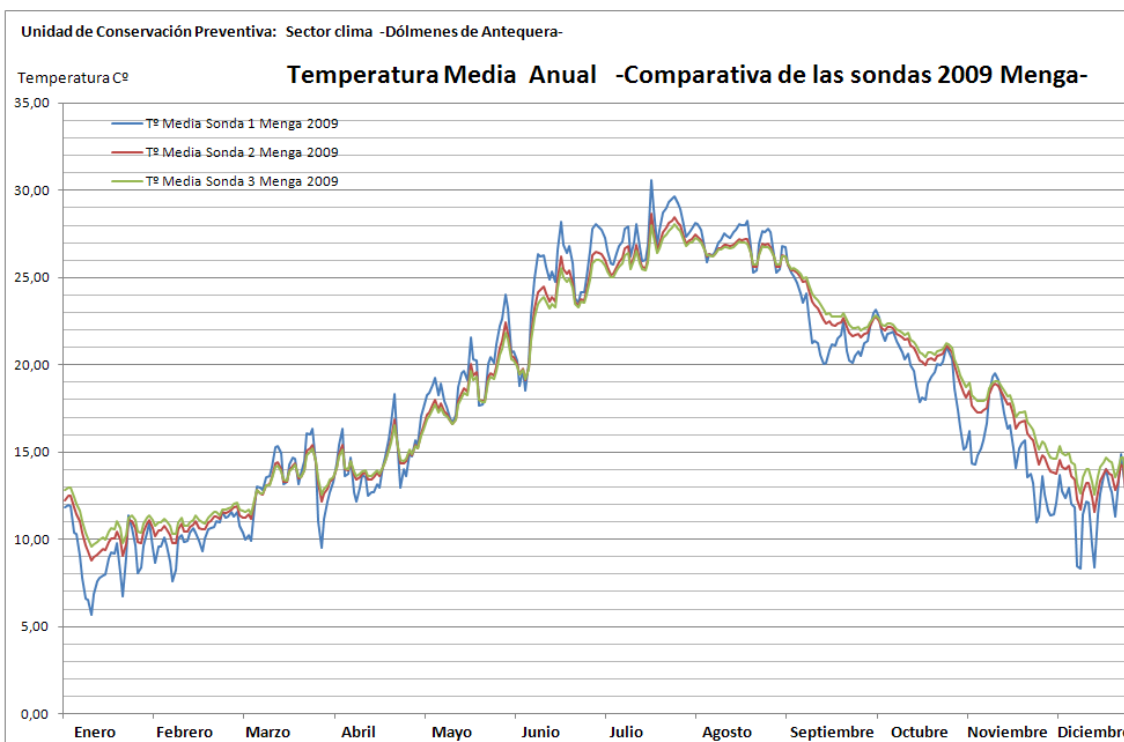
dolmen, cuyos datos son captados por la sonda 2 del corredor y la sonda tres de la cámara.

Estas dos zonas se diferencian en que las variaciones de temperatura, de humedad relativa y humedad específica, son diferentes en la zona del interior del dolmen, a contraposición de la zona exterior, que está más a merced de las condiciones externas.

En los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, con la estación de invierno, lógicamente tenemos las temperaturas más bajas del año.

Estas bajas temperaturas crean un gran problema de condensación de agua sobre los ortostatos, ya que en estos meses del año, la diferencia entre la temperatura de rocío y la temperatura ambiental es menor de 2°C, por lo que el vapor de agua se condensa sobre la superficie de la roca, pudiendo generar la aparición de hongos, musgo y otros microorganismos que ataquen la superficie del dolmen, además de los daños que puede producir el agua directamente.

En los meses de julio y agosto están las mayores variaciones de temperatura a lo largo del año, en un solo día, llegamos a tener diferencias de 7°C entre la noche y el día en la sonda 1 exterior, demostrando la amortiguación de las temperaturas en las sondas interiores, que solo sufren variaciones de 4,2°C en la sonda del corredor y 3,5°C en la de la cámara.



Gráfica de la comparativa de las temperaturas

Humedad Relativa:

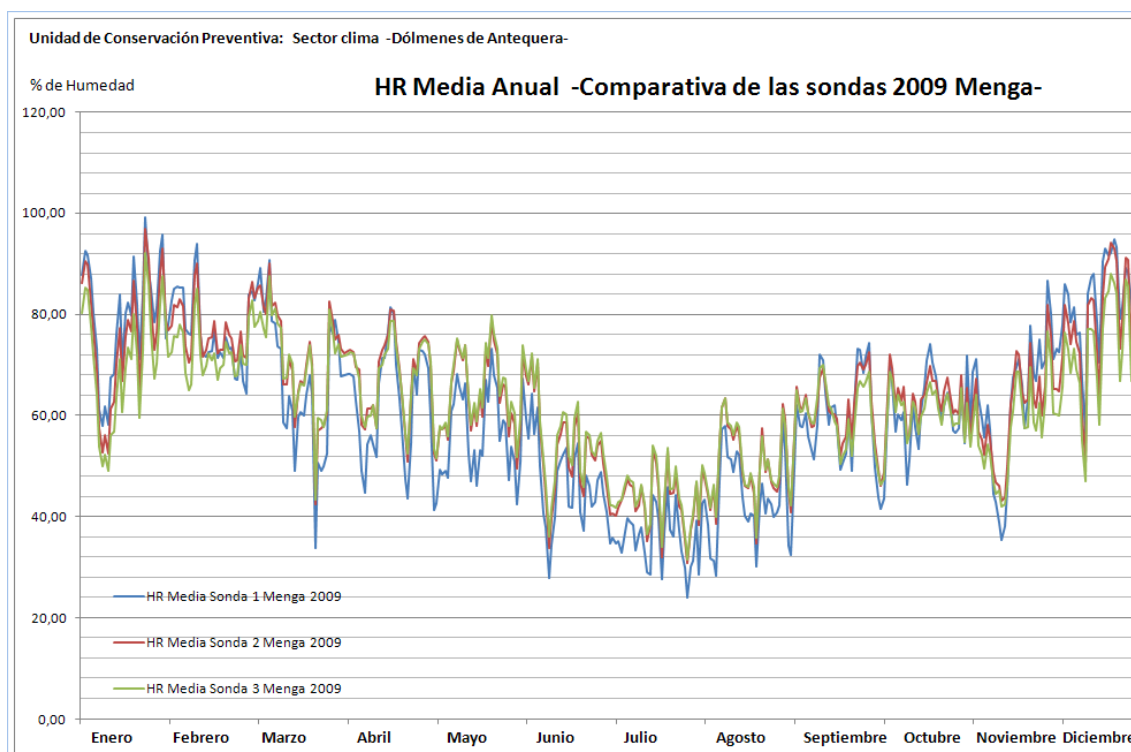
Los datos de HR recogida por las sondas en el dolmen de Menga nos indican claramente que tenemos un gran problema, debido a que el dolmen amortigua de forma muy deficiente la humedad relativa del ambiente exterior.

Aunque las graficas de HR de las tres sondas son muy similares, también se puede apreciar las dos zonas climáticas que tiene el dolmen, la zona exterior cuyos datos son recogidos por la sonda 1 y la zona del interior del dolmen, en la que los datos son recogidos por las sondas 2 y 3, corredor y cámara respectivamente.

En los meses de verano comprobamos que las gráficas de las sondas se alejan en sus valores, aunque las curvas siguen siendo muy similares, de forma que existe una mayor protección de dolmen en los meses cálidos.

Los valores de HR oscilan de forma brusca, teniendo máximos muy elevado en los meses de invierno (enero, febrero, noviembre y diciembre) llegando al 98% de HR y en los meses de Verano (junio, julio y agosto) tenemos niveles de HR realmente bajo, 25%.

Los meses en los que encontramos una mayor diferencia de humedad relativa, en el día medio, son en julio y agosto, llegando a una diferencia del 26% entre el día y la noche en la sonda 1. Y en las sondas 2 y 3, una diferencia de 30% en la sonda 2 y del 28% en la sonda 3.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Relativa

Humedad Específica:

En las mediciones de la humedad específica o absoluta, podemos ver la cantidad de vapor de agua que hay en el ambiente y junto a la temperatura podemos calcular la humedad relativa.

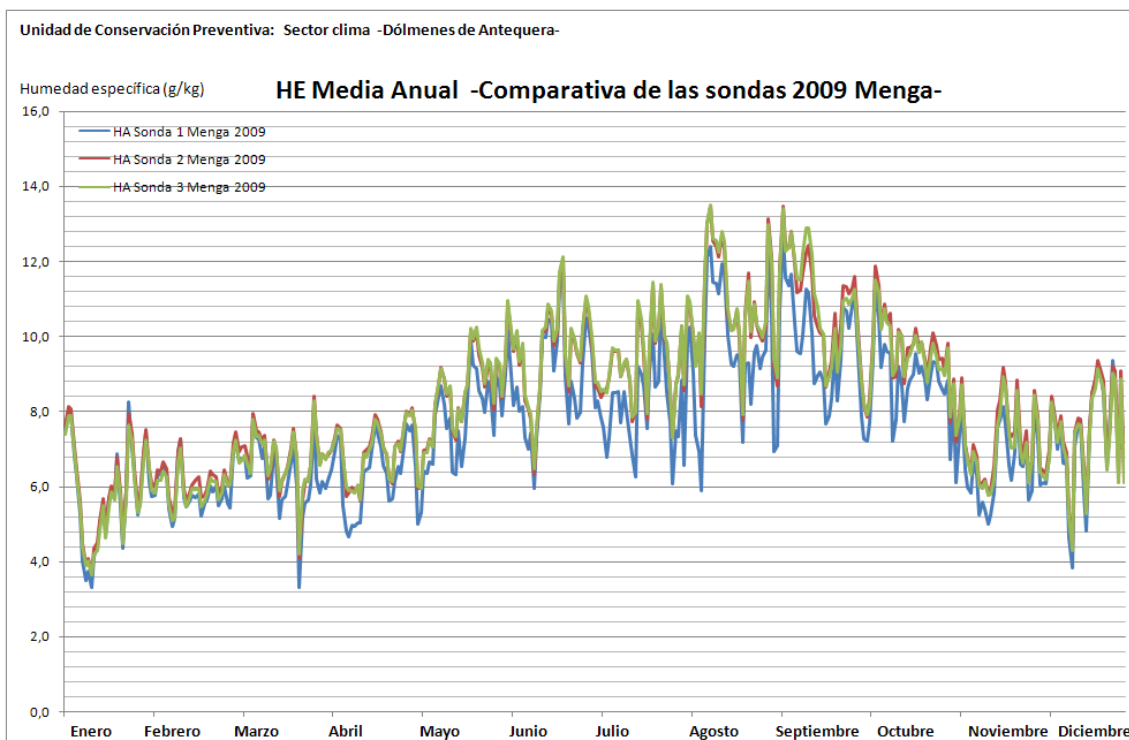
Con estos datos de HE podemos comprender mejor lo que realmente ocurre en las zonas de estudio, dando la posibilidad de conocer mejor la razón de los cambios climáticos y las variaciones de la HR.

También podemos comprobar que las zonas climáticas del dolmen se siguen diferenciando, ya que las gráficas de la zona interior del dolmen son muy similares y se diferencian de la zona exterior. Aunque en el estudio general del dolmen, las graficas siguen un patrón similar.

Los mayores niveles de HE se encuentran en los meses de temperaturas más elevadas, ya que se favorece la evaporación de agua, llegando a unos 13,5 gr/m³ en el interior del dolmen, en los meses de agosto y septiembre. En cambio, con las bajas temperaturas de enero y febrero, se registran mínimos de 3,4 gr/m³ en la sonda exterior del dolmen.

Podemos comprobar por la gráficas, que el pozo y las catas realizadas en el túmulo pueden ser el origen de la variaciones de HE, y por lo tanto de la HR, que se producen en los meses más cálidos. Ya que este aumento de HE producido por la evaporación del agua, se mantiene durante la noche, donde las temperaturas bajan y se produce un aumento considerable de la HR.

Los valores de HE medidos en el dolmen nos muestran que las diferencias más significativas se producen durante el mes de julio y en la zona del interior del dolen (donde está el pozo), con variaciones de hasta 4,4 gr/m³ en un solo día, a diferencia de la zona exterior, donde la variación de HE es de sólo 1,3 gr/m³. Lo que nos demuestra que el pozo expulsa humedad al ambiente.

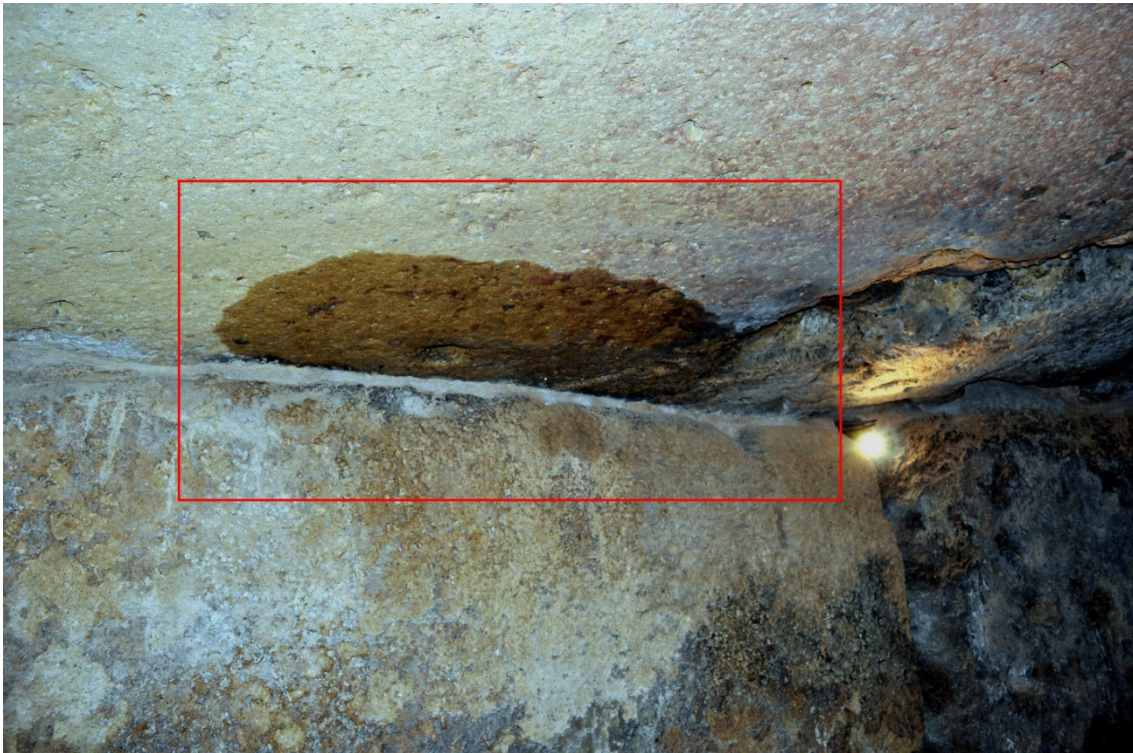


Gráfica de la comparativa de la Humedad Específica.

Conclusiones:

Tras el estudio de los datos obtenidos por las sondas del dolmen de Menga durante el año 2009, podemos llegar a varias conclusiones:

- La amortiguación del clima exterior, con respecto al interior del dolmen, es bastante baja, ya que podemos comprobar que las curvas de las gráficas son muy similares.
- Tanto en el interior como en el exterior. Teniendo en cuenta que no tenemos una sonda exterior de referencia, sino que utilizamos la sonda más externa como referencia del exterior. Esto significa que los cambios bruscos de temperatura y humedad relativa afectan de forma negativa al interior del dolmen, pudiendo ocasionar grandes daños para su conservación a largo plazo, como movimientos y debilitamiento de la piedra, debido a que la cubierta del dolmen no protege a este de los cambios climáticos externos.
- El pozo ubicado en el interior de la cámara del dolmen, el cual está lleno de agua, provoca una evaporación de agua en el ambiente. Este alto nivel de humedad específica en el ambiente hace que, con los cambios de temperatura de la noche al día, encontremos enormes variaciones de humedad relativa a lo largo del día, aumentando la posibilidad de problemas derivados de estas oscilaciones.
- Filtraciones de agua a través de la cubierta y apariciones de sales en los ortostatos son otros problemas que podemos encontrarnos en el interior del dolmen, causados por el mal estado de los estratos que componen la cubierta y la diferente compactación de estos estratos (Originales y los taponamientos realizados después de la realización de las catas arqueológicas que se han producido a lo largo de la historia del dolmen) esta diferencia de compactación puede ser una de las causas de posible embalsamiento de agua durante las temporadas de lluvias y que a lo largo del año va soltando vapor y creando las variaciones climáticas encontradas en el interior de Menga.



Detalle de las filtraciones de agua que pasan a través de la cubierta



Detalle de la presencia de sales en la roca del ortostatos en rojo y detalle de la filtración ascendente de agua en amarillo.



Detalles de los desperfectos de la cubierta de Menga y vista de la lamina plástica de cubrición.



Detalles de los desperfectos de la cubierta de Menga

2009 Viera

Temperatura:

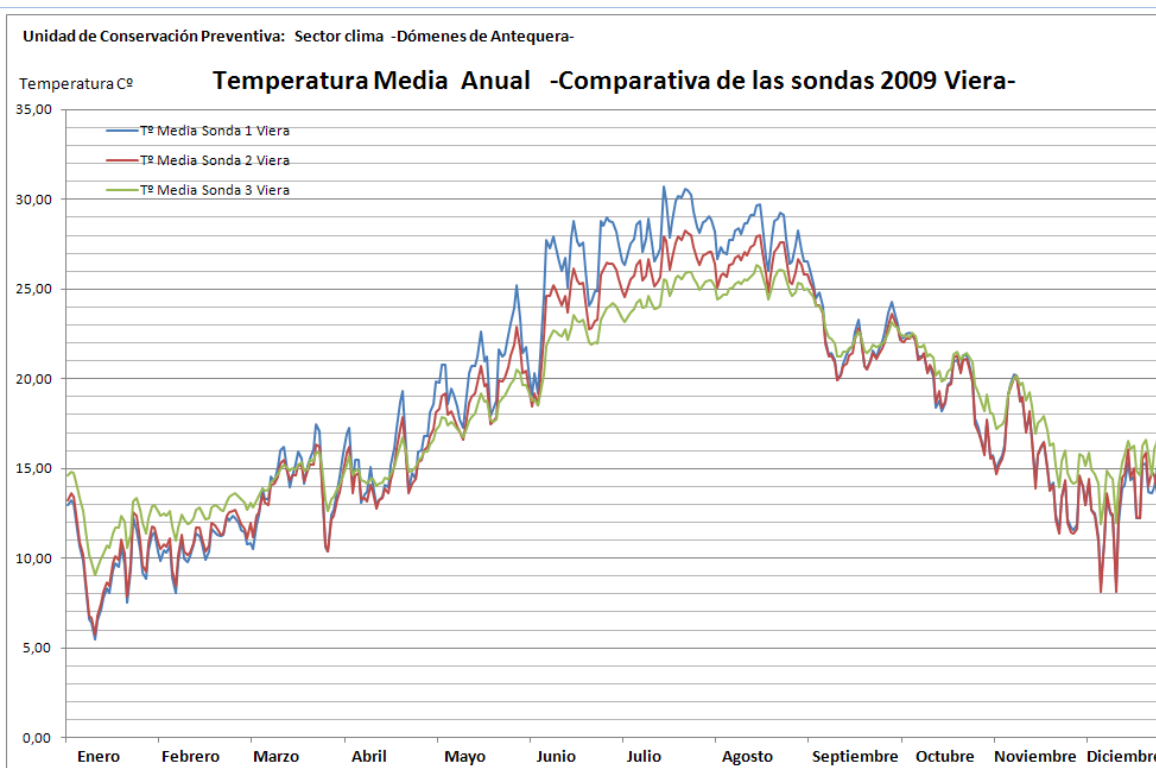
En el mes de enero encontramos las temperaturas mínimas en las sondas 1 exterior y 2 del corredor de 5,4°C y máximas en julio de 30,8°C en la sonda 1 exterior.

