

El palacio de los Momos (Zamora). Estudios previos al proyecto de restauración. I: materiales de construcción

ROBERTO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ (*); MERCEDES SUÁREZ BARRIOS (**);
EMILIANO JIMÉNEZ FUENTES (**); JOSÉ M^o MARTÍN POZAS (****)

RESUMEN En este trabajo se realiza el estudio previo al proyecto de restauración de la fachada principal del Palacio de los Momos de Zamora. En primer lugar se realiza la documentación histórica y climática y la elaboración de un mapa de etapas de construcción para, posteriormente, efectuar la caracterización de los materiales pétreos utilizados en su construcción. Estos materiales son de naturaleza silíceo: la denominada "Piedra del País" en la mayor parte de la fachada y la "Piedra Mollar" utilizada en los elementos escultóricos. El conocimiento de las características mineralógicas y físico-químicas de los materiales es necesario tanto para el estudio de los procesos de degradación que hayan podido darse como para la restauración del monumento.

THE PALACIO DE LOS MOMOS (ZAMORA). A PRELIMINARY STUDY FOR THE PROJECT TO RESTORE. I: BUILDING MATERIALS

ABSTRACT *This work consists of a preliminary study for the project to restore the main façade of the Palacio de los Momos in Zamora. In the first place, the history and climate were studied and a map was made of the building stages so that subsequently the stone used in its construction could be characterised. The material was siliceous: the so-called "native stone" in the greater part of the façade and the "soft stone" used in the sculpturing. Knowledge of the mineralogical and physical-chemical characteristics of the materials is necessary, both for studying the degradation processes that may have occurred and for restoring the monument.*

Palabras clave: Palacio de los Momos (Zamora); Patrimonio Histórico; Materiales Pétreos.

1. INTRODUCCIÓN

El alarmante estado de deterioro que hoy día presentan las edificaciones de interés histórico y artístico es un problema de creciente importancia que ha llevado a las autoridades a fomentar numerosos estudios en el campo de la conservación y restauración de monumentos. En este sentido, en las últimas décadas se han celebrado diversos congresos y cursos monográficos en los que ha quedado patente que en la investigación del deterioro de la piedra confluyen numerosas disciplinas, existiendo una clara relación entre estudios petrológicos, petrofísicos, alterológicos y los estudios ambientales, históricos de tratamiento y conservación. En la bibliografía relativa a este tema, parece quedar claro que la alteración,

que podría ser definida como la modificación o cambio de las características químicas y mineralógicas de la roca, es debido, en último extremo, a la interacción entre factores intrínsecos y extrínsecos, es decir, entre los propios materiales de construcción y los factores ambientales. De esta forma, se hace necesario, antes de toda intervención de restauración, un análisis metodológico de los materiales a tratar y un diagnóstico del estado de conservación del monumento.

En el presente trabajo se expone el proceso metodológico y los resultados del estudio que ha sido llevado a cabo en la fachada principal del Palacio de los Momos de Zamora. El objeto ha sido caracterizar los materiales pétreos y, en una segunda parte, realizar un exhaustivo diagnóstico del deterioro que éstos presentan para, a la vista de los datos obtenidos, realizar las recomendaciones y mediciones previas a la elaboración del proyecto de restauración. Este monumento constituye uno de los edificios más singulares de la ciudad ya que se trata de uno de los ejemplos más representativos del arte Gótico Isabelino y de la Arquitectura civil de la época.

2. METODOLOGÍA

Inicialmente se ha realizado una visita al monumento para obtener una primera impresión de las dimensiones, materia-

(*) Licenciado en Ciencias Geológicas. Universidad de Salamanca.

(**) Dra. Ciencias Geológicas. Profesor Asociado. Área de Cristalografía y Mineralogía. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca.

(***) Dr. Ciencias Geológicas. Profesor Titular de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Salamanca.

(****) Dr. Ciencias Químicas. Catedrático de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Salamanca.

les de construcción y estado general del deterioro. Tras esta fase se ha elaborado la estrategia a seguir en el desarrollo del trabajo. Se ha recopilado bibliografía y todo tipo de documentación acerca de la historia del monumento, procedencia de la piedra y datos climáticos y ambientales de la ciudad de Zamora.

Se han determinado, mediante un examen visual, los principales tipos de piedra existentes en la fachada y han sido localizados en un mapa de tipos de piedra. Una vez identificados los principales litotipos, y con los datos bibliográficos y documentales recopilados, se ha realizado una inspección de antiguas canteras en diversas localidades cercanas a la ciudad. Para el estudio de los distintos litotipos en el laboratorio se han tomado muestras de piedra de monumento en aquellos puntos en los que el deterioro de la fachada era mínimo y no suponían una agresión significativa. Se ha decidido no tomar muestras en la cantera, estimando que sería más representativo recoger muestras en buen estado procedentes de derribos. Esto garantiza, al menos, que estos bloques de piedra cumplieron los requisitos requeridos antiguamente para ser empleados como material de construcción. Los bloques procedentes de derribos fueron proporcionados por la Escuela Taller de Cantería de la ciudad de Zamora. Las muestras han sido estudiadas mediante lupa binocular, Microscopía Óptica de Polarización, Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos-X (DRX) con un difractómetro marca Siemens, modelo D-500 con tubo de Cu y monocromador de grafito. En el estudio del sistema poroso de la piedra se han llevado a cabo los ensayos para la determinación de la porosidad abierta o accesible al agua, densidades real y aparente y absorción y desorción libre de agua. Estos ensayos se han realizado siguiendo la norma R.I.L.E.M. (1) así como la recomendación italiana NORMAL (2) en el último caso. El estudio de la distribución prométrica se ha efectuado mediante la técnica de Porosimetría de Inyección de Hg con un porosímetro marca Micromeritics, modelo Poresizer 9300.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DATOS GENERALES DEL EDIFICIO

Lo único que actualmente se conserva del edificio original es su fachada principal y la primera crujía. El muro de esta fachada de 1,30 m de grosor, está construido, probablemente, por dos hojas de sillares de dimensiones muy irregulares, colocados a soga, entre las cuales se situaría el "opus caementicium". La fachada tiene una orientación N-40-E. Debido a esta orientación, la fachada recibe la insolación directa por las mañanas mientras que por las tardes se encuentra completamente en la sombra. La superficie total de la fachada, medida con una estación total topográfica, es de 405 m². La cubierta no vierte directamente a la calle sino que tiene un canalón oculto en el faldón que no es visible desde el nivel de la calle. A pesar de esto, se ha podido comprobar que en los días de fuerte lluvia, el agua que gotea del alero impacta principalmente en la imposta vierteaguas del segundo cuerpo y en los elementos ornamentales más salientes. Así mismo, el agua gotea en la acera salpicando los sillares más inferiores del zócalo.

3.2. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA, FOTOGRÁFICA Y DOCUMENTAL

En un trabajo de este tipo, la recopilación bibliográfica y documental es fundamental para tener la máxima información sobre el edificio objeto de estudio. Dicha información es un aspecto básico que puede incidir directamente en el desarrollo del trabajo.

Datos climáticos y entorno ambiental

El conocimiento de los datos climáticos y ambientales de la ciudad de Zamora es importante para conocer los factores externos que podrían incidir en el deterioro de los materiales pétreos de la fachada. Se han consultado los datos del Centro Meteorológico Zonal del Duero en un periodo comprendido entre 1930 y 1990. Los datos de contaminación fueron registrados por la Unidad Móvil de Contaminación Atmosférica en Inmisión dependiente de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León, ubicada en el Parque de la Marina.