Durante los meses de invierno, las graficas de las sondas 1 y 2 son muy similares, a diferencia de la sonda 3 de la cámara, que los datos están más amortiguados, teniendo mínimas de 9°C en enero y máximas de 26°C en julio.

En los meses de mayor temperatura, existe una mayor diferencia entre las gráficas de las sondas, indicando que el dolmen amortigua mejor las altas temperaturas que las bajas. Aunque las curvas de las gráficas son muy similares, se aprecia una considerable diferencia de los valores.

Los meses de enero y diciembre son los más problemáticos en cuanto a condensación se refiere, en marzo encontramos algunos periodos de condensación, aunque es un momento puntual del año.

En cuanto a la temperatura de condensación (Td) encontramos mínimos de -1,5°C en enero y en la sonda 1 exterior y de casi -2°C en las sondas 2 y 3. Las máximas las encontramos en agosto, son de 18°C y están en las tres sondas.



Gráfica de la comparativa de las Temperaturas.

Humedad Relativa:

Las gráficas de humedad relativa de Viera nos indican que el dolmen amortigua muy poco las variaciones del exterior. Sólo los datos recogidos por la sonda 3 de la cámara muestran un amortiguamiento del dolmen, aunque de una forma bastante baja.

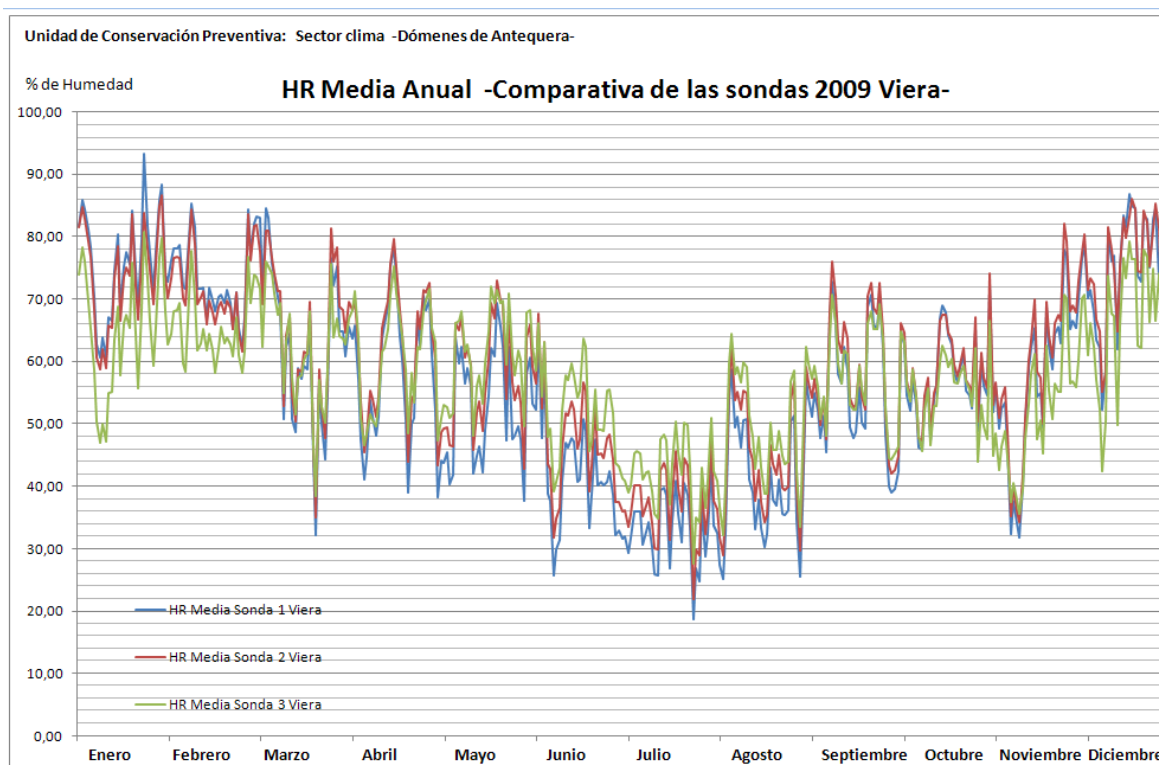
Los meses donde encontramos los niveles de humedad relativa más elevados son los de enero y diciembre, llegando al 94% de HR en enero (sonda 1 exterior) y un 86% de HR en las sondas 2 y 3.

En los meses de verano comprobamos que las gráficas de las sondas se alejan en sus valores, aunque las curvas siguen siendo muy similares, de forma que existe una mayor protección de dolmen en los meses cálidos.

Los mínimos de humedad relativa los encontramos en el mes de julio, llegando a niveles de 19% en la sonda 1 del exterior, 22% en la sonda 2 del corredor y 28% en la sonda 3 de la cámara.

Los meses en los que encontramos una mayor diferencia de humedad relativa, en el día medio, son en mayo para la sonda 1 exterior, llegando a una diferencia del 20% entre el día y la noche. Y en las sondas 2 y 3, el mes que tiene una mayor diferencia es junio. Llegando a 25% en la sonda 2 y al 20% en la sonda 3.

Estas oscilaciones de humedad relativa entre el día y la noche pueden causar problemas para la conservación del dolmen, ya que se pueden generar el debilitamiento de la piedra.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Relativa

Humedad específica:

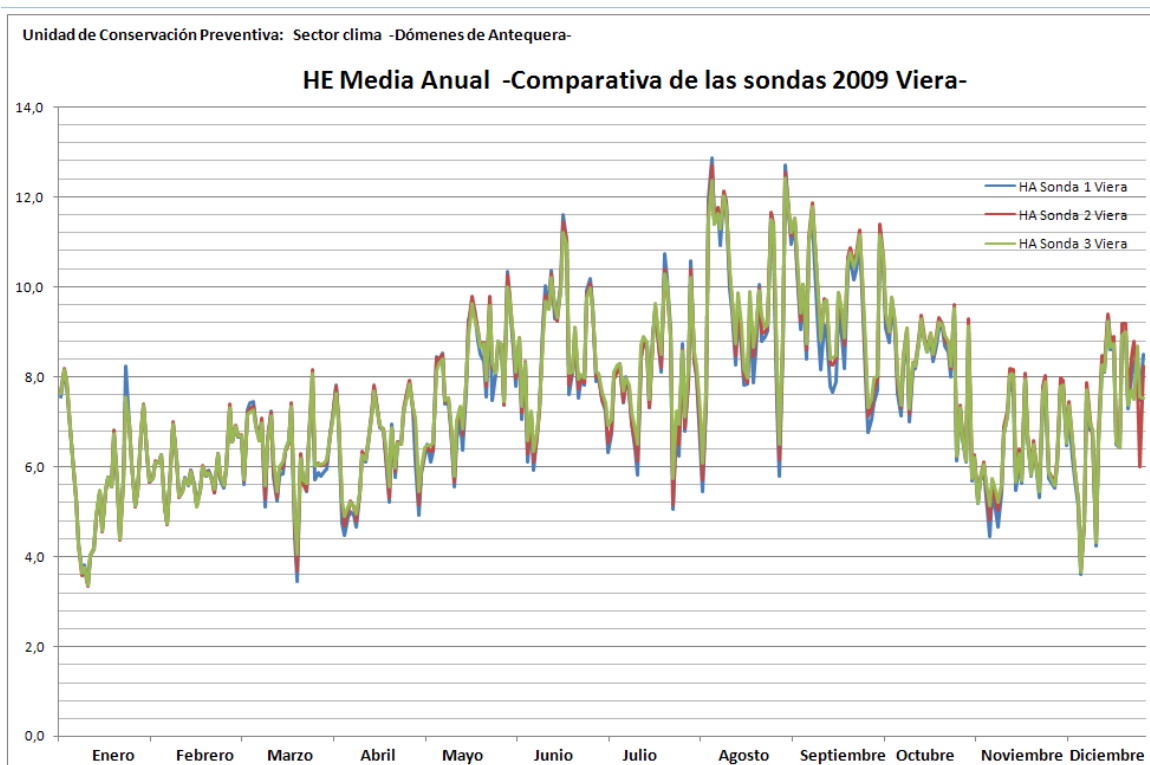
A lo largo de año, las gráficas de humedad específica son prácticamente idénticas en las tres sondas. Sólo en los meses más cálidos se aprecia unos valores más elevados en la sonda 1 exterior, bajando muy levemente mientras más al interior del dolmen estamos.

Los máximos de HE los encontramos en el mes de agosto y septiembre, teniendo un máximo de 13gr/m³ en la sonda 1 exterior y de 12,5gr/m³ en las sondas 2 y 3. Los mínimos de HE los encontramos en los meses de enero, para las sondas 2 y3, y en marzo para la sonda 1, llegando a un mínimo de 3,5gr/m³ en las tres sondas.

Julio y agosto son los meses en los que se desarrolla una mayor diferencia de Humedad específica a lo largo del día medio.

En la sonda 1 encontramos una diferencia de HE de 1,6gr/m³ en agosto. En la sonda 2 encontramos una diferencia de 5,2gr/m³ en julio y en la sonda 3 una diferencia de 1,4gr/m³ en el mes de julio.

A diferencia que en Menga, las variaciones de la HE en el dolmen de Viera son similares en las tres sondas, por lo que podemos ver que no tenemos el problema de Menga en su cubierta y el pozo.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Específica

Conclusiones:

A lo largo de 2009, podemos llegar a la conclusión de que, al igual que ocurre en Menga, el dolmen ofrece poca protección del clima exterior al interior.

Existe una pequeña amortiguación, en cuanto a la temperatura y humedad relativa se refiere, sobre todo en los meses de verano, pero prácticamente nula en la humedad específica.

También tenemos un problema de condensación de agua en la superficie de la piedra, y en los meses de invierno, ya que la diferencia entre la temperatura y la temperatura de rocío es muy baja.

Este problema puede ocasionar: disolución del carbonato cálcico, presente como cementante de la piedra y la aparición de hongos y microorganismos (ataque micro biológico), que pueden debilitar la piedra sea de los ortostatos como de la cubierta.

En el caso de Viera, el túmulo está en mejor estado de conservación que el de Menga, de forma que no tenemos tantos problemas de infiltraciones de agua y apariciones de sales en los ortostatos.

2009 El Romeral

Temperatura:

Debido a la formación del tholos y a que la conservación de la cubierta está en un mejor estado, el tholos de El Romeral es el que ofrece una mayor amortiguación en la cámara.

Se pueden diferenciar dos zonas climáticas en el tholos, las que corresponden a la zona registrada por las sondas 1 y 2, las más exteriores, una última zona climática representada por la sonda 3, en la cámara.

Las temperaturas máximas las encontramos en el mes de julio, llegando a valores de 31°C en la sonda 1 exterior y de 28,5°C en la sonda 2 del corredor, mucho más elevadas que la lectura obtenida por la sonda 3 en la cámara, que apenas llega a 24°C.

En lo que se refiere a las temperaturas mínimas, las encontramos en enero y febrero, llegando a valores mínimos de 10,7°C en la sonda 1, 12°C en la sonda 2 del corredor en enero y 15°C en la sonda 3 de la cámara a lo largo de todo el mes de enero y febrero.

La amortiguación de la temperatura en la cámara es constante a lo largo de todo el año, ya que la temperatura no oscila más de 9°C, lo cual demuestra que la cubierta funciona bien.

En la diferencia de temperaturas en un día medio, podemos comprobar que en los meses de veranos encontramos las variaciones más elevadas.

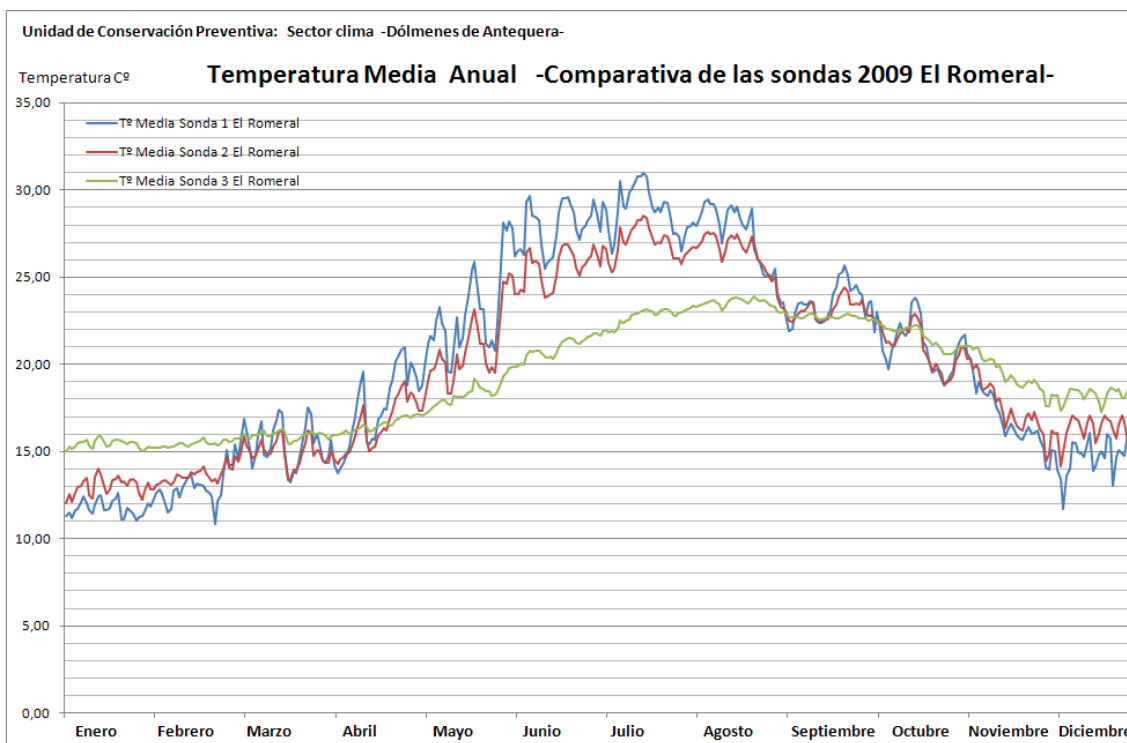
En la sonda 1 encontramos la más extrema con 8,4°C de diferencia en el mes de julio.

En la sonda 2 es de 5°C en julio también y en la cámara es de solo 1°C en los meses de julio y agosto.

Existen muy pocos problemas de condensación en el tholos.

Sólo en diciembre encontramos problemas de condensación en las sondas 1 y 2.

No existen problemas de condensación en la zona de la sonda 3 en todo el año.



Gráfica de la comparativa de la temperatura

Humedad Relativa:

En la humedad relativa en el tholos de El Romeral se pueden diferenciar fácilmente las dos zonas climáticas.

En la zona más exterior podemos ver que la humedad relativa oscila a lo largo de todo el año, mostrando que las curvas entre las sondas 1 y 2 son similares aunque se aprecia una amortiguación en sus valores.

En la zona climática de la cámara, la humedad relativa también oscila, pero se ve claramente que va de una forma más independiente, manteniendo los valores durante todo el año.

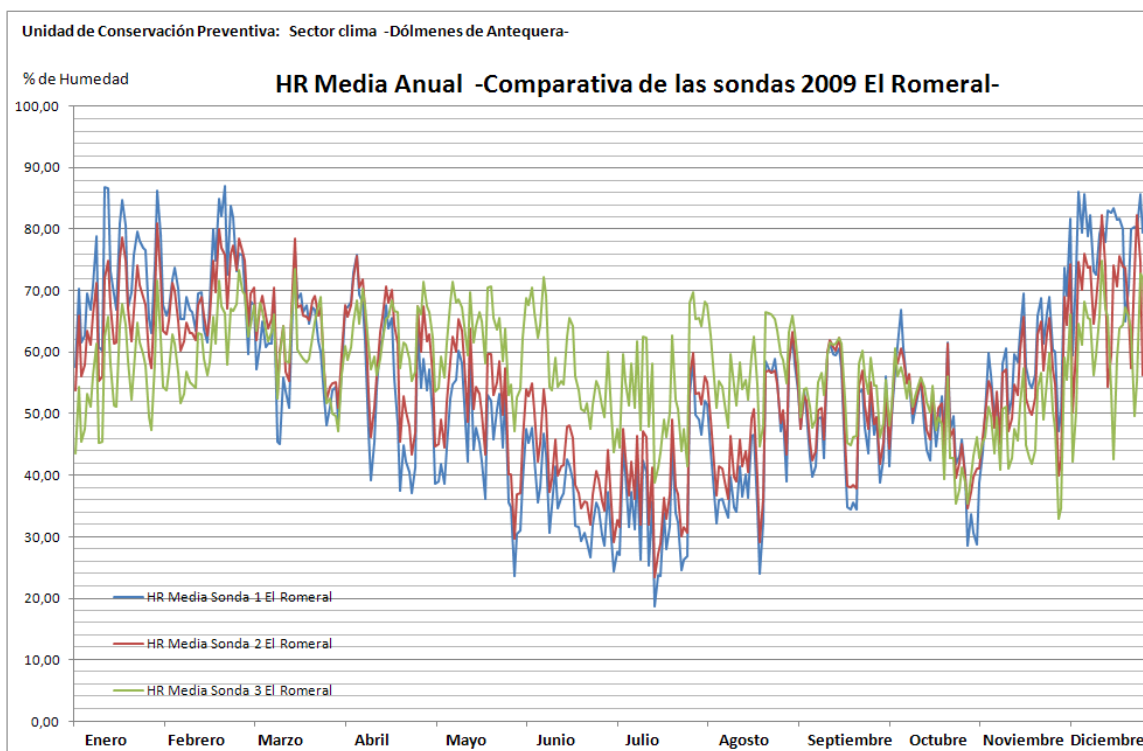
Los valores de humedad relativa máximos los encontramos en los meses de invierno, exceptuando los de la sonda 3 de la cámara, llegando a límites de 87% en enero en la sonda 1, al 82% en diciembre en la sonda 2 y al 72% en junio en la cámara.

El alto nivel de humedad relativa en la sonda 3 de la cámara en los meses de verano es debido a que la temperatura de la cámara es mucho menor que la del exterior, esto provoca que el nivel de humedad relativa sea mucho más elevado.