En la tabla I se resumen los datos climáticos de la ciudad que mayor influencia podrían tener en el proceso de deterioro de los materiales de la fachada. Según los datos recopilados, y de acuerdo a la clasificación de Köppen (3), el clima de la ciudad de Zamora es de tipo Csa (Templado lluvioso con verano seco y cálido) caracterizado por una estacionalidad claramente marcada con inviernos fríos y largos y veranos cortos, secos y calurosos. Destaca la existencia de un promedio de 57 días de heladas al año y de un importante salto térmico entre el día y la noche, salto que se mantiene prácticamente a lo largo de todo el año y, debido a la orientación de la fachada, se ve acentuado por las diferencias de insolación entre la mañana y la tarde. Es destacable la existencia de un número importante de días de niebla al año, 32 días de escarcha y 18 de rocío. Estos datos son importantes ya que estos fenómenos meteorológicos pueden aportar a la fachada del monumento una importante cantidad de agua, de tal forma que durante una gran parte del año esta fachada puede permanecer húmeda en su superficie. La dirección de los vientos dominantes es SO-NE y W-E por lo que el agua de lluvia habitualmente no impacta directamente sobre la fachada.

La contaminación atmosférica en la ciudad de Zamora es escasa e inferior a otras ciudades con mayor número de habitantes. Según los datos tomados en el Parque de la Marina, los contaminantes principales, por orden de abundancia son: CO, que procede de la combustión de carburantes en vehículos de gasolina, e hidrocarburos en suspensión, que provienen de operaciones relacionadas con los combustibles derivados del petróleo, evaporación de disolventes orgánicos y actividades agrícolas. Las cantidades de otros gases como el SO₂ y el NO_x son mucho menores que las correspondientes al CO e hidrocarburos. En el caso que nos ocupa, el edificio objeto del estudio, situado en el centro de la ciudad, sufre las consecuencias de la acción del intenso tráfico rodado a lo largo de toda la fachada desde los años 30 ó 40 y de las emisiones de humos de calefacciones próximas.

Obtención del alzado de la fachada

El alzado de la fachada es necesario para la definición del despiece de la sillería así como para la realización de los mapas de fases constructivas, tipos de piedra y patologías. En la búsqueda bibliográfica y documental realizada no se han obtenido alzados de la fachada objeto de estudio. Por esta razón se ha elaborado un alzado mediante tratamiento digital de imágenes tomando como base una fotografía realizada en los años 60. El resultado de este proceso de tratamiento de imágenes es el alzado que se ha utilizado como base de las distintas cartografías. Aunque las proporciones del alzado presentan mínimas desviaciones respecto a las medidas reales que tiene el edificio, este alzado reproduce con absoluta fidelidad el despiece y la localización precisa de todos los sillares constituyentes de la fachada.

	Precipitación (mm)	Temperaturas			Días de						H Relativa
	media mensual	media máxima	media mínima	media mensual	lluvia	nieve	granizo	niebla	rocío	escarcha	%
Enero	37,5	7,8	0,3	4,0	10,2	1,1	0,0	6,2	1,5	6,8	84
Febrero	27,4	10,3	0,5	5,4	8,5	0,8	0,1	4,2	2,2	5,4	78
Marzo	35,0	14,1	3,3	8,7	11,5	0,3	0,2	3,4	1,9	1,5	73
Abril	31,3	17,0	5,2	11,1	10,6	0,1	0,3	2,1	1,0	0,2	69
Mayo	43,3	20,2	8,0	14,1	11,7	0,0	0,4	0,7	0,0	0,0	66
Junio	30,9	25,6	11,7	18,7	5,9	0,0	0,4	0,4	0,4	0,0	63
Julio	8,0	29,6	13,9	21,7	3,3	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	58
Agosto	9,8	29,0	13,8	21,4	3,5	0,0	0,1	0,3	0,2	0,0	58
Septiembre	29,0	24,6	11,5	18,0	6,3	0,0	0,0	0,8	1,3	0,0	66
Octubre	34,7	18,6	7,2	12,9	9,4	0,0	0,0	2,9	3,2	0,1	74
Noviembre	31,8	12,2	2,9	7,5	10,0	0,1	0,0	6,1	3,4	3,1	83
Diciembre	46,8	7,9	0,9	4,4	12,4	0,7	0,0	7,8	2,9	6,0	84
Año	365,5	18,1	6,6	12,3	103,3	3,1	1,6	35,1	18,0	96,0	71

TABLA I. Datos climáticos más importantes de la ciudad de Zamora.