Los niveles de mínimos los encontramos en los meses más cálidos teniendo los valores extremos en la sonda 1 del exterior, llegando a niveles del 19% de HR, de 24% en la sonda 2 del corredor en julio ambas y del 33% en la sonda 3 de la cámara, en noviembre.

La mayor diferencia de humedad relativa registrada en el día medio es del 18% en la sonda 1, del 12,5% en la sonda 2 y del 8% para la sonda 3. Todos estos valores se recuperaron en el mes de julio.

El buen estado del túmulo del tholos de El Romeral hace que los niveles de humedad relativa registrados en la cámara sean más o menos estables durante todo el año, sigue habiendo variaciones importantes, pero se mantiene entre unos valores máximos del 70% y mínimos del 40% de forma continua y superando estos valores en momentos concretos.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Relativa

Humedad Específica:

A lo Largo del 2009, las gráficas de la humedad específica en el Tholos de el Romeral no indican que en la zona climática del exterior del tholos, las curvas de las sondas 1 y 2 son muy parecidas, teniendo datos más extremos en la sonda 1 del exterior.

En cuanto a la zona climática de la cámara, obtenemos unos resultados muy similares en los meses de invierno y por el contrario, en verano, las mediciones mínimas son bastante más elevadas, llegando a diferencias de hasta 3,5gr/m³ en el mismo periodo de tiempo.

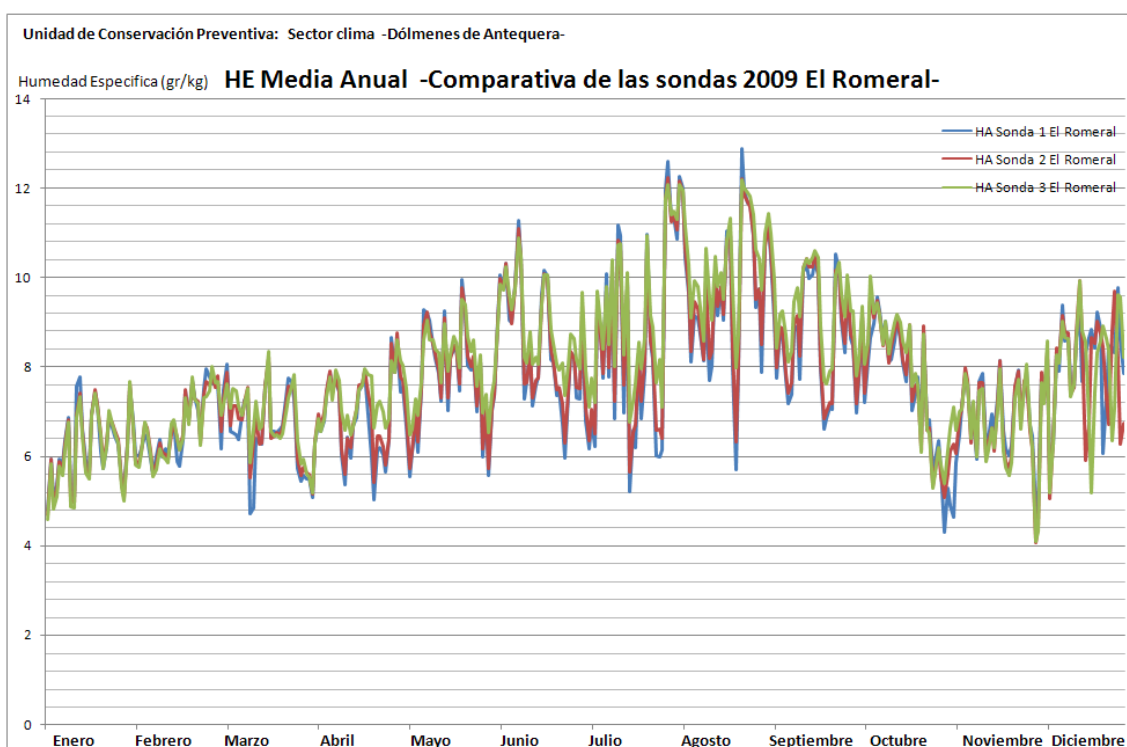
Los datos máximos obtenidos por la sonda 1 exterior, llegan a límites de 13 gr/m³ en agosto, y de 4.2gr/m³ como mínima en noviembre. En la sonda 2 corredor,

obtenemos una máxima de 12gr/m^3 en agosto, y de una mínima de 4gr/m^3 en noviembre también.

Finalmente, en la sonda de la cámara, obtenemos unos valores más moderados que en las sondas anteriores, aunque con unos picos máximos levemente superior a los 12gr/m^3 en los meses de julio y agosto y como mínima llegamos a un pico de 4gr/m^3 en noviembre.

Por la formación y conservación del tholos, obtenemos unas variaciones de humedad específica bastante bajas a lo largo del año.

Las diferencias máximas de humedad específica recogidas en el día medio son de 1gr/m^3 en las sondas 1 y 3, y de $0,8\text{gr/m}^3$ en la sonda 2 del corredor. Todos en julio.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Específica

Conclusiones:

El tholos de El Romeral es el que ofrece una mayor amortiguación del clima exterior en su cámara. Aunque se comprueba que el clima exterior afecta a los datos obtenidos por las sondas 1 y 2, en la cámara vemos que los datos nos indican que la amortiguación del tholos funciona bien.

La temperatura de la cámara es más estable a lo largo de todo el año, por lo que en invierno tenemos unas temperaturas más suaves y en verano, obtenemos unas temperaturas más frescas.

Teniendo en cuenta que en la cámara las temperaturas en verano son más bajas, y que los mínimos de humedad específica son más elevados, obtenemos como resultado una humedad relativa más elevada de lo normal en estos meses.

Pero aunque obtenemos una humedad relativa elevada en verano, vemos que es más constante a lo largo de todo el año, teniendo picos, pero manteniendo una cierta estabilidad sus máximos y mínimos.

En cuanto a la humedad específica, comprobamos que el tholos tiene unos valores similares a los demás dólmenes, con la diferencia que en la cámara se mantiene en mayor medida, causando una elevada humedad relativa en los meses de verano.

Otra ventaja del estado de conservación del tholos es que las variaciones a lo largo del día medio son muy bajas, favoreciendo a la conservación de este.

2010 Menga:

Temperatura:

Como ocurre en el año anterior, los niveles de temperatura en el dolmen de Menga van oscilando durante todo el año. Se aprecia en el estudio microclimático que en el interior del dolmen, amortigua estas variaciones de temperatura de forma moderada, mientras más vamos profundizando en su interior.

Las temperaturas más extremas las encontramos recogidas por la sonda 1 exterior, llegando a temperaturas mínimas de 6°C en enero y máximas de 30°C a finales de Julio y principios de agosto.

En el estudio microclimático del dolmen se aprecia que hay dos zonas climáticas diferenciadas, aunque los picos de las sondas son bastante similares.

Diferenciamos una zona exterior, recogida por la sonda 1, y una segunda zona en el interior del dolmen, cuyos datos son captados por la sonda 2 del corredor y la sonda tres de la cámara.

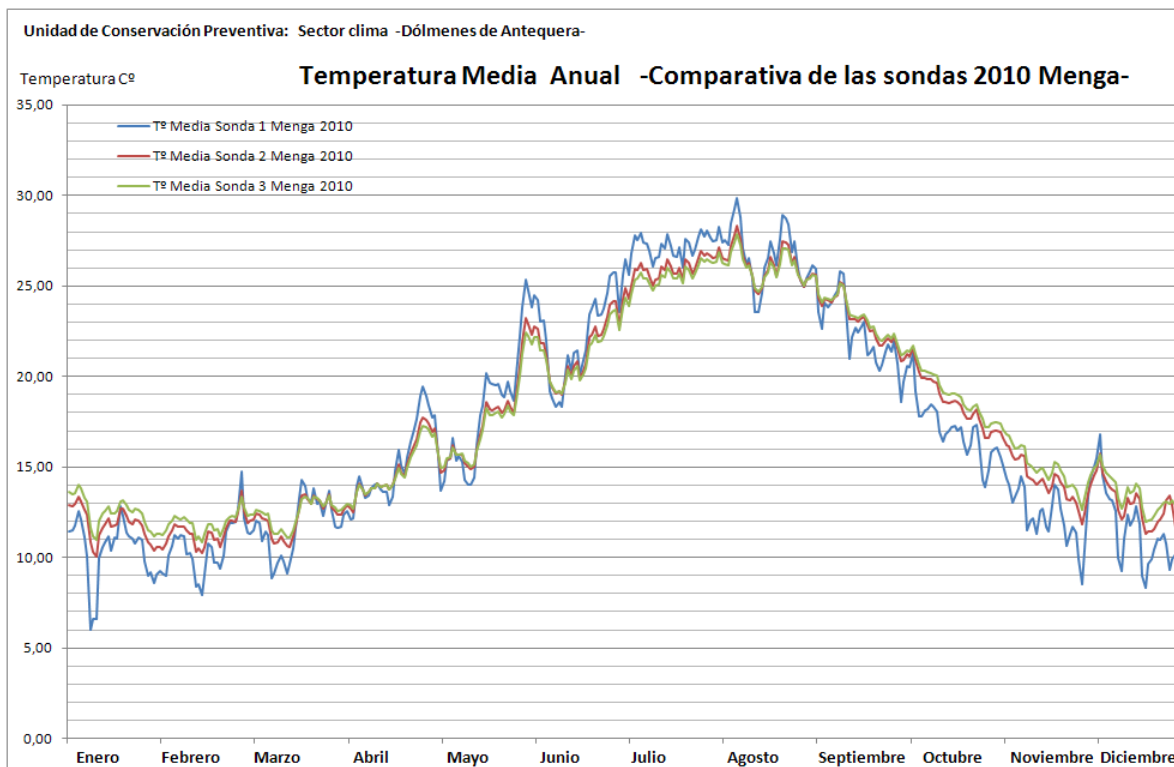
Estas dos zonas se diferencian en que las variaciones de temperatura, de humedad relativa y humedad específica, son diferentes en la zona del interior del dolmen, a contraposición de la zona exterior, que está más a merced de las condiciones externas.

En los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, con la estación de invierno, lógicamente tenemos las temperaturas más bajas del año.

Estas bajas temperaturas crean un gran problema de condensación de agua sobre los ortostatos, ya que en estos meses del año, la diferencia entre la temperatura de rocío y la temperatura ambiental es menor de 2°C, por lo que el vapor de agua se condensa sobre la superficie de la roca, pudiendo generar la aparición de hongos, musgo y otros microorganismos que ataquen la superficie del dolmen, además de los daños que puede producir el agua directamente.

En los meses de julio y agosto están las mayores variaciones de temperatura a lo largo del año, en un solo día, llegamos a tener diferencias de 6,2°C entre la noche y el día en la sonda 1 exterior, demostrando la amortiguación de las temperaturas en las sondas interiores, que solo sufren variaciones de 4°C en la sonda del corredor y 3,1°C en la de la cámara.

A diferencia de 2009, los datos recogidos por las sondas en 2010 son, en general más suaves. Teniendo unos máximos y mínimos un grado centígrado más suave que en el año anterior.



Gráfica de la comparativa de la Temperatura

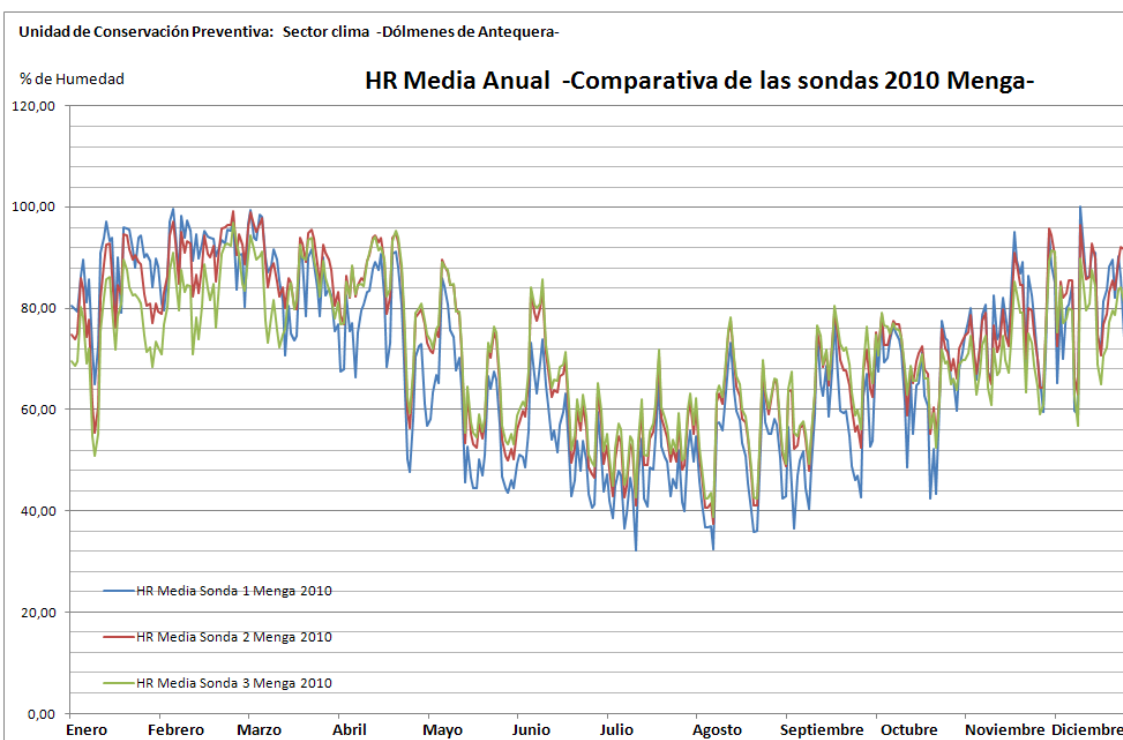
Humedad Relativa:

Al igual que ocurre durante el año 2009, los datos de HR recogida por las sondas en el dolmen de Menga nos indican claramente que tenemos un gran problema, debido a que el dolmen amortigua de forma muy deficiente la humedad relativa del ambiente exterior.

Aunque las graficas de HR de las tres sondas son muy similares, también se puede apreciar las dos zonas climáticas que tiene el dolmen, la zona exterior cuyos datos son recogidos por la sonda 1 y la zona del interior del dolmen, en la que los datos son recogidos por las sondas 2 y 3, corredor y cámara respectivamente.

Los valores de HR oscilan de forma brusca, teniendo máximos muy elevado en los meses de invierno (enero, febrero, noviembre y diciembre) llegando prácticamente al 100% de HR y en los meses de Verano (junio, julio y agosto) tenemos niveles de HR bastante bajo, 32,2%.

Los meses en los que encontramos una mayor diferencia de humedad relativa, en el día medio, vuelven a ser julio y agosto, llegando a una diferencia del 21% entre el día y la noche en la sonda 1. Y en las sondas 2 y 3, una diferencia de 23% en la sonda 2 y del 17% en la sonda 3.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Relativa

Humedad Específica:

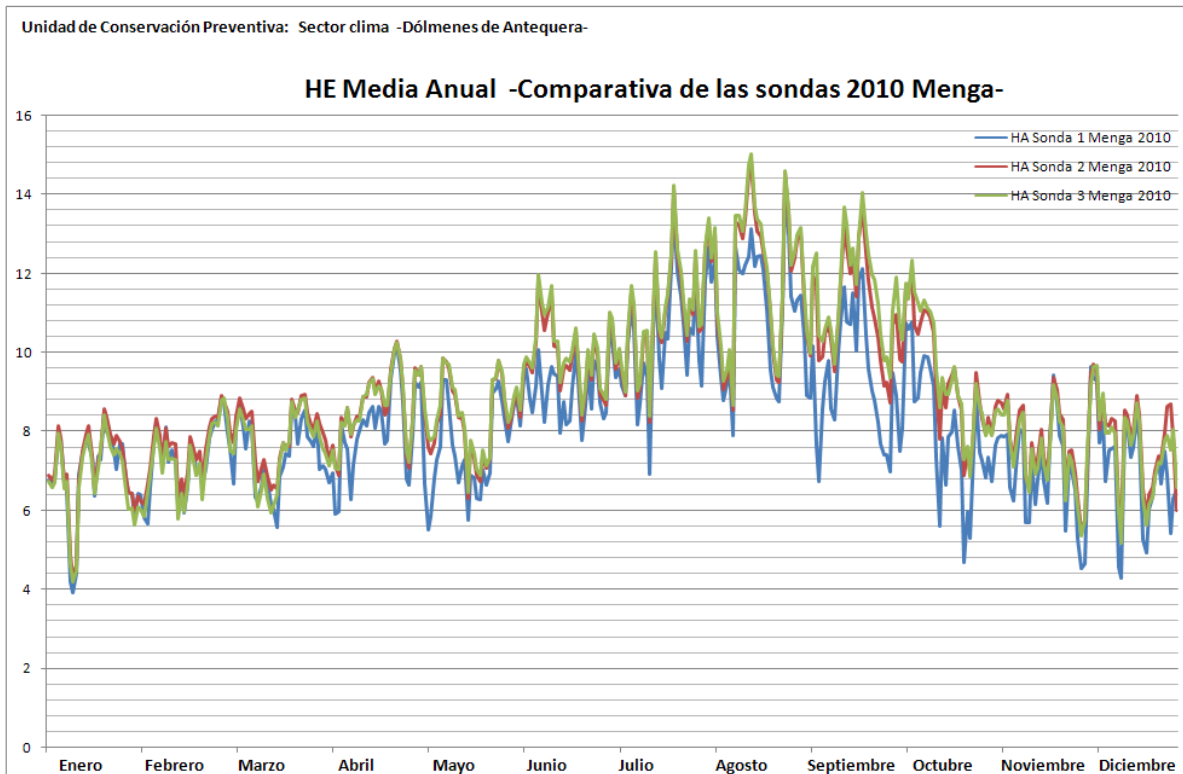
Comprobamos que en el 2010 tenemos una situación muy similar, en cuanto a la humedad específica, que en el 2009. Sólo que encontramos una subida de los máximos y mínimos.

También podemos comprobar que las zonas climáticas del dolmen se siguen diferenciando, ya que las gráficas de la zona interior del dolmen son muy similares y se diferencian de la zona exterior. Aunque en el estudio general del dolmen, las gráficas siguen un patrón similar.

Los mayores niveles de HE se encuentran en los meses de temperaturas más elevadas, ya que se favorece la evaporación de agua, llegando a unos $15\text{gr}/\text{m}^3$ en el interior del dolmen, en los meses de agosto y septiembre. En cambio, con las bajas temperaturas de enero y febrero, se registran mínimos de $3,9\text{gr}/\text{m}^3$ en la sonda exterior del dolmen.

Podemos comprobar por la gráficas, que el pozo y las catas realizadas en el túmulo vuelven ser el origen de la variaciones de HE, y por lo tanto de la HR, que se producen en los meses más cálidos. Ya que este aumento de HE producido por la evaporación del agua, se mantiene durante la noche, donde las temperaturas bajan y se produce un aumento considerable de la HR.