Historia del edificio

Los datos de carácter histórico son de especial importancia para comprobar la relación existente entre el grado de deterioro de los materiales y la fecha de puesta en obra de los mismos. No existen archivos o bibliografía precisa sobre la historia de la construcción del monumento ni de la procedencia de sus materiales ya que, por ser un edificio de carácter civil y por los diversos incendios y derrumbes sufridos, no se ha conservado ningún tipo de documentación. Los únicos datos de los que se dispone corresponden a breves pasajes incluidos en publicaciones generales de la historia de la ciudad. Ante esta escasez de documentación, se han consultado los archivos fotográficos existentes en el Archivo Histórico Provincial y los fondos de la Filmoteca de la Junta de Castilla y León. Se han obtenido así diferentes fotografías que abarcan el período de tiempo comprendido desde finales del S XIX hasta nuestros días por lo que sólo se dispone de información precisa sobre las reformas que han tenido lugar en dicho período. Únicamente, se dispone de un escueto informe sobre las actuaciones de urgencia llevadas a cabo por el Arquitecto Luis Menéndez Pidal en el año 1975. Dicho informe ha sido consultado en los fondos del Archivo Central del Ministerio de Cultura en Alcalá de Henares. Así mismo, se ha tenido contacto con historiadores del Archivo Histórico Provincial y antiguos canteros que participaron en las actuaciones efectuadas a mediados del presente siglo.

El Palacio de los Momos fue edificado a principios del siglo XVI por D. Pedro Rodríguez de Ledesma. El edificio fue abandonado en tiempos de Carlos II y tras un período en estado de ruina (figura 1), el Palacio fue reformado y convertido en mesón o parador a principios de este siglo. En el año 1946, el Ministerio de Justicia adquirió y rehabilitó el edificio para ubicar en él las actuales dependencias de la Audiencia Provincial. En el año 1975 se realizaron las últimas restauraciones de urgencia en la fachada por el Arquitecto Luis Menéndez Pidal intentando evitar desprendimientos que pudieran traducirse en desgracias personales. Resultado de esta última intervención es el estado de la fachada que conocemos hoy día. Basándonos en la documentación fotográfica recopilada, se han podido definir varias fases de construcción o intervenciones que han tenido lugar en los últimos cien años y se ha podido comprobar el avance del deterioro de los materiales de la fachada. En el "mapa" de la figura 2 se muestran los materiales de construcción incorporadas a la fachada en cada una de las fases constructivas de los últimos cien años.

tado de esta última intervención es el estado de la fachada que conocemos hoy día. Basándonos en la documentación fotográfica recopilada, se han podido definir varias fases de construcción o intervenciones que han tenido lugar en los últimos cien años y se ha podido comprobar el avance del deterioro de los materiales de la fachada. En el "mapa" de la figura 2 se muestran los materiales de construcción incorporadas a la fachada en cada una de las fases constructivas de los últimos cien años.

3.3. TIPOS DE PIEDRA Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

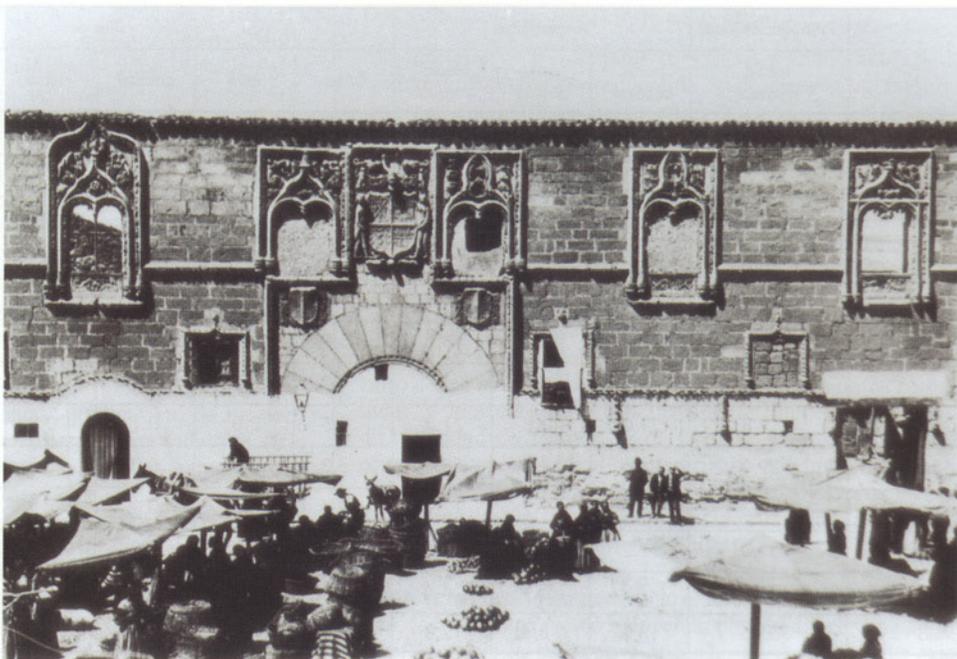
3.3.1. Tipos de materiales de construcción

En la fachada principal del Palacio de los Momos se ha observado la presencia de los siguientes tipos de piedra:

Piedra de Zamora (Piedra del País): Se trata de un conglomerado-arenisca conglomerática denominada "Pudinga de Zamora" (4). Dada la variabilidad del tamaño de grano y el grado de silicificación que presenta, podrían diferenciarse dentro de este tipo, en las observaciones de "visu" en esta fachada, dos variedades. La variedad "Indiferenciada" es la más grosera y heterogénea, no apta para la talla. La "Fina" es la variedad con la que se han construido los elementos ornamentales del primer cuerpo y que eran tallados con bloques muy seleccionados en la cantera caracterizados por un tamaño de grano más fino y homogéneo.

Piedra Mollar o Greda: Con esta piedra están construidos los elementos escultóricos de mayor valor artístico del edificio (ventanales e imposta vierteaguas del tercer cuerpo). Se trata de una arenisca cuarcítica de color marrón claro con tonos rojizos en superficie, homogénea, blanda, que puede ser fácilmente tallada y que se areniza con facilidad al tacto. Por sus características y formación geológica a la que pertenece, es una piedra similar a la Arenisca de Villamayor, piedra típica de construcción de la ciudad de Salamanca (5).

FIGURA 1. Fotografía tomada, posiblemente, entre 1880 y 1890. Se observa el estado de ruina en el edificio. La línea del alero original estaba tres hilares de sillares más baja que la actual. Los zócalos se encontraban encalados.



ÁREA DE CRISTALOGRAFÍA Y MINERALOGÍA
Departamento de Geología
Universidad de Salamanca

ALZADO DEL PALACIO DE LOS MOMOS
ÚLTIMAS ACTUACIONES

MATERIALES ORIGINALES
 REFORMA PRINCIPIOS DE SIGLO
 REFORMA 1946
 REFORMA 1975

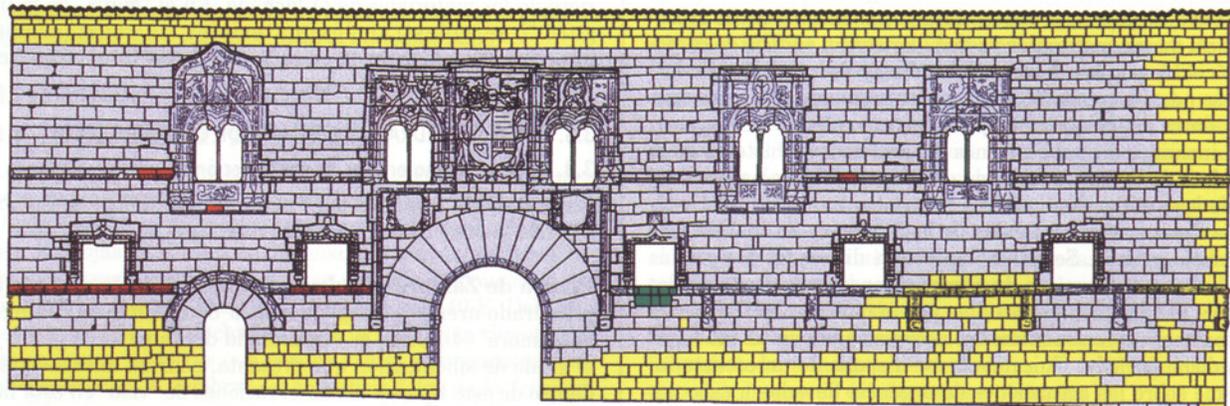


FIGURA 2. Mapa de fases constructivas.