Los valores de HE medidos en el dolmen nos muestran que las diferencias más significativas se producen durante el mes de julio y en la zona del interior del dolen (donde está el pozo), con variaciones de hasta $2,1\text{ gr}/\text{m}^3$ en un solo día, a diferencia de la zona exterior, donde la variación de HE es de sólo $0,8\text{ gr}/\text{m}^3$. Lo que nos demuestra que el pozo expulsa humedad al ambiente.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Específica

Conclusiones:

Con el estudio climático de 2010 del dolmen de Menga, podemos comprobar que los problemas ya existentes que encontramos en 2009, siguen persistiendo.

El poco amortiguamiento que ofrece el dolmen ante el clima exterior y los problemas de humedad y condensación de agua, siguen persistiendo durante todo el estudio climático.

La mala restauración de las catas arqueológicas realizadas sobre el túmulo, siguen siendo el problema principal del dolmen de Menga, que abren un camino para el aumento de la humedad en el interior del dolmen y a filtraciones de agua, pudiendo causar serios problemas a la conservación de este bien patrimonial.

En comparación con el 2009, los niveles máximos y mínimos de humedad específica han aumentado considerablemente, probablemente causado por las numerosas lluvias que se registraron en este año.

Otra conclusión a la que podemos llegar con el estudio climatológico del 2010 en la localización del Conjunto Arqueológico de los Dólmenes de Antequera, es que cada año que pasa, el clima es menos extremo, de forma que las medidas mínimas son un poco más altas y que los máximos son un poco más suaves.

Esto puede indicar que es probable que exista un cambio climático en la zona de los dólmenes.

2010 Viera:

Es importante conocer que la sonda 2 del corredor del dolmen de Viera, muestra un error de datos de forma continua a partir de febrero de este año 2010, por lo que es necesaria una puesta a punto de las sondas del dolmen.

Temperatura:

Como hemos podido comprobar con los datos obtenidos del 2010 en el dolmen de Menga, en Viera también ocurre un fenómeno similar, ya que los resultados del 2010 son muy parecidos, en general, con los datos obtenidos en el 2009.

Añadiendo que las temperaturas son un poco menos extremas que en el año anterior.

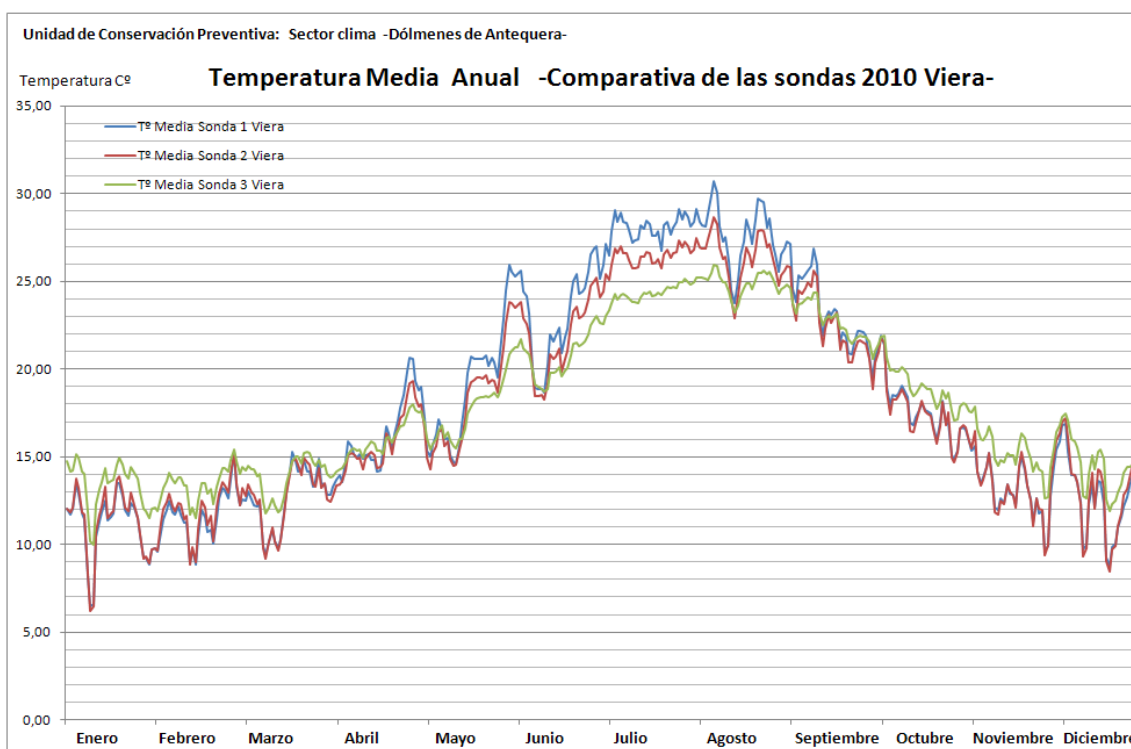
En el mes de enero encontramos las temperaturas mínimas en las sondas 1 exterior de 6,1°C y máximas en agosto de 30,8°C en la sonda 1 exterior.

Durante los meses de invierno, las graficas de las sondas 1 y 2 son muy similares, a diferencia de la sonda 3 de la cámara, que los datos están más amortiguados, teniendo mínimas de 10°C en enero y máximas de 26°C en agosto.

En los meses de mayor temperatura, existe una mayor diferencia entre las gráficas de las sondas, indicando que el dolmen amortigua mejor las altas temperaturas que las bajas. Aunque las curvas de las gráficas son muy similares, se aprecia una considerable diferencia de los valores.

Los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre son los más problemáticos en cuanto a condensación se refiere, en marzo y abril encontramos algunos periodos de condensación, aunque es un momento puntual del año.

En cuanto a la temperatura de condensación (Td) encontramos mínimos de -1°C en enero y en la sonda 1 exterior y de casi -0,5°C en las sondas 2 y 3. Las máximas las encontramos en agosto, son de 18°C y están en las tres sondas.



Gráfica de la comparativa de la Temperatura

Humedad Relativa:

La sonda 2 del corredor es la que encontramos que tiene un fallo de funcionamiento, por lo que no contamos con los datos de esta sonda a partir de febrero.

Las gráficas de humedad relativa de Viera nos indican que el dolmen amortigua muy poco las variaciones del exterior. Sólo los datos recogidos por la sonda 3 de la cámara muestran un amortiguamiento del dolmen, aunque de una forma bastante baja.

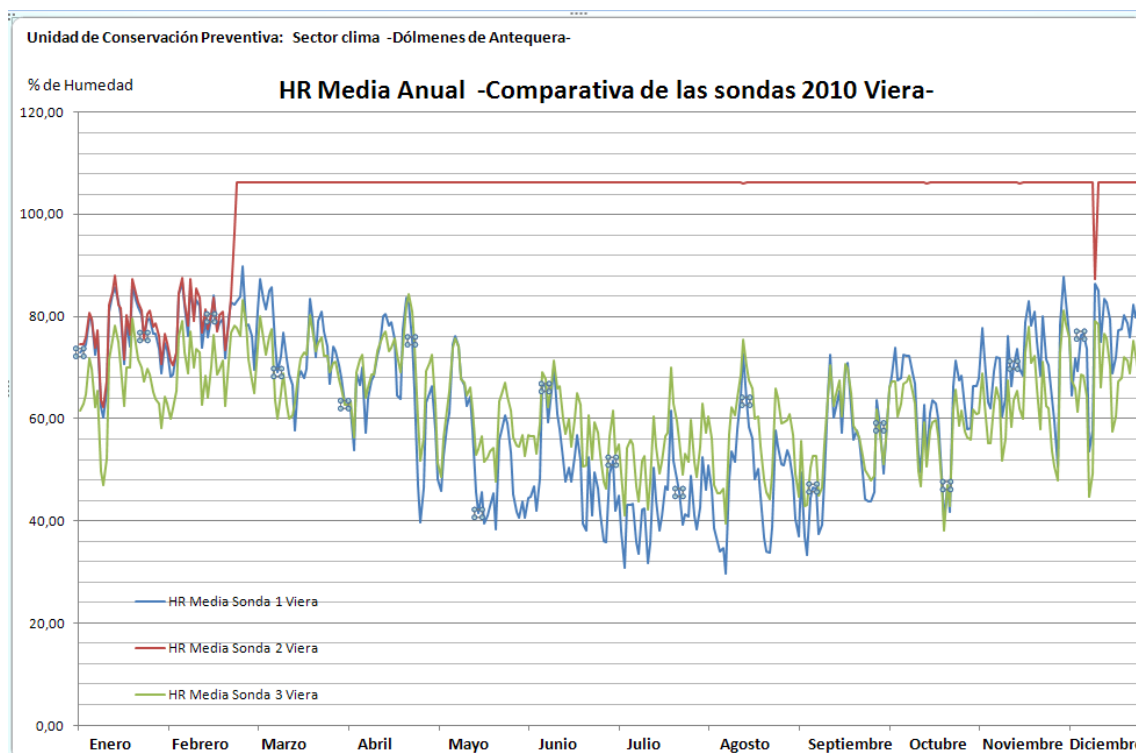
Los meses donde encontramos los niveles de humedad relativa más elevados son los de enero y diciembre, llegando al 90% de HR en febrero (sonda 1 exterior) y un 84,5% de HR en la sonda 3 y en el mes de abril.

En los meses de verano comprobamos que las gráficas de las sondas se alejan en sus valores, aunque las curvas siguen siendo muy similares, de forma que existe una mayor protección de dolmen en los meses cálidos.

Los mínimos de humedad relativa los encontramos en el mes de agosto, llegando a niveles de 29,7% en la sonda 1 del exterior y 39,5% en la sonda 3 de la cámara.

Los meses en los que encontramos una mayor diferencia de humedad relativa, en el día medio, son en agosto para la sonda 1 exterior, llegando a una diferencia del 22% entre el día y la noche. Y en la sonda 3, el mes que tiene una mayor diferencia es agosto, llegando al 13,5%.

Estas oscilaciones de humedad relativa entre el día y la noche pueden causar problemas para la conservación del dolmen, ya que se pueden generar el debilitamiento de la piedra.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Relativa

Humedad específica:

A lo largo de año, las gráficas de humedad específica son prácticamente idénticas en las dos sondas.

Sólo en los meses más cálidos se aprecia unos valores más elevados en la sonda 1 exterior, bajando muy levemente mientras más al interior del dolmen estamos, pero a diferencia del 2009, la diferencia es mucho menor en sus valores.

El fallo de la sonda 2 persiste a la hora de calcular la humedad específica, por lo que no tendremos los datos de HE para el año 2010.

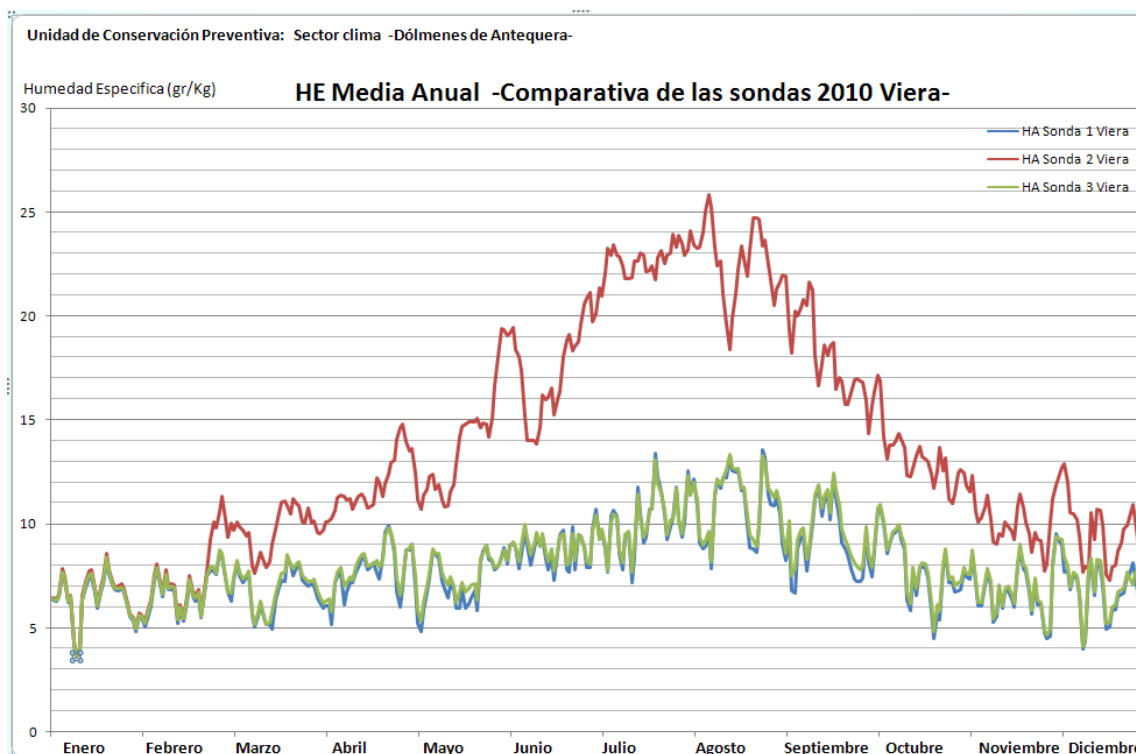
Los máximos de HE los encontramos en el mes de julio y agosto, teniendo un máximo de $13,5\text{gr}/\text{m}^3$ en la sonda 1 exterior y de $13,3\text{gr}/\text{m}^3$ en la sonda 3.

Los mínimos de HE los encontramos en los meses de enero, para la sonda 3, y en marzo para la sonda 1, llegando a un mínimo de $3,6\text{gr}/\text{m}^3$ en las dos sondas.

Julio y agosto son los meses en los que se desarrolla una mayor diferencia de Humedad específica a lo largo del día medio.

En la sonda 1 encontramos una diferencia de HE de $1,2\text{gr}/\text{m}^3$ en julio y agosto, y en la sonda 3 una diferencia de $1,3\text{gr}/\text{m}^3$ en el mes de julio.

A diferencia que en Menga, las variaciones de la HE en el dolmen de Viera son similares en las tres sondas, por lo que podemos ver que no tenemos el problema de Menga en su cubierta y el pozo.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Específica

Conclusiones:

En el estudio de 2010 del clima del dolmen de Viera, comprobamos que no cambian las condiciones del dolmen. Seguimos teniendo los problemas de del poco amortiguamiento del clima interior, con respecto del clima exterior.

Los problemas de condensación de agua continúa siendo un problema en los meses de invierno.

Destacar el problema con la sonda 2 del corredor, que tiene un problema en la medición de humedad relativa, y en consecuencia, con el resto de las mediadas relacionadas con la humedad.

2010 El Romeral

Temperatura:

Como ya hemos visto anteriormente en el estudio de 2009, debido a la formación del tholos y a que la conservación de la cubierta está en un mejor estado, el tholos de El Romeral es el que ofrece una mayor amortiguación en la cámara.

Se pueden diferenciar dos zonas climáticas en el tholos, las que corresponden a la zona registrada por las sondas 1 y 2, las más exteriores, una última zona climática representada por la sonda 3, en la cámara.

Las temperaturas máximas las encontramos en el mes de agosto, llegando a valores de 32°C en la sonda 1 exterior y de 28,7°C en la sonda 2 del corredor, mucho más elevadas que la lectura obtenida por la sonda 3 en la cámara, que apenas llega a 24°C.

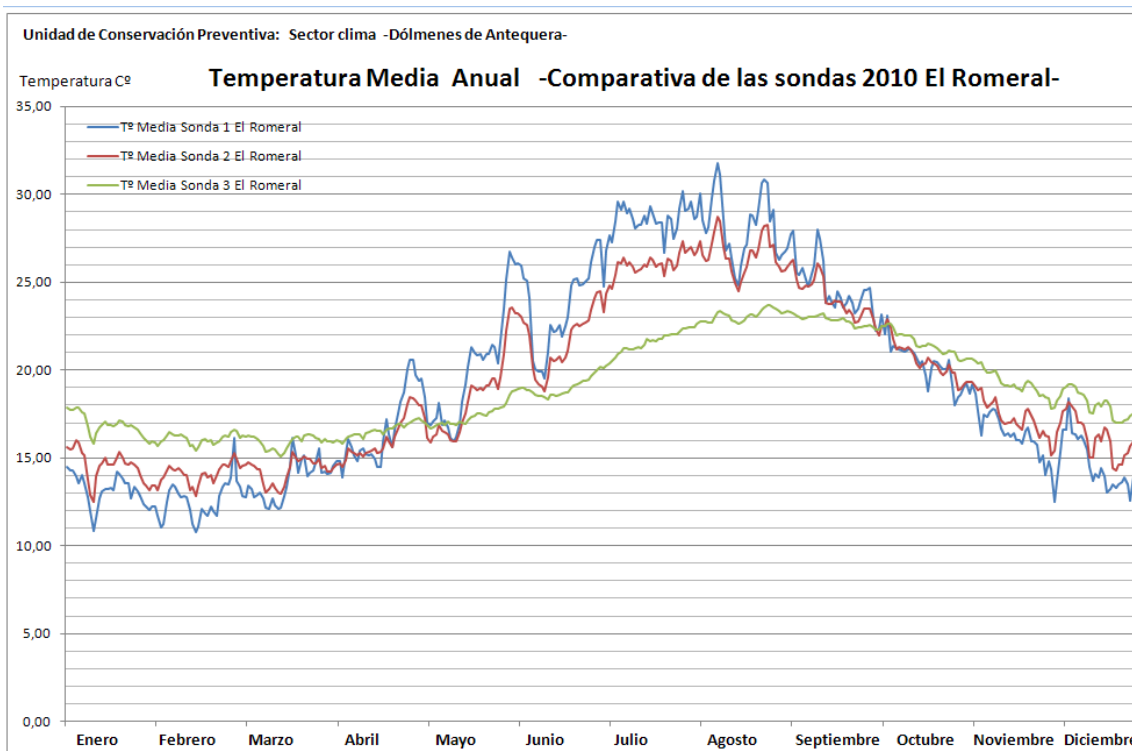
En lo que se refiere a las temperaturas mínimas, las encontramos en enero y febrero, llegando a valores mínimos de 10,7°C en la sonda 1, 12,5°C en la sonda 2 del corredor en enero y 16°C en la sonda 3 de la cámara a lo largo de todo el mes de enero y febrero.

La amortiguación de la temperatura en la cámara es constante a lo largo de todo el año, ya que la temperatura no oscila más de 9°C, lo cual demuestra que la cubierta funciona bien.

En la diferencia de temperaturas en un día medio, podemos comprobar que en los meses de veranos encontramos las variaciones más elevadas.

En la sonda 1 encontramos la más extrema con 9°C de diferencia en el mes de julio. En la sonda 2 es de 5,1°C en julio también y en la cámara es de solo 0,8°C en los meses de julio y agosto.

Existen muy pocos problemas de condensación en el tholos. Sólo en enero, febrero y diciembre encontramos problemas de condensación en la sondas 1 y sólo en enero en la sonda 2. No existen problemas de condensación en la zona de la sonda 3 en todo el año.



Gráfica de la comparativa de la Temperatura

Humedad Relativa:

En la humedad relativa del tholos de El Romeral se pueden diferenciar fácilmente las dos zonas climáticas.

En la zona más exterior podemos ver que la humedad relativa oscila a lo largo de todo el año, mostrando que las curvas entre las sondas 1 y 2 son similares aunque se aprecia una amortiguación en sus valores.