Existen otros tipos de piedra poco representativos como el granito, que forma parte de algunos sillares aislados de la fachada, y caliza marmórea que constituye únicamente los parteluces de los ventanales del tercer cuerpo.

En la fachada existen diversos tipos de morteros. En el extremo derecho, la imposta del tercer cuerpo está reconstruida con un mortero, posiblemente de cemento, que corresponde a la intervención de 1946. Se ha encontrado cemento portland para reposición de masas perdidas y rejuntado. La mayor parte de las juntas, sobre todo en los cuerpos segundo y tercero están realizadas con morteros a base de cal y, probablemente, de cal y cemento cola.

En la mayor parte de los paramentos y sobre todo en los cuerpos segundo y tercero, se aprecia la existencia en superficie de una pátina artificial de color naranja similar a la existente en otros edificios de la ciudad (6). Estas pátinas se aplicaban antiguamente a la piedra con una función decorativa, para uniformizar el aspecto de la fachada, y otra función protectora contra la acción de los agentes atmosféricos agresivos. Además existen restos de una pátina rojiza en algunos puntos de los elementos con talla existentes en los ventanales del tercer cuerpo. Debido a la arenización superficial que presentan todos los elementos construidos con Piedra Mollar, puede afirmarse que esta pátina ha desapare-

cido casi completamente. Además, se ha podido constatar la existencia de lo que podría ser una pátina blanquecina sobre las piezas que componen las ventanas del segundo cuerpo. Esta pátina, cuya existencia está aún por confirmar, se habría aplicado sobre la pátina de color naranja y podría tratarse de una muy fina lechada de yeso o cal. No se han encontrado restos de policromías.

Como elementos metálicos, existen chapas de cinc sobre los ventanales del tercer cuerpo a modo de alpendes para proteger los elementos escultóricos de dichos ventanales, cuñas de hierro o acero que encuentran en las juntas de los sillares, sobre todo en los sillares del zócalo, grapas de acero para la sujeción de los chapados de piedra empleados en la reposición de los sillares del zócalo y tornillos, ángulos y clavos para sujeción de cables, faroles, etc.

3.3.2. Cartografía de los tipos de piedra

En la figura 3 se muestra una cartografía en la que se representan los diferentes tipos de piedra existentes en la fachada.

3.3.3. Procedencia de la piedra, reconocimiento de canteras

No existe documentación sobre la procedencia de la piedra empleada en la construcción del Palacio de los Momos. Se conoce por la información existente sobre otros edificios, como la Catedral de Zamora, que la piedra más ampliamente representada en la fachada, la Piedra del País, procede de diferentes canteras, hoy abandonadas, que se encuentran en los escarpes existentes en los valles del Río Duero y de los arroyos de Gimaré y Valfárez próximos a la ciudad (7). Se ha podido constatar la existencia de un número muy elevado de pequeñas explotaciones sin que pueda precisarse con exactitud, debido a la heterogeneidad de la piedra de los frentes, cuáles de ellas son las canteras originales del Palacio de los Momos. Las mayores explotaciones son las localizadas en la parte alta del bosque de Valorio y en la zona de Villa Rubia. La piedra de las tres hileras que se colocaron en la coronación de la fachada en el

año 1946, así como en la reparación de los sillares del zócalo, procede de una cantera que estaba localizada en la zona de Las Chanas. Actualmente esta cantera no existe ya que los terrenos fueron aprovechados para la ubicación del Merca-Zamora. Tan sólo quedan algunos frentes de pequeño tamaño con bancos de no más de un metro y medio de altura.