En la zona climática de la cámara, la humedad relativa también oscila, pero se ve claramente que va de una forma más independiente, manteniendo los valores durante todo el año.

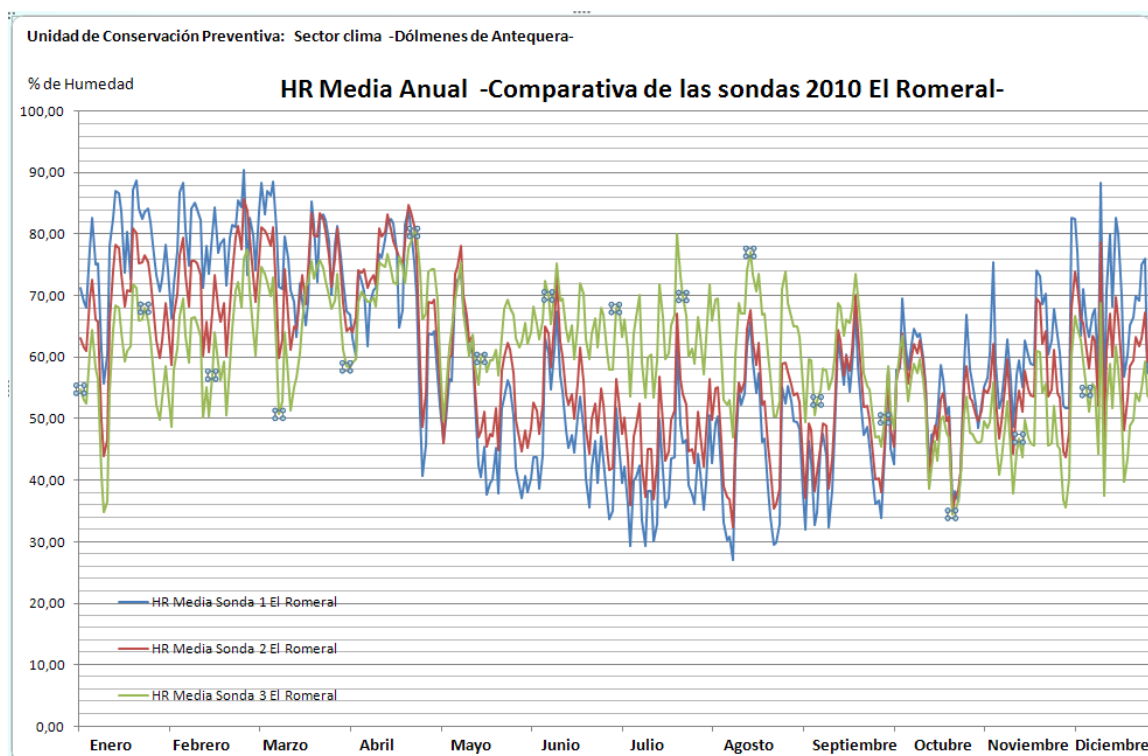
Los valores de humedad relativa máximos los encontramos en los meses de invierno, exceptuando los de la sonda 3 de la cámara. Llegando a límites de 90% en febrero en la sonda 1, al 86% en febrero en la sonda 2 y al 80% en abril y junio en la cámara.

El alto nivel de humedad relativa en la sonda 3 de la cámara en los meses de verano es debido a que la temperatura de la cámara es mucho menor que la del exterior, esto provoca que el nivel de humedad relativa sea mucho más elevado.

Los niveles de mínimos los encontramos en los meses más cálidos teniendo los valores extremos en la sonda 1 del exterior, llegando a niveles del 27% de HR en agosto, de 32,4% en la sonda 2 del corredor en agosto y del 34,4% en la sonda 3 de la cámara, en octubre.

La mayor diferencia de humedad relativa registrada en el día medio es del 19,4% en la sonda 1, del 16% en la sonda 2 y del 7% para la sonda 3. Todos estos valores se recuperaron en el mes de julio.

El buen estado del túmulo del tholos de El Romeral hace que los niveles de humedad relativa registrados en la cámara sean más o menos estables durante todo el año, sigue habiendo variaciones importantes, pero se mantiene entre unos valores máximos del 80% y mínimos del 50% de forma continua y superando estos valores en momentos concretos, exceptuando el final del año, que hay una bajada de la humedad relativa en octubre y se va recuperando a lo largo del trimestre final de 2010.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Relativa

Humedad Específica:

A lo Largo del 2010, las gráficas de la humedad específica en el Tholos de El Romeral no indican que en la zona climática del exterior del tholos, las curvas de las sondas 1 y 2 son muy parecidas, teniendo datos más extremos en la sonda 1 del exterior.

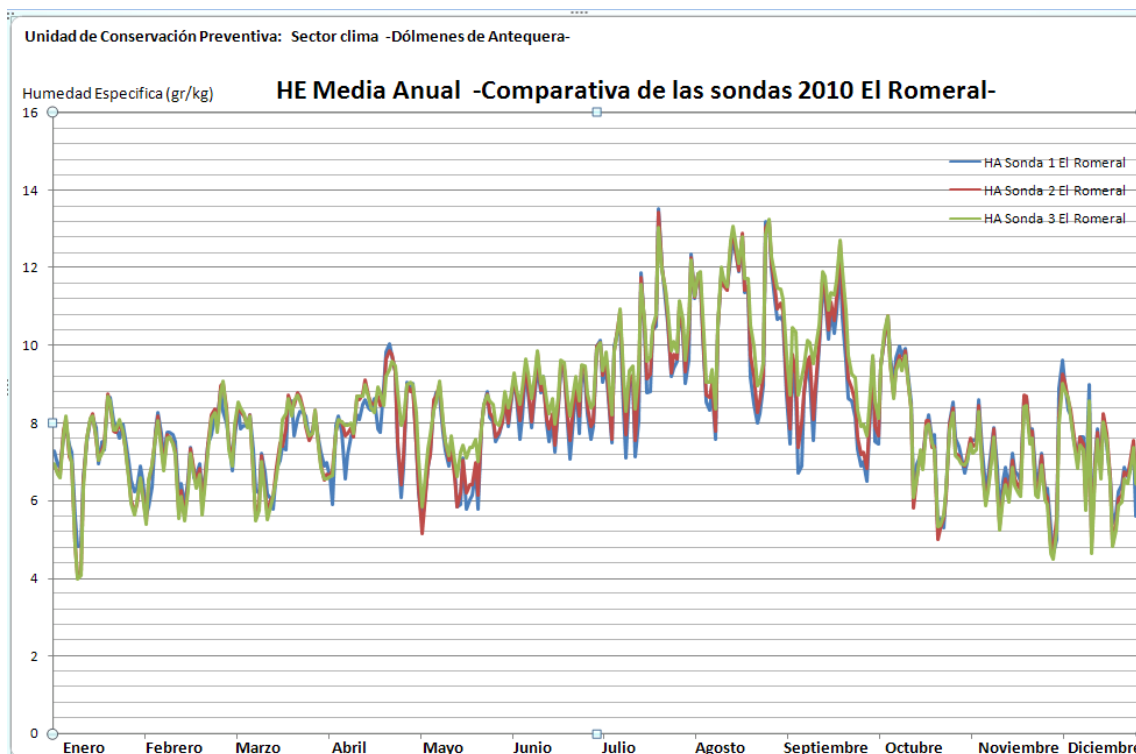
En cuanto a la zona climática de la cámara, obtenemos unos resultados muy similares en los meses de invierno y por el contrario, en verano, las mediciones mínimas son bastante más elevadas, llegando a diferencias de hasta 3,5gr/m³ en el mismo periodo de tiempo.

Los datos máximos obtenidos por la sonda 1 exterior, llegan a límites de 13,5gr/m³ en julio, y de 4.8gr/m³ como mínima en enero.

En la sonda 2 del corredor, obtenemos una máxima de 13,4gr/m³ en julio, y de una mínima de 4gr/m³ en enero también.

Finalmente, en la sonda de la cámara, obtenemos unos valores más moderados que en las sondas anteriores, aunque con unos picos máximos levemente superior a los 13gr/m³ en los meses de julio y agosto y como mínima llegamos a un pico de 4gr/m³ en enero.

Por la formación y conservación del tholos, obtenemos unas variaciones de humedad específica bastante bajas a lo largo del año. Las diferencias máximas de humedad específica recogidas en el día medio son de 1,2gr/m³ en las sondas 1 y3, y de 0,9gr/m³ en la sonda 2 del corredor. Todos en julio.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Específica

Conclusiones:

Durante el estudio del 2010, volvemos a comprobar que el tholos de El Romeral amortigua muy bien el clima exterior en su cámara. No existen unas diferencias marcadas con respecto a los resultados obtenidos en el estudio del año anterior.

El estado de conservación del túmulo sigue funcionando bien y los resultados se pueden ver bien en el estudio climático. Por lo que continua teniendo una estabilidad de temperatura en la cámara, así como de la humedad relativa, que aunque sigue teniendo fluctuaciones, no llega a tener unas máximas y mínimas extremas y se mantiene dentro de unos límites de 80% y 50% a lo largo del año, con pocas excepciones.

En cuanto a la condensación de agua, seguimos teniendo los mismos problemas que en el año exterior, en los meses más fríos del año, encontramos condensación en las sondas 1 y 2, y ningún problema en la sonda de la cámara.

2011 Menga:

Se ha detectado que el sonda 3 de la cámara de Menga muestra un error similar al que encontramos en el dolmen de Viera.

El estudio del clima en el año 2011, llega hasta el mes de octubre, debido que este fue el último mes completo del que tenemos los datos microclimáticos.

Temperatura:

Como ocurre en los años anteriores, los niveles de temperatura en el dolmen de Menga van oscilando durante todo el año. Se aprecia en el estudio microclimático que en el interior del dolmen, amortigua estas variaciones de temperatura de forma moderada, mientras más vamos profundizando en su interior.

Las temperaturas más extremas las encontramos recogidas por la sonda 1 exterior, llegando a temperaturas mínimas de 8,5°C en enero y máximas de 28,3°C en julio.

Comprobando que existe un amortiguamiento de las temperaturas en el interior del dolmen, ya que las temperaturas mínimas registradas en el interior del dolmen son de 9,5°C y 10,5°C en las sondas 2 y 3 respectivamente. Y unas máximas de 27°C y 26,5°C en sus respectivas sondas.

En el estudio microclimático del dolmen se aprecia que hay dos zonas climáticas diferenciadas, aunque los picos de las sondas son bastante similares.

Diferenciamos una zona exterior, recogida por la sonda 1, y una segunda zona en el interior del dolmen, cuyos datos son captados por la sonda 2 del corredor y la sonda 3 de la cámara.

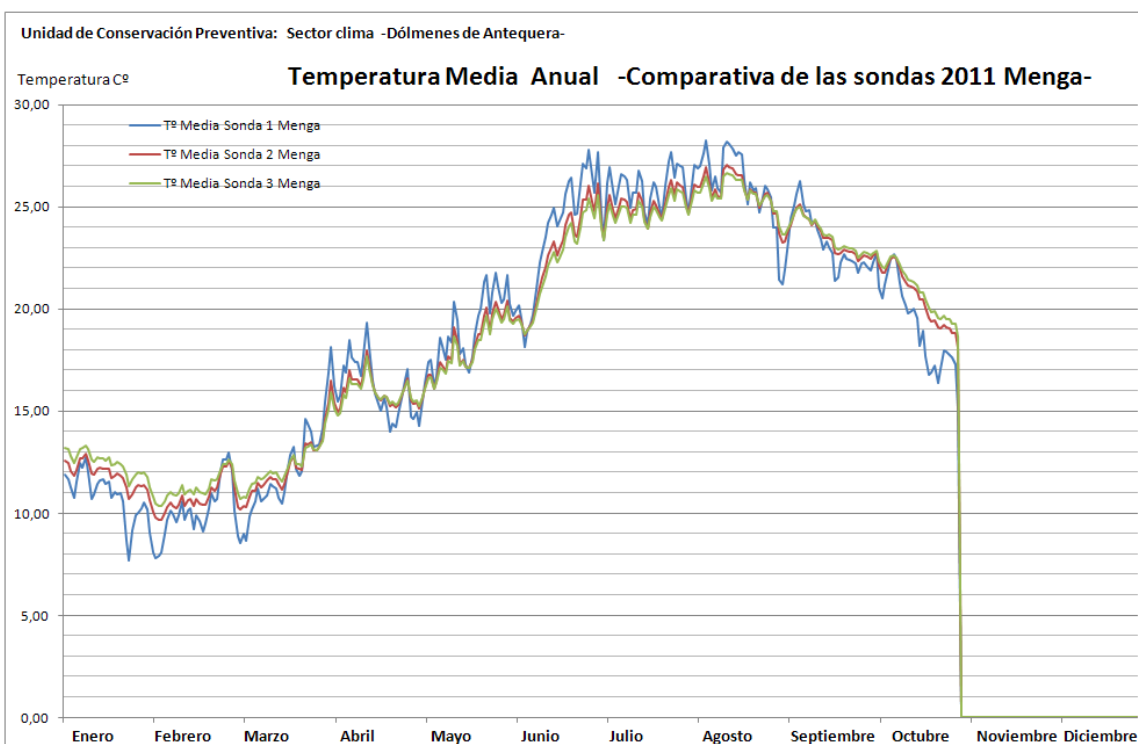
Estas dos zonas se diferencian en que las variaciones de temperatura, de humedad relativa y humedad específica, son diferentes en la zona del interior del dolmen, a contraposición de la zona exterior, que está más a merced de las condiciones externas.

En los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, con la estación de invierno, lógicamente tenemos las temperaturas más bajas del año.

Estas bajas temperaturas crean un gran problema de condensación de agua sobre los ortostratos, ya que en estos meses del año, la diferencia entre la temperatura de rocío y la temperatura ambiental es menor de 2°C, por lo que el vapor de agua se condensa sobre la superficie de la roca, pudiendo generar la aparición de hongos, musgo y otros microorganismos que ataquen la superficie del dolmen, además de los daños que puede producir el agua directamente.

En los meses de julio y agosto están las mayores variaciones de temperatura a lo largo del año, en un solo día, llegamos a tener diferencias de 6,7°C entre la noche y el día en la sonda 1 exterior, demostrando la amortiguación de las temperaturas en las sondas interiores, que solo sufren variaciones de 3,9°C en la sonda del corredor y 3°C en la de la cámara.

A diferencia de 2009 y 2010, los datos recogidos por las sondas en 2011 son, en general más suaves. Teniendo unos máximos y mínimos un grado centígrado más suave que en el año anterior.



Gráfica de la comparativa de la Temperatura

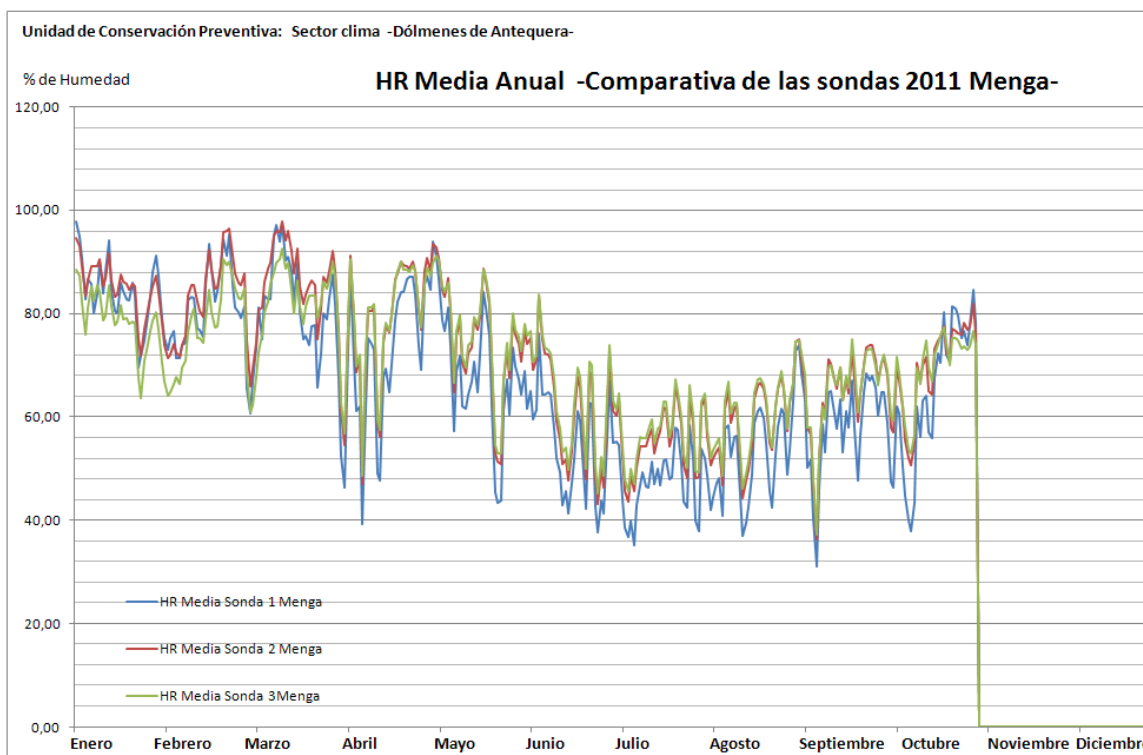
Humedad Relativa:

Al igual que ocurre durante los años 2009 y 2010, los datos de HR recogida por las sondas en el dolmen de Menga nos indican claramente que tenemos un gran problema, debido a que el dolmen amortigua de forma muy deficiente la humedad relativa del ambiente exterior.

Aunque las graficas de HR de las tres sondas son muy similares, también se puede apreciar las dos zonas climáticas que tiene el dolmen, la zona exterior cuyos datos son recogidos por la sonda 1 y la zona del interior del dolmen, en la que los datos son recogidos por las sondas 2 y 3, corredor y cámara respectivamente.

Los valores de HR oscilan de forma brusca, teniendo máximos muy elevado en los meses de invierno (enero, febrero, noviembre y diciembre) llegando prácticamente al 97% de HR y en los meses de Verano (junio, julio y agosto) tenemos niveles de HR bastante bajo, 30%.

Los meses en los que encontramos una mayor diferencia de humedad relativa, en el día medio, vuelven a ser julio y agosto, llegando a una diferencia del 25% entre el día y la noche en la sonda 1. Y en las sondas 2 y 3, una diferencia de 31% en la sonda 2 y del 29,5% en la sonda 3.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Relativa

Humedad Específica:

Comprobamos que en el 2011 tenemos una situación muy similar, en cuanto a la humedad específica, que en el 2009 y 2010. En este año podemos ver que la HE no ha llegado a límites tan altos como en el 2010, aunque siguen siendo ligeramente superiores que los del 2009.

También podemos comprobar que las zonas climáticas del dolmen se siguen diferenciando, ya que las gráficas de la zona interior del dolmen son muy similares y se diferencian de la zona exterior. Aunque en el estudio general del dolmen, las graficas siguen un patrón similar.

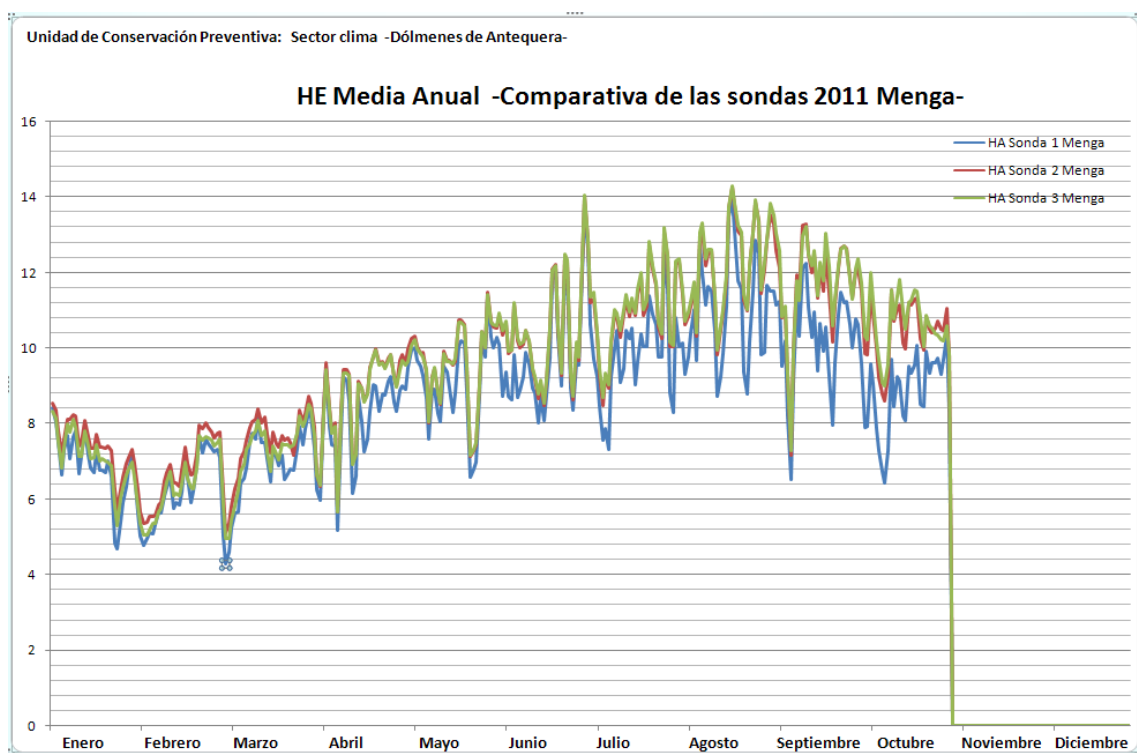
Los mayores niveles de HE se encuentran en los meses de temperaturas más elevadas, ya que se favorece la evaporación de agua, llegando a unos $14,3\text{gr/m}^3$ en el interior del dolmen, en los meses de agosto y septiembre. En cambio, con las bajas temperaturas de enero y febrero, se registran mínimos de $4,3\text{gr/m}^3$ en la sonda exterior del dolmen.

Podemos comprobar por la gráficas, que el pozo y las catas realizadas en el túmulo vuelven ser el origen de la variaciones de HE, y por lo tanto de la HR, que se producen en los meses más cálidos.

Ya que este aumento de HE producido por la evaporación del agua, se mantiene durante la noche, donde las temperaturas bajan y se produce un aumento considerable de la HR.

Los valores de HE medidos en el dolmen nos muestran que las diferencias más significativas se producen durante el mes de julio y en la zona del interior del domo (donde está el pozo), con variaciones de hasta 4gr/m^3 en un solo día, a diferencia de la zona exterior, donde la variación de HE es de sólo 2gr/m^3 .

Lo que nos demuestra que el pozo expulsa humedad al ambiente.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Específica

Conclusiones:

Durante el periodo de 2011 del cual tenemos datos climáticos, podemos comprobar que las circunstancias del dolmen de Menga no varían demasiado a lo largo de los años.

Los problemas de condensación y de graves oscilaciones de humedad relativa siguen siendo los problemas más importantes a tratar en el dolmen.

La baja amortiguación que da el dolmen ante el clima del exterior persiste en el 2011, ya que se mantienen los problemas en el túmulo.

La humedad específica ha descendido de forma leve en este periodo de 2011, pero sigue habiendo un problema por los índices demasiado altos en el interior de la cámara, debido por las filtraciones de la cubierta y a una mala restauración de ella.

Por tercer año consecutivo, podemos comprobar que las condiciones climáticas son más suaves a cada año que pasa, en cuanto a temperaturas se trata.

2011 El Romeral

Temperatura:

Como ya hemos visto anteriormente en el estudio de 2009 y 2010, debido a la formación del tholos y a que la conservación de la cubierta está en un mejor estado, el tholos de El Romeral es el que ofrece una mayor amortiguación en la cámara.

Se pueden diferenciar dos zonas climáticas en el tholos, las que corresponden a la zona registrada por las sondas 1 y 2, las más exteriores, una última zona climática representada por la sonda 3, en la cámara.

Las temperaturas máximas las encontramos en el mes de agosto, llegando a valores de 30,5°C en la sonda 1 exterior y de 27,7°C en la sonda 2 del corredor, mucho más elevadas que la lectura obtenida por la sonda 3 en la cámara, que apenas llega a 23,6°C.

En lo que se refiere a las temperaturas mínimas, las encontramos en enero y febrero, llegando a valores mínimos de 11°C en la sonda 1, 13°C en la sonda 2 del corredor en enero y 15,5°C en la sonda 3 de la cámara en febrero.

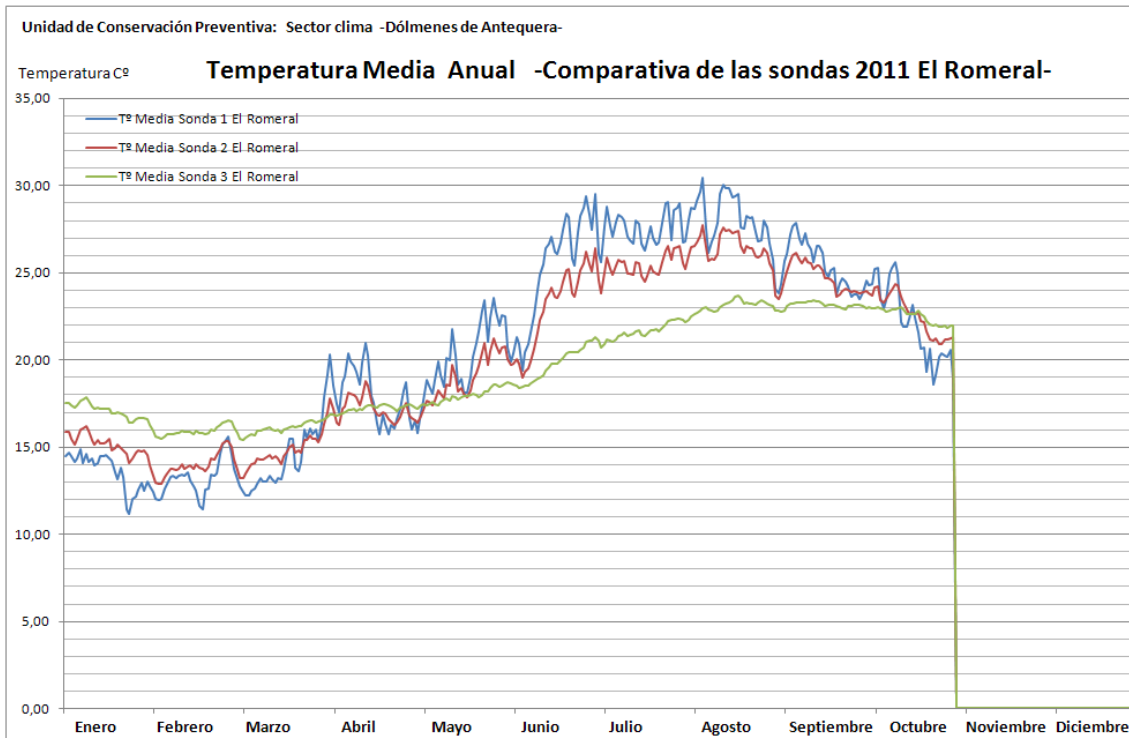
La amortiguación de la temperatura en la cámara es constante a lo largo de todo el año, ya que la temperatura no oscila más de 9°C, lo cual demuestra que la cubierta funciona bien. Y como se ha podido verificar durante el estudio de los tres años, el tholos es el más estable de los tres monumentos.

En la diferencia de temperaturas en un día medio, podemos comprobar que en los meses de veranos encontramos las variaciones más elevadas.

En la sonda 1 encontramos la más extrema con 8,2°C de diferencia en el mes de julio. En la sonda 2 es de 4,3°C en julio también y en la cámara es de solo 0,8°C en los meses de julio y agosto.

Existen muy pocos problemas de condensación en el tholos. Sólo en enero, febrero y diciembre encontramos problemas de condensación en la sondas 1 y sólo en enero en la sonda 2.

No existen problemas de condensación en la zona de la sonda 3 en todo el año.



Gráfica de la comparativa de la Temperatura

Humedad Relativa:

En la humedad relativa del tholos de El Romeral se pueden diferenciar fácilmente las dos zonas climáticas.

En la zona más exterior podemos ver que la humedad relativa oscila a lo largo de todo el año, mostrando que las curvas entre las sondas 1 y 2 son similares aunque se aprecia una amortiguación en sus valores.

En la zona climática de la cámara, la humedad relativa también oscila, pero se ve claramente que va de una forma más independiente, manteniendo los valores durante todo el año.

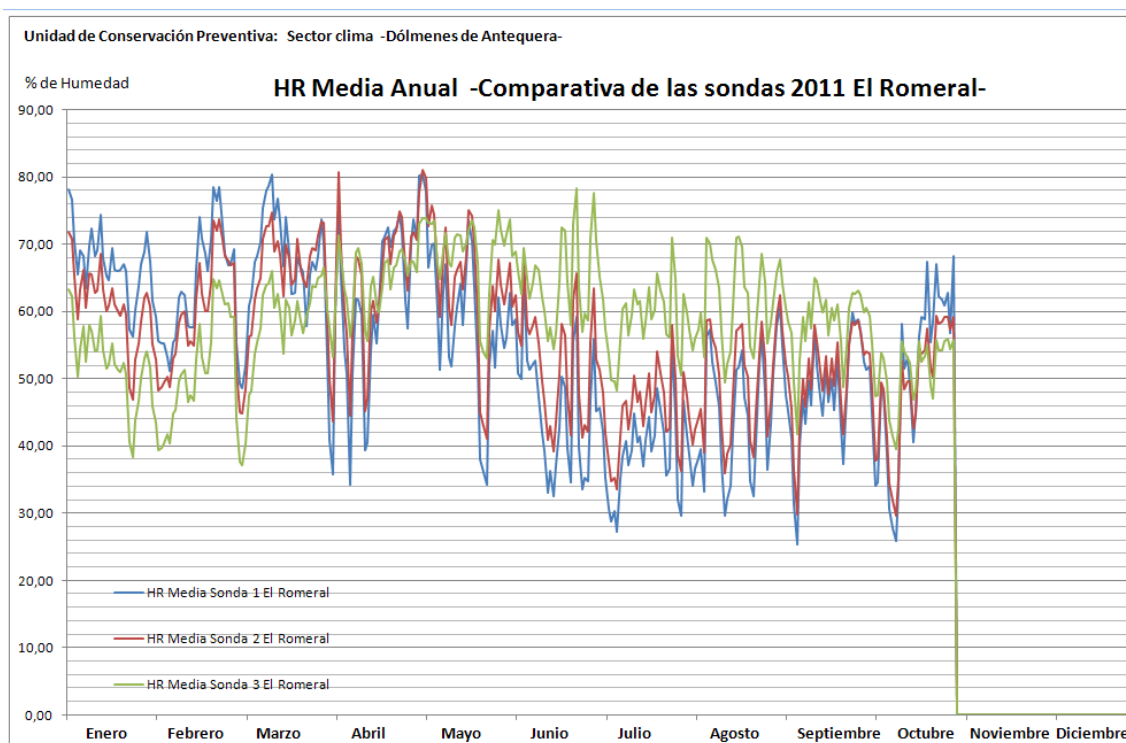
Los valores de humedad relativa máximos los encontramos en los meses de invierno, exceptuando los de la sonda 3 de la cámara. Llegando a límites de 81% en Marzo en la sonda 1, al 81% en abril en la sonda 2 y al 78% en junio en la cámara.

Como hemos explicado anteriormente, el alto nivel de humedad relativa en la sonda 3 de la cámara en los meses de verano es debido a que la temperatura de la cámara es mucho menor que la del exterior, esto provoca que el nivel de humedad relativa sea mucho más elevado.

Los niveles de mínimos los encontramos en los meses más cálidos teniendo los valores extremos en la sonda 1 del exterior, llegando a niveles del 25% de HR en septiembre, de 29,5% en la sonda 2 del corredor en septiembre también y del 37% en la sonda 3 de la cámara, entre febrero y marzo.

La mayor diferencia de humedad relativa registrada en el día medio es del 21% en la sonda 1, del 14.7% en la sonda 2 y del 8,3% para la sonda 3. Todos estos valores se recuperaron en el mes de julio.

El buen estado del túmulo del tholos de El Romeral hace que los niveles de humedad relativa registrados en la cámara sean más o menos estables durante todo el año, sigue habiendo variaciones importantes, pero se mantiene entre unos valores máximos del 80% y mínimos del 50% de forma continua y superando estos valores en momentos concretos, exceptuando el final del año, que hay una bajada de la humedad relativa en octubre y se va recuperando a lo largo del trimestre final de 2010.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Relativa

Humedad Específica:

A lo largo del 2011, las gráficas de la humedad específica en el Tholos de El Romeral nos indican que en la zona climática del exterior del tholos, las curvas de las tres sondas son muy parecidas, teniendo datos más extremos en la sonda 1 del exterior.

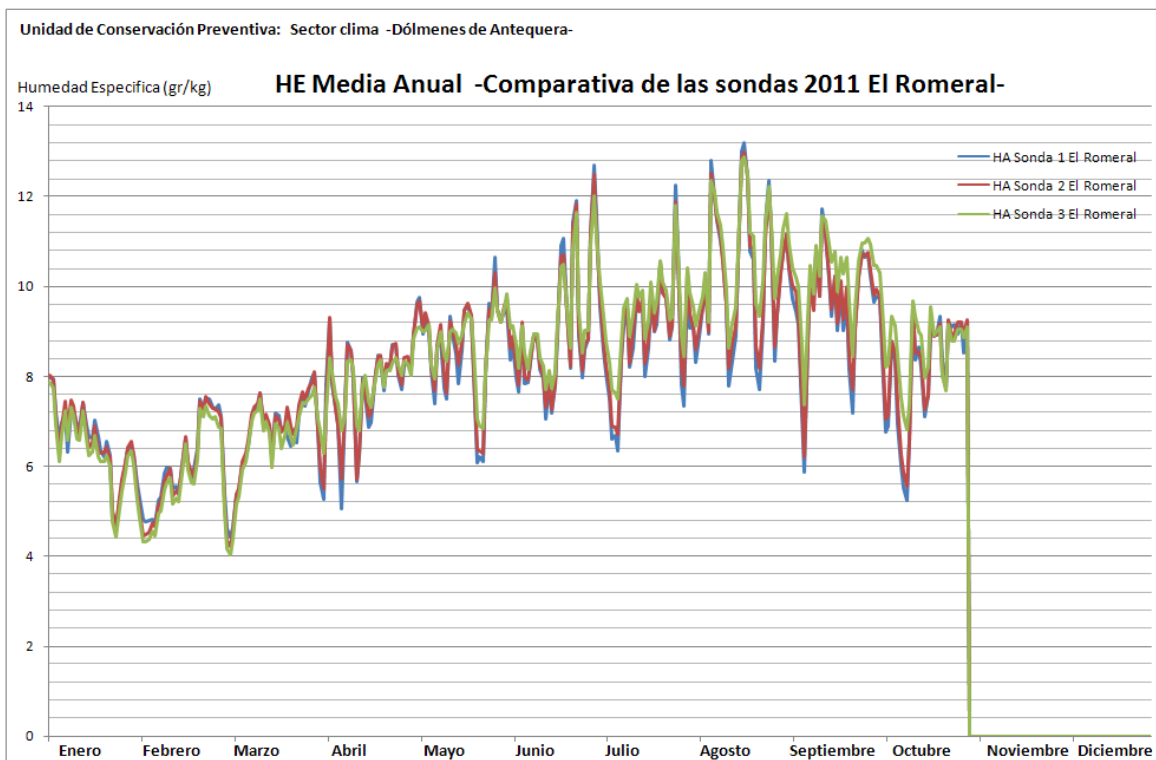
En cuanto a la zona climática de la cámara, obtenemos unos resultados muy similares en los meses de invierno y por el contrario, en verano, las mediciones mínimas son bastante más elevadas, llegando a diferencias de hasta $3\text{gr}/\text{m}^3$ en el mismo periodo de tiempo.

Los datos máximos obtenidos por la sonda 1 exterior, llegan a límites de $13,2\text{gr}/\text{m}^3$ en julio, y de $4,4\text{gr}/\text{m}^3$ como mínima en febrero. En la sonda 2 del corredor, obtenemos una máxima de $13\text{gr}/\text{m}^3$ en julio, y de una mínima de $4,2\text{gr}/\text{m}^3$ en febrero también.

Finalmente, en la sonda de la cámara, obtenemos unos valores más moderados que en las sondas anteriores, aunque con unos picos máximos de 13gr/m³ en agosto y como mínima llegamos a un pico de 4gr/m³ en enero.

Por la formación y conservación del tholos, obtenemos unas variaciones de humedad específica bastante bajas a lo largo del año.

Las diferencias máximas de humedad específica recogidas en el día medio son de 0,9gr/m³ en las sondas 1 y3, y de 1gr/m³ en la sonda 2 del corredor, todos en julio.



Gráfica de la comparativa de la Humedad Específica

Conclusiones:

Durante el 2011, la situación climática en el tholos de El Romeral, es similar a lo ocurrido en los últimos dos años.

El estado de conservación de la cubierta del tholos sigue amortiguando de forma eficiente el clima exterior del tholos. Estos podemos comprobarlo en las graficas, ya que se ve claramente cómo las curvas de la sonda de la cámara es diferente a las curvas de las demás sondas.

En el tholos tenemos algunos periodos en los que podemos encontrar problemas de condensación en la zona climática comprendida por las sondas 1 y 2, pero en momentos concretos del invierno, por el contrario, en la sonda 3 no existen estos problemas de condensación de agua sobre la piedra.

En cuanto a la humedad relativa, encontramos que el tholos amortigua mal los cambios de humedad relativa del exterior en la zona de las sondas 1 y 2, pero en la cámara es bastante estable, ya que normalmente se encuentra en unos valores

comprendidos entre 70% y el 50%, con periodos en los que se superan estos valores, pero generalmente estable.

En el caso de la humedad específica, encontramos que las graficas son muy similares en todas las sondas, la mayor diferencia está en que los resultados de la sonda de la cámara, los niveles extremos son más suaves, sobre todo en los meses de verano.