No se tienen documentos concretos sobre la procedencia de la Piedra Mollar. Ante esta falta de información se ha tratado de buscar localidades con tradición en cantería y que estén ubicadas en zonas que, desde el punto de vista geológico, coincidan con las características de la piedra (8, 9, 10, 11). De esta forma las investigaciones sobre la procedencia de la piedra mollar, y a falta de datos históricos que lo confirmen, indican que las canteras de esta piedra estarían en la zona Sur de la ciudad en el triángulo formado por las localidades de El Perdigón, Jambrina y Morales del Vino. Únicamente en la localidad de Jambrina pueden observarse hoy día antiguos frentes de canteras (figura 4), que se localizan en los escarpes que se encuentran hacia el Oeste del pueblo en la zona más alta del valle del Arroyo del Soto. En una de estas pequeñas canteras se han hallado marcas de herramientas tradicionales de cantería. Los sillares construidos con granito, sobre todo en las tres últimas hileras de la parte superior, posiblemente proceden de las canteras de Mogata al SW de la ciudad. Se desconoce la procedencia de la caliza marmórea de los parteluces de los ventanales.

3.3.4. Caracterización de la piedra en laboratorio

En este apartado se exponen los resultados de los análisis y ensayos encaminados a la determinación de los factores intrínsecos (características petrológicas y estructurales) que más influencia pueden tener en el deterioro de la piedra y que han de ser tenidos en cuenta para poder realizar las oportunas recomendaciones de restauración. De los cuatro tipos de piedra existentes en la fachada, únicamente dos de ellos, la Piedra del País y la Piedra Mollar, han sido estudiados en el laboratorio para conocer sus características. El

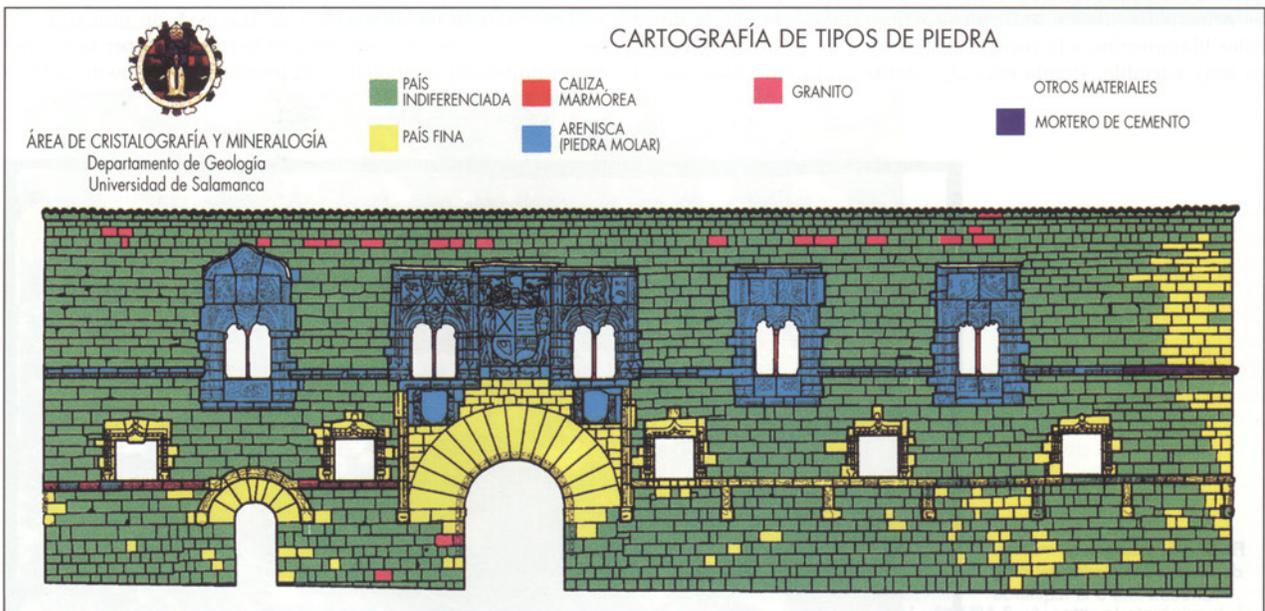


FIGURA 3. Mapa de tipos de piedra.