Aunque tenemos unos picos de HE bastante elevados durante los meses de verano, encontramos una cierta estabilidad, ya que podemos encontrar que generalmente nos encontramos entre unos valores de $10\text{gr}/\text{m}^3$ y $8\text{gr}/\text{m}^3$.

RESUMEN DE LAS CONCLUSIONES

A modo de resumen del expuesto anteriormente podemos afirmar, que en el campo de la conservación preventiva, es necesario crear un estándar a la hora del tratamiento de los datos climáticos, para facilitar el estudio y ver claramente qué ocurre a lo largo del tiempo sobre el Patrimonio.

Esta normalización, ayudará a los especialistas implicados en los diferentes proyectos mediante un lenguaje comprensible diseñado para los fines previstos, permitiendo la creación de bases de datos de las medidas recogidas según una organización racional y con la posibilidad de poderlos relacionar entre ellos.

Además, permitirá mejorar la comunicación entre las diferentes instituciones, pudiendo compartir los datos obtenidos, sin generar problemas de compatibilidad entre diferentes sistemas.

Como hemos podido apreciar del análisis climático realizado y anteriormente expuesto podemos resumir que:

- Es necesario poder tener una reunión con todos los especialistas implicados en el proyecto, para poder afinar más en el conocimiento de estos monumentos tan singulares, como los que nos ocupan, para poder realizar una propuesta de intervención común, asequible y que garantice conservativamente estos monumentos, solucionando las causas del degrado que están afectando a los Tholos (Evaporación de agua en verano), en alguno más que en otro, intentando de entender con precisión la dinámica de equilibrio, que actualmente cada monumento está produciendo con el entorno que lo rodea.
- Se propone continuar con una segunda fase del estudio climático y con el control de los gradientes físicos que están participando en la conservación o menos, del conjunto con la instalación de una pequeña estación meteorológica para poder controlar el clima exterior y del entorno dolménico.
- Llevar un control, por parte de los técnicos que subscriben este informe, de todas las calibraciones que se están realizando sobre el sistema de captación (sondas) microclimático.
- La necesidad de realizar un estudio a fondo de los dólmenes y repetible en las diferentes épocas del año, donde se ha producido fenómenos de condensación, a través del sistema de control termo-hidrográfico.

- Necesidad de realizar un **estudio tensiométrico**, a diferentes profundidades, de los túmulos de los tres dólmenes para averiguar el contenido de agua presente en la estructuras de cubrición de los mismos y su movimiento en el interior. Comparando este contenido de agua con las zonas que fueron abiertas, en las diferentes campañas de excavación arqueológicas y después cerradas, sin tener en consideración el grado de compactación de los mismos.
- Necesidad de realizar un estudio de compactación del terreno de los túmulos para crear un mapa de las posibles zonas de riesgos donde más fácilmente se producen infiltraciones de humedad.
- Realización de un SIG de conservación, de cada dolmen, para poder reunir toda la información generada en los diferentes estudios de conocimiento, como todas las intervenciones realizadas y las que se realizaran en futuro sobre el conjunto dolménico. Este SIG específico, se diseñará conjuntamente con especialistas en sistemas geo-referenciados, en particular con el Dot. Carlo Cacace responsable del banco de datos del "Responsable del banco de datos del "Sistema Informativo Territoriale della Carta del Rischio" Responsable del sector "Modelli microclimatici, Gestione dati" del Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro (ISCR) di Roma, Institución con la cual el IAPH tiene una larga colaboración, para poder tener toda la información (arqueológica, arquitectónica, climática, conservativa etc.) referenciada y sobreponible a lo largo del tiempo y que pueda ser de ayuda en las posibles intervenciones futuras, que se puedan producir.

III.2 ESTUDIO DE LA EXISTENCIA, CARACTERÍSTICAS, DINÁMICA TEMPORAL Y VARIACIONES CUANTITATIVAS DE LOS EVENTUALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Objetivo

Determinar las interacciones existentes entre los agentes contaminantes y los materiales constitutivos presentes en los Dólmenes.

Instrumental

Para ello se ha realizado una serie de mediciones con un instrumento de detección de contaminantes (**GASALERTMICRO 5 IR, de la BW Technologies, O₂, Iel, CO₂ h₂S, CO**).

Finalidad del estudio de la contaminación atmosférica

Como en el punto precedente se ha realizado una recogida de información de todos aquellos organismos, sea nacionales como internacionales, que estudian la contaminación de la zona del conjunto arqueológico de Antequera, así como de la literatura existente.

Antes de abordar el estudio puntual a efectuar sobre el conjunto dolménico, es necesario subrayar la dificultad de establecer por vía teórica las interacciones y el grado de peligrosidad de cada contaminante en particular sobre el material, la dificultad estriba en la extrema variabilidad de las posibles conexiones entre ellos.

Sin embargo resulta accesible interpretar correctamente de forma global el estado de una atmósfera que circunda a un material con objeto de definir y conocer las relaciones existentes entre contaminantes atmosféricos y los fenómenos de alteración observables en los materiales.

La correlación entre los parámetros meteorológicos y los contaminantes atmosféricos es esencial para conseguir este objetivo.

Por este motivo ha sido imprescindible haber realizado un estudio preliminar de la composición de los productos de alteración de los materiales que componen los dólmenes, (trabajo realizado por el laboratorio de geología del IAPH en el 1998) el conocimiento de la situación meteorológica típica del área geográfica y de las condiciones socioeconómicas del contexto (naturaleza de las zonas industriales y urbana).

Conclusiones

Las mediciones realizadas en el conjunto dolménico, no han mostrado niveles de contaminación importantes para crear un degrado significativo de las superficies internas de los diferentes dólmenes.

Estos estudios se han previsto realizarlo con objeto de determinar las posibles interacciones existentes entre los agentes contaminantes con los materiales constitutivos.

Las mediciones realizadas en los dólmenes han mostrado niveles de contaminación por debajo de los límites establecidos por la ley de seguridad e higiene, resultando de poca importancia para crear un degrado significativo.

Como sea sería recomendable para poder descartar totalmente la posibilidad de un fenómeno de contaminación atmosférica, a través de esta primera investigación realizada de forma preliminar, individuando los periodos significativos y representativos de las posibles situaciones de riesgo en el cual concentrar las mediciones.

La selección de las sustancias a valorar se realizaría sobre la base de las siguientes indicaciones:

- Lectura crítica de la literatura existente relativa a las partículas en suspensión.
- Composición química de los productos de alteración.
- Correlación entre los diversos componentes del azufre.

La investigación científica de los contaminantes se organizaría mediante la instalación de tres estaciones de medición según el siguiente esquema:

- Las mediciones serían efectuadas al menos por un mes completo por estación en aquellos periodos en los que se manifiesten características climáticas significativas para el área geográfica en estudio.
- En el muestreo de las partículas en suspensión se distinguiría un periodo diurno y uno nocturno, se efectuarían los siguientes análisis:
 - **peso total,**
 - **acidez del polvo,**
 - **índice de humo negro,**
 - **concentración de las especies solubles sulfatos, cloruros, nitritos, nitratos, ión amonio, hierro, calcio, sodio, potasio, magnesio.**
 - **conductibilidad.**
- Los muestreos de los agentes en fase gaseosa se realizarían de forma continúa utilizando instrumental automático capaz de restituir los valores medios.
- Paralelamente a la medición de los contaminantes atmosférico sería útil seguir la evolución de algunos parámetros microclimáticos que puedan influenciar el transporte y depósito de las partículas en suspensión sobre los materiales.

a) Valores térmicos (aire caliente-superficie fría).

b) Momentos de condensación capilar y física.

c) Acontecimientos que aceleren los mecanismos de captura aerodinámica.

Paralelamente a los estudios propuestos se podría prever el muestreo en continuo "**wet and dry deposition**".

Sobre estas muestras se podría analizar las fases solubles, la acidez y el Ph.

III.3 REALIZACIÓN DE UNA INVESTIGACIÓN TERMO-HIDROGRÁFICA DEL DOLMEN DE MENGA

Como se ha dicho anteriormente en el apartado del estudio climático, se ha realizado un examen general termo-hidrográfico de los tres dólmenes.

Instrumental

El instrumental utilizado ha sido un equipo de adquisición de datos termo-hidrográficos avanzada del tipo: **TESTO 881-3**, set profesional para el registro continuo y visual de todos los fenómenos físicos relativos a la monitorización ambiental y en específico de las zonas con posibilidad de condensación compuesto de:

- 1.- Cámara termo-hidrográfica avanzada
- 2.- Un objetivo telescópico 9° x 7°

Metodología

Tras un análisis exhaustivo del mercado realizado por esta unidad, así como tras comprobar todas las soluciones disponibles que permitan determinar la posibilidad o tendencia a la formación de humedades sobre superficies, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Para conocer el riesgo de condensación es imprescindible determinar el punto de rocío ambiente.
- Para determinar el punto de rocío ambiente en un lugar determinado, es imprescindible conocer la humedad relativa (% RH) y la temperatura (°C) de un ambiente.
- Para determinar el riesgo de condensación concreto de una superficie es necesario, además de los datos anteriores, conocer la temperatura de la superficie en cuestión.

Por lo tanto, es posible determinar el riesgo de condensación conociendo humedad relativa, temperatura ambiente y temperatura del punto de rocío (**T_d**) determinado en un punto de la superficie mediante contacto.

Sin embargo, si lo que queremos es poder determinar una imagen que muestre el riesgo en una zona determinada a modo de fotografía, será necesario conocer la temperatura de tantos puntos como píxeles deseemos.

Es decir, que para obtener una imagen estándar de 320x240 pixel, será necesario medir la temperatura con una sonda de contacto en 76.800 puntos diferentes en posiciones concretas, lo cual es inviable.

Como alternativa, es posible la medición a distancia de dicha temperatura utilizando la tecnología de infrarrojos, si bien, un termómetro de infrarrojos estándar sólo es capaz de determinar la temperatura de un punto en concreto, siendo imposible crear una imagen a partir de ahí, sin tener que recurrir de nuevo a miles de mediciones, lo cual lo hace inviable.

Como solución apropiada, es posible la medición de la temperatura a distancia formando una imagen de temperaturas mediante termografía.

Esta imagen termográfica será la base para conocer todas las temperaturas superficiales del ambiente y de esta manera conociendo los parámetros de humedad relativa, temperatura ambiente y temperatura de rocío ambiental, podremos obtener una imagen del riesgo de condensación superficial.

En resumen, siendo necesarios temperatura y humedad ambiente y temperatura de la superficie a analizar, el único sistema disponible en el mercado que permite crear una imagen que muestre este riesgo es la cámara termo-hidrográfica, Testo 881-3, que es capaz de combinar la información de sus sensores de infrarrojos con la información de humedad y temperatura ambientes, mostrando de ésta manera la imagen deseada.

El examen termo-hidrográfico tiene un rol de primer plano, según nuestro parecer, en el estudio de las estructuras arquitectónicas porque a través de esta técnica se puede obtener una lectura precisa de todas las zonas con riesgos de condensación, utilizando un método de interpolación física de la información térmica con la humedad relativa del ambiente y el punto de rocío, de este modo se obtiene una información determinante con la que evitar la aparición de ataques microbiológicos y una visión en tiempo real de todas las zonas donde pueden producirse fenómenos de condensación o saturación superficial.

El examen termo-hidrográfico, como se ha reflejado anteriormente, ha servido para comprobar la existencia o menos de una condensación generalizada en el ambiente, por eso que se ha afinado el estudio comparándolo con los datos microclimático, determinando cuáles son los fenómenos físicos que se producen durante los periodos que pueden ser conflictivos.

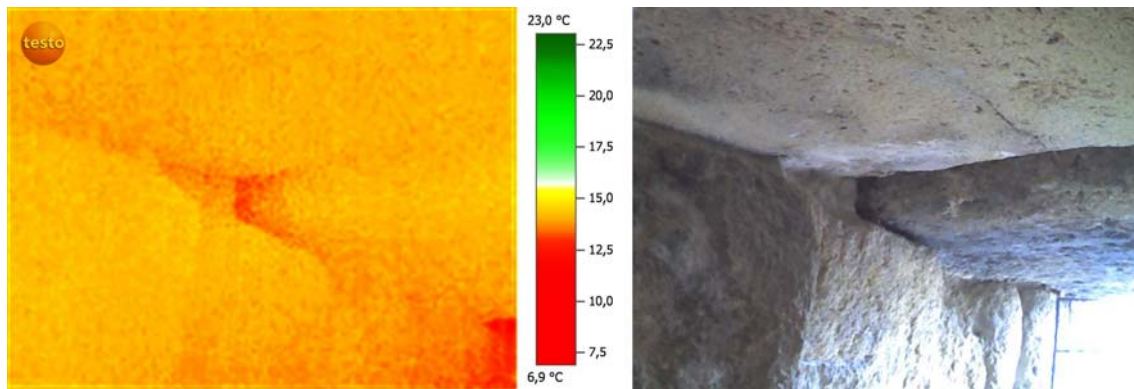
Conclusiones

Del estudio realizado se ha determinado que, como se ha dicho anteriormente, no existen en el ambiente fenómenos de condensación generalizado, lo que si se ha evidenciado, es que en algunas zonas específicas de la estructura arquitectónica de los dólmenes analizados (Menga y Viera solo visión), sobre todo las partes más próximas al suelo o zonas de esquinas como son las entre losa de cubierta y ortostatos.

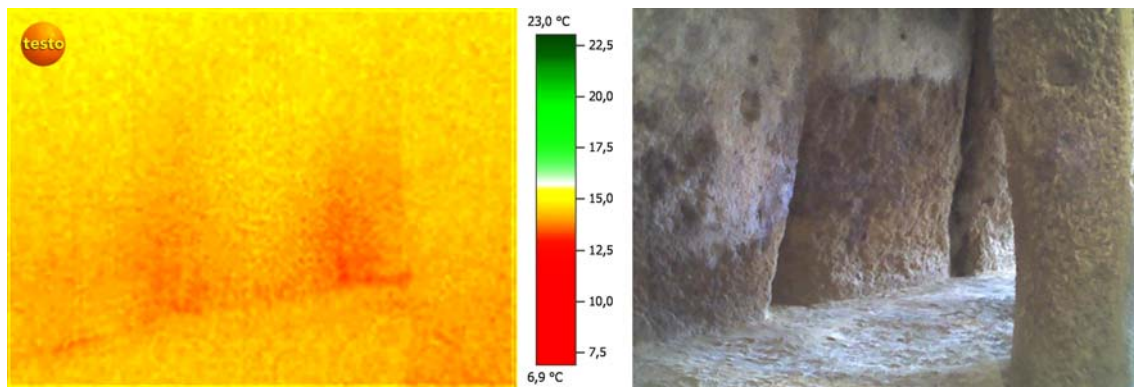
Lo que hemos detectado, que podemos tener condensación o zonas más frías sobre las cuales se puede crear el fenómeno de la condensación, producida por la subida capilar desde el suelo, o si este hecho es un fenómeno localizado producido por los materiales utilizados en la construcción de los dólmenes, sobre los cuales se produce esta diferencia de temperatura que produce condensación, como se ha detectado a través del examen termo-hidrográfico.

Se aconseja continuar con las comprobaciones termo-hidrográficas comparadas con el estudio microclimático, a lo largo del próximo año 2012, para comprobar si es un fenómeno localizado o por el contrario son zonas donde se manifiestan causas de degradación más complejas presentes en la fábrica.

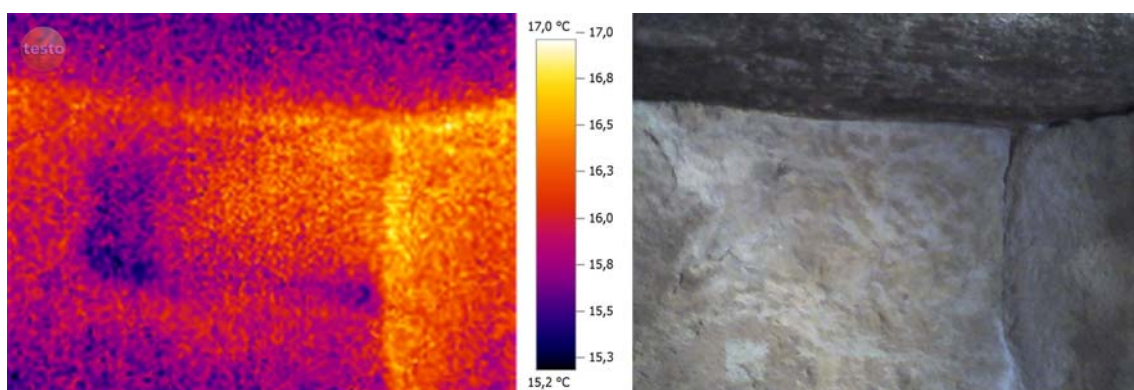
IMÁGENES TERMO-HIDROGRAFICAS DE MENGA



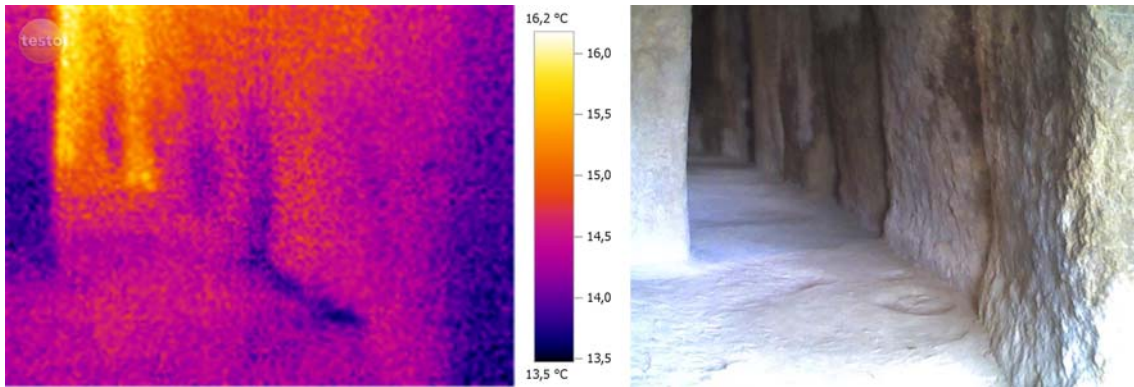
Visión de la zona de entrada del dolmen de Menga, parte alta



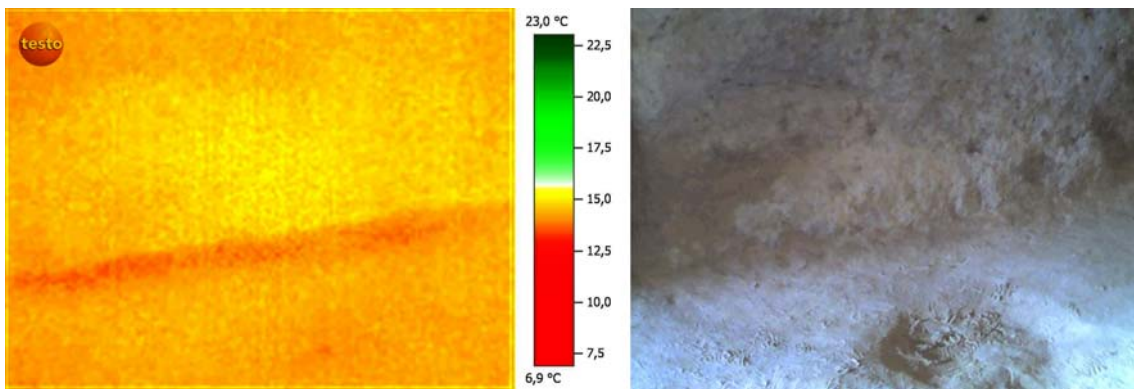
Visión de la zona de entrada del dolmen de Menga, parte baja



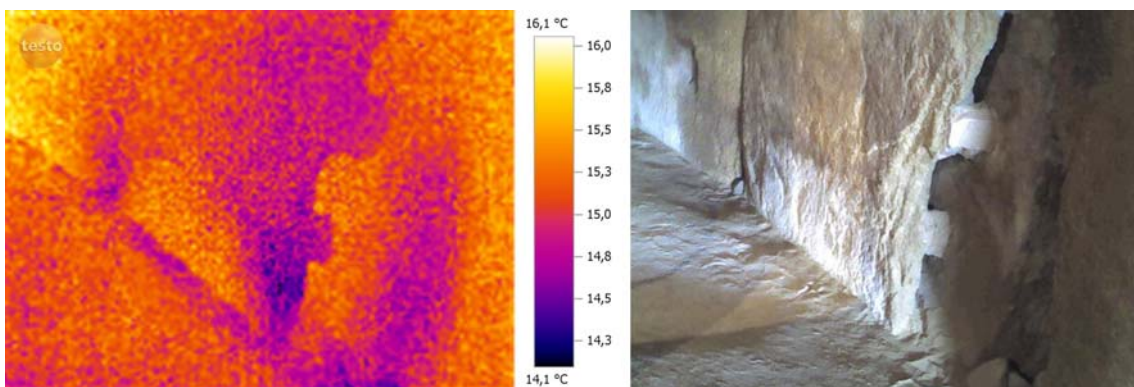
**Vista del fondo del dolmen de menga en termovisión, parte alta
 Se aprecia la huella de la abertura que fue tabicada.**



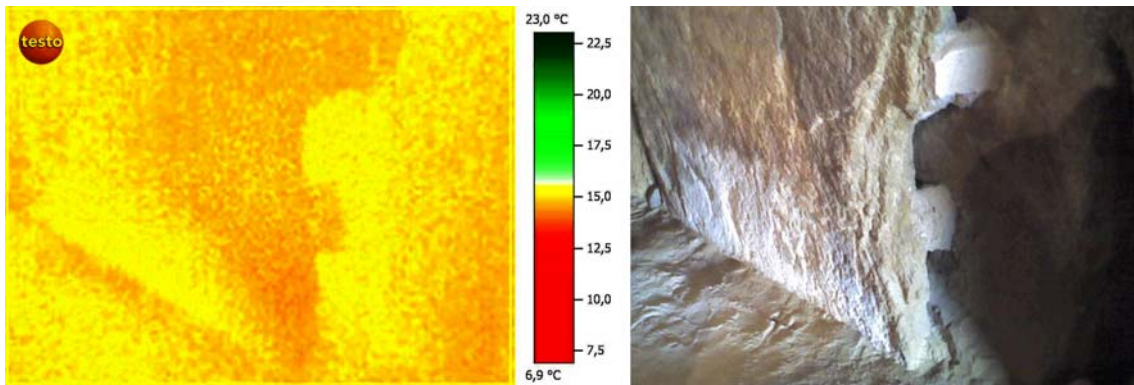
Vista de la zona baja derecha de los ortostatos en termovisión



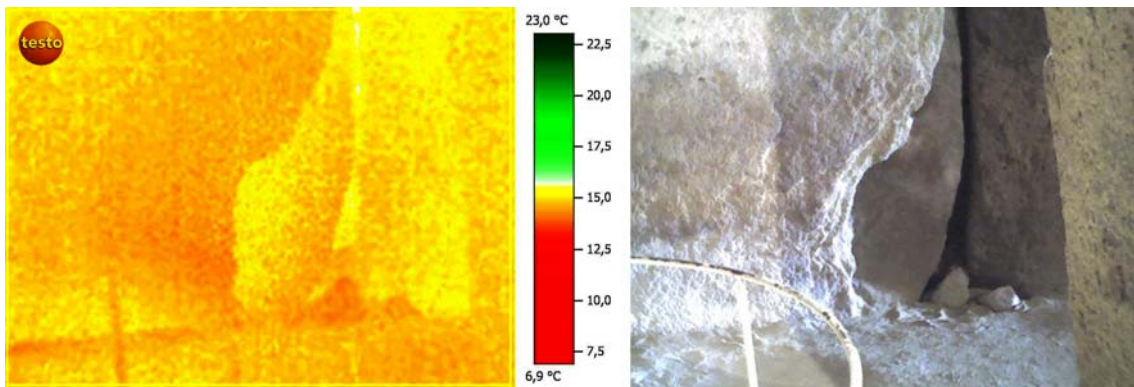
Particular del pie de un ortostato donde se aprecia termo higrográficamente posible zona de condensación



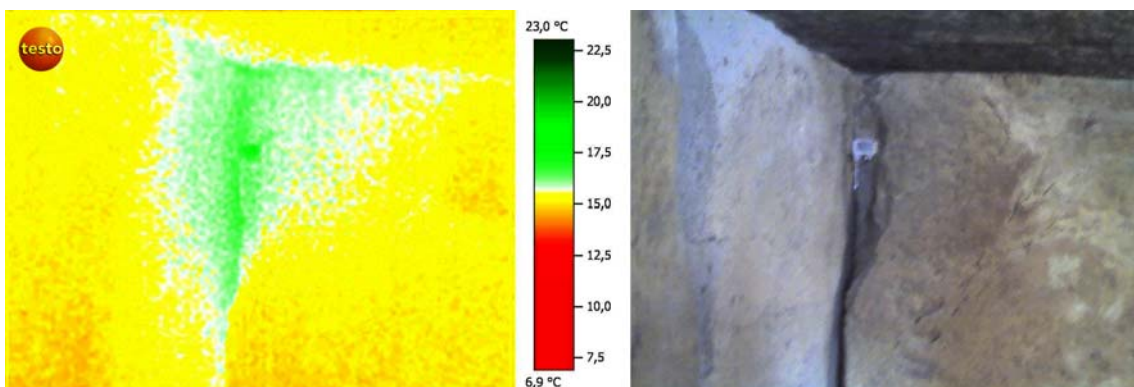
Vista en termovisión de las zonas más frías de las zonas bajas de los ortostatos de la derecha



Vista de la misma zona con visión termo-higrografica



Vista de las zonas de unión de los ortostatos



Vista del fondo del dolmen, zona seca

IV. CONCLUSIONES FINALES

Las conclusiones que podemos extraer del estudio del medio ambiente y de las investigaciones efectuadas in situ por los técnicos que suscriben este informe, en relación con la conservación preventiva del conjunto estudiado, es que existen dos tipos de acciones para conservar el conjunto dolménico de Antequera, Málaga.

La primera de ellas consistirá, como hemos podido observar a lo largo de este informe y como está previsto en la propuesta de intervención realizada por el estudio de arquitectura Aroca y asociados, S.L., de realizar una actuación directa en la estructura arquitectónica sobre todo de Menga, con una operación de restauración, entendida como acción curativa de tipo quirúrgico, operación delicada, que si está mal ejecutada (por falta de tiempo, de equipamiento adecuado, de dinero o de experiencia profesional) puede alterar definitivamente el conjunto, perdiéndose las informaciones del cual es portador.

Es por ello que a lo largo de este informe se ha intentado poner de manifiesto la necesidad de realizar una fase cognoscitiva, la más pormenorizada posible, buscando las causas de degradación que afectan tanto al bien inmueble como al entorno, para no intervenir de forma invasiva respetando el delicado equilibrio que existe entre los monumentos y el medio ambiente, sugiriendo mejoras en los apartados considerados importantes, ya sea desde el punto de vista de la conservación como de la conservación preventiva.

La segunda acción en la que hay que hacer hincapié, consiste en actuar sobre el entorno, ya que generalmente el deterioro accidental o natural que afecta a cualquier tipo de monumento, como los que nos ocupan, es siempre el resultado de la influencia del ambiente (climática, biológica, física o humana).

Esta acción se denomina prevención y consiste en asegurar la salvaguarda del conjunto actuando sobre las causas de su deterioro, y dado la importancia que tiene el proyecto, nos parece fundamental tomar en su justa consideración todos los estudios e investigaciones realizados y para realizar como se ha propuesto anteriormente y algunas de ellas no acabaran hasta la conclusión del proyecto, relativas a la influencia que tiene el entorno y el ambiente, que ha nuestro parecer, son los factores fundamentales del degrado arquitectónico del conjunto dolménico.

Pues consideramos prioritario, que la intervención de restauración, para frenar los daños más evidentes e inmediatos (problemas estructurales), no prime sobre la investigación y control de las causas de degradación, por ser éstas menos visibles, no obstante, de no atajarlas a tiempo a largo plazo se volverán a producir deterioros tanto o más dañinos que los anteriores.

Ambas acciones son importantes y complementarias para obtener un buen resultado. Claro está que una actuación de este tipo implica disponer de tiempo para efectuar los estudios, para evaluar correctamente los datos y para poner a punto el tipo de intervención necesario que permita erradicar, en lo posible, los factores de deterioro que afectan a este complejo conjunto que forman los dólmenes de Antequera.

V. BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Bibliografía, clima

A.A.V.V. I supporti nelle Arti pittoriche. Storia, tecnica, restauro. ed. Mursia. 1991, p: 301 - 313.

C. Danti, R. Boddi, A. Crescioli. "Progetto e realizzazione del sistema espositivo per la conservazione di un rilievo del Museo Bardini in Firenze attribuito a Donatello". Actas del Congreso de Pruebas no destructivas. Perugia 1990,p: IV/7.1 - IV/7.14.

M^a J. González y R. Baglioni " Asesoramiento técnico sobre la problemática actual de conservación del tríptico denominado "del Gran Capitán", esmalte perteneciente a los fondos del Museo de Bellas artes de Granada". Informe Interno del I.A.P.H.. 1993.

S. Hreglich, M. Marabelli, P. Santopadre e M. Verità."Il Corporale di Orvieto: Tecnica di fabbricazione, cuse di deterioramento e proposte di conservazione". Actas del Congreso de Pruebas no destructivas. Perugia 1990, p: V/5.1 - V/5.11.

J. Philippon, G. Bossiere et B. Beillard. "Examen par microscopie electronique a balayage des alterations d`émaux pintes du XVIème siècle." Actas del congreso de pruebas no distructivas. Perugia. 1990, p: v/5.1 - v/5.11.

Rika Smith, Janice H., Carlson and Richard M. Newman. "An investigacion into the deterioration of painted Limoges enamel plaques c. 1470 - 1530." Studies in conservation, vol 32, N°3 1987.

M. Baccaredda Boy. Materie plastiche ed elastomeri. Quaderni di chimica applicata, a cura di E.Mariani. ED.Ambrosiana 1976. P: 156-167.

M. C. Berducou. La conservation en Archéologie. Ed. Masson. 1990.

G. de Guichen. Climat dans le Musée. ICCROM. 1984.

H. Saechtling. Manuale delle materie plastiche 3^a edizione. Tecniche Nuove, Milano 1986.

N. Stolow. Conservation and Exhibitions. Butterworths. 1987.

Villavecchia-Eigermann. Nuovo dizionario di merceologia e chimica applicata. Milano, 1975, P: 2528-2529.

ACCARDO, GIORGIO; VIGLIANO, GIUSEPPINA. Strumenti e materiali del restauro.

APPELBAUM, BARBARA. Guide to environmental protection of collections. Sound View Press Madison, Connecticut 1991. pp. 25-63.

AUTORES VARIOS. 2^a Conferenza internazionale sulle prove non distruttive, metodi microanalitici e indagini ambientali per lo studio e la conservazione delle opere d'arte. (Perugia)

AUTORES VARIOS. 3^a Conferenza internazionale sulle prove non distruttive, metodi microanalitici e indagini ambientali per lo studio e la conservazione delle opere d'arte. (Viterbo)

AUTORES VARIOS. Arquitectura y clima en Andalucía (Manual de diseño). Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Arquitectura y Vivienda.

BELLO URGELLÈS, CARMEN; BORRELL CREHUET, ÀNGELS. El Patrimonio Bibliográfico y documental. Claves para su Conservación Preventiva. Gijón, 2002.

BERNARDI, ADRIANA. Esempi di variazioni microclimatiche in ambienti museali. Anno IV n°1 1994. Materiali e strutture. Problemi di conservazione.

CACACE, CARLO. Valoración y control continuado de los parámetros físicos. La Carta de Riesgo. Instituto Centrale per il Restauro e Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 1992. pp. 48-58.

CAMUFO, DARIO; BERNARDI, ADRIANA. La deposizione delle particelle in ambienti chiusi. Anno IV n°2 1994. Materiali e strutture. Problemi di conservazione.

CANEVA, G.; NUGARI, M. P.; SALVADORI, O. La biología en la restauración.

CHARTE OJEDA, FRANCISCO; LUQUE CAÑADA, M^a JESÚS. Excel 2002.

DE GUICHEN, GAËL. Climate in museums. Measurement. ICCROM. Roma, 1984. pp. 52-71.

GARCÍA MORALES, MARÍA. Conservación preventiva en los museos. Teoría y práctica.

HERRÁEZ, JUAN A. Manual para el uso de aparatos y toma de datos de las condiciones ambientales en museos.

MATTEINI, MAURO; MOLES, ARCANGELO. Ciencia y restauración. Método de investigación. IAPH. Junta de Andalucía. Consejería de Cultura. 2001. pp. 259-271.

SERRA, RAFAEL. Arquitectura y climas.

THOMSON, GARRY. El museo y su entorno. Madrid, 1998. pp. 69-125.

BERNIS MATEU, J. Patología y cuidados en los materiales de construcción. En: De Re Restauratoria. Barcelona, España: Escuela Técnica y Superior de Arquitectura de Barcelona, Cátedra Gaudí, 1972. v. 1.

Monografía ca Arte y Arqueología, n. 22). Carta Internacional para la Conservación y Restauración de los Monumentos y Sitios (Carta de Venecia) 1964. En: Documentos. México, México: Publicaciones Churubusco, 1978. pp. 1-9.

Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Sitios y Monumentos (actualización de la Carta de Venecia) 1978 en Documentos Internacionales, Oaxaca, INAH, SEP, Centro Regional Oaxaca, 1982.

CARBONELL DE MASY. Conservación y restauración de monumentos (piedra, cal, arcilla), Barcelona, España: Vanguard Gràfi c, 1993.

Curso de Patología. Conservación y Restauración de edificios. 2^a ed. Madrid: COAM, 1993.

120 Conserva NO 8, 2004 Terán: Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la Restauración Arquitectónica

CHANFÓN OLMÓS, C. Problemas Teóricos en la Restauración (Paquete didáctico). México, México: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete", INAH, 1979.

Fundamentos teóricos de la restauración. México, México: Facultad de Arquitectura, UNAM, 1996 (Colección Arquitectura, n. 10).

D'OSSAT, G. Guide to the methodical study of monuments and causes of their deterioration. Roma, Italia: Faculty of Architecture, University of Roma. International Centre for the Study of the Preservation of Cultural Property, 1972.

FEILDEN, B.M. Conservation of historic buildings. Londres, Inglaterra: Butterworth Scientific, 1982.

GONZÁLEZ AVELLANEDA, A. ET AL. Manual Técnico de Procedimientos para la Rehabilitación de Monumentos Históricos en el Distrito Federal. México, México: Departamento del Distrito Federal. Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1988.

MACMILLAN, M. Pathology of buildings materials. Roma, Italia: International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property. 1970.

Materias sintéticas empleadas en la conservación de los bienes culturales. En: La Conservación de los Bienes Culturales. Lausana, Suiza: UNESCO. 1969. (Museos y Monumentos XI).

Conserva NO 8, 2004 121 Terán: Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la Restauración Arquitectónica

PHILIPPOT, P. Restauración: Filosofía, Criterios, Pautas. En: Documentos de Trabajo, 1er

SERLACOR, Seminario Regional Latinoamericano de Conservación y Restauración. México, México: Centro Regional Latinoamericano de Estudios para la Conservación y Restauración de los Bienes Culturales, Convento de Churubusco, 1973.

PHILIPPOT, P. Y MORA, P. La conservación de Pinturas Murales. En: La Conservación de los Bienes Culturales. Lausana, Suiza: UNESCO, 1969. (Museos y Monumentos XI).

PRADO NÚÑEZ, R. Procedimientos de Restauración y Materiales. Protección y conservación de edificios artísticos e históricos. México, México: Ed. Trillas, Facultad de Arquitectura, UNAM. 2000.

Preservation and Conservation. Principles and Practices. Washington D.C., Estados Unidos: National Trust for Historic Preservation. 1982.

RUIZ, L.R. Materiales de Construcción. México, México: [s.e.]. 1910.

SAMPAOLESI, P. Conservation and restoration: operational techniques. En: Preserving and restoring monuments and historic buildings. Paris, Francia: UNESCO, 1972. (Museums and Monuments XIV).



STAMBOLOV, T. Y VAN ASPEREN DE BOER, J.R.J. El deterioro y la conservación de materiales porosos de construcción en monumentos. (Una revisión bibliográfica), trad. Luis Torres M., México, México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, ICOMOSMEXICANO, 1984. (Serie Antropológica: 37)

TORRES MONTES, LUIS. Apuntes Curso de Conservación de Materiales Constructivos. Maestría en Arquitectura con especialidad en Restauración de Monumentos. México, México: ENCRM-INAH, 1979.

Terán: Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la Restauración Arquitectónica Nacional de Conservación, Restauración y Museografía Prof. Manuel del Castillo Negrete, INAH, 1984.

VI. FICHA TÉCNICA

©INSTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTÓRICO
CONSEJERÍA DE CULTURA
JUNTA DE ANDALUCÍA

Lorenzo Pérez del Campo; Jefe del Centro de Intervención en el Patrimonio Histórico

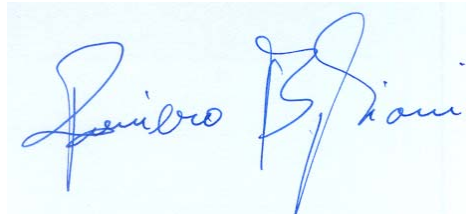
EQUIPO DE TRABAJO I.A.P.H

Coordinador de los estudios, de las investigaciones y redactor del presente informe:
D. Raniero Baglioni Técnico en conservación preventiva, de la Unidad de Conservación Preventiva del Centro de intervención del I.A.P.H.

Elaboraciones del clima y microclima: **D. Salvador Valpuesta Trujillo** experto en museología y museografía y en elaboración de sistemas informáticos. Centro de Intervención. I.A.P.H.

Sevilla, diciembre 2011

TÉCNICO EN CONSERVACIÓN PREVENTIVA
UNIDAD DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA



Fdo.: Raniero Baglioni

VºBº EL JEFE DEL CENTRO DE INTERVENCIÓN
EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO



Fdo.: Lorenzo Pérez del Campo