FIGURA 4. Frente de cantera abandonado en la zona de Jambrina.

granito y la caliza marmórea no han sido estudiados por su escasa representatividad en el conjunto de la fachada.

La piedra del País es un conglomerado-arenisca conglomerática generalmente de color blanco, dura, compacta y muy heterogénea en función del tamaño de grano y del grado de silicificación que presenta. El esqueleto de esta roca está constituido fundamentalmente por granos de cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca cuarcítica con un tamaño de grano que oscila entre grava y arena fina y con formas subredondeadas. Los granos del esqueleto pueden llegar a alcanzar uno o dos centímetros de diámetro en algunos de los sillares. En la variedad fina el grano es de menor tamaño y más homogéneo. En la figura 5 se muestra el aspecto de las dos variedades en muestra de mano. El cemento es principalmente de naturaleza silíceo (ópalo) lo que le da color blanquecino a la roca. La intensidad de la silicificación es muy variable, siendo más abundante en la variedad fina

que la indiferenciada. Existe también una matriz arcillosa (figura 6) y en algunos casos un cemento ferruginoso que causa la tinción de la piedra en tonos amarillos, rojos y malvas.

La piedra mollar es una arenisca cuarcítica con matriz arcillosa. Su color varía entre el marrón claro y el gris claro pasando por el beige (figura 7). Es una piedra blanda, homogénea en cuanto a su granulometría y se areniza con facilidad. El esqueleto está constituido fundamentalmente por granos de cuarzo de tamaño arena (figura 8). En menor proporción se pueden observar micas y feldespatos. La matriz que une los granos es de naturaleza arcillosa, pudiendo apreciarse concentraciones de óxidos de hierro responsables de los tonos marrones.

Los análisis por difracción de Rayos-X de muestras de roca total son imprescindibles a la hora de conocer la composición mineralógica global de la piedra. El estudio de la frac-



FIGURA 5. Aspecto en muestra de mano de la Piedra del País, Variedad fina a la izquierda y variedad indiferenciada a la derecha.

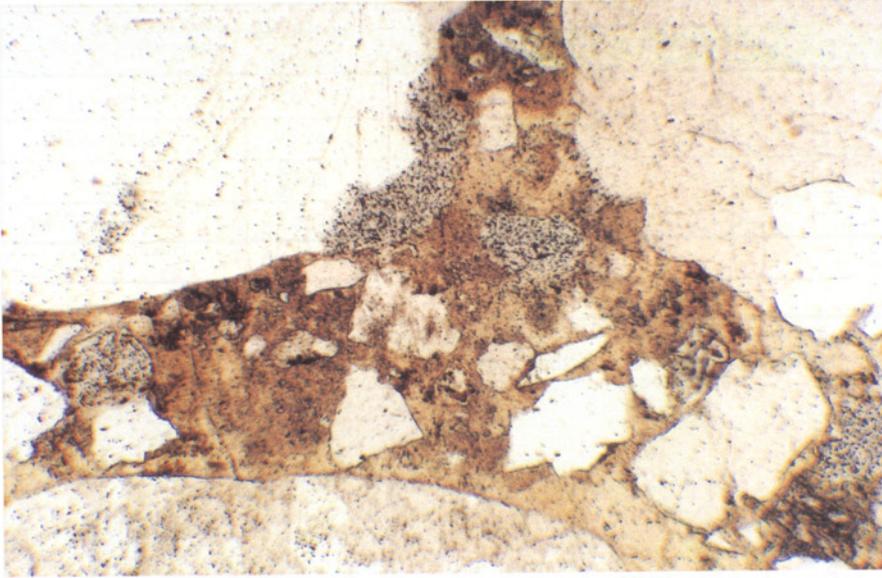


FIGURA 6. Aspecto microscópico de la Piedra del País, (L,N, x40).



FIGURA 7. Aspecto de visu de la Piedra Mollar de derribo.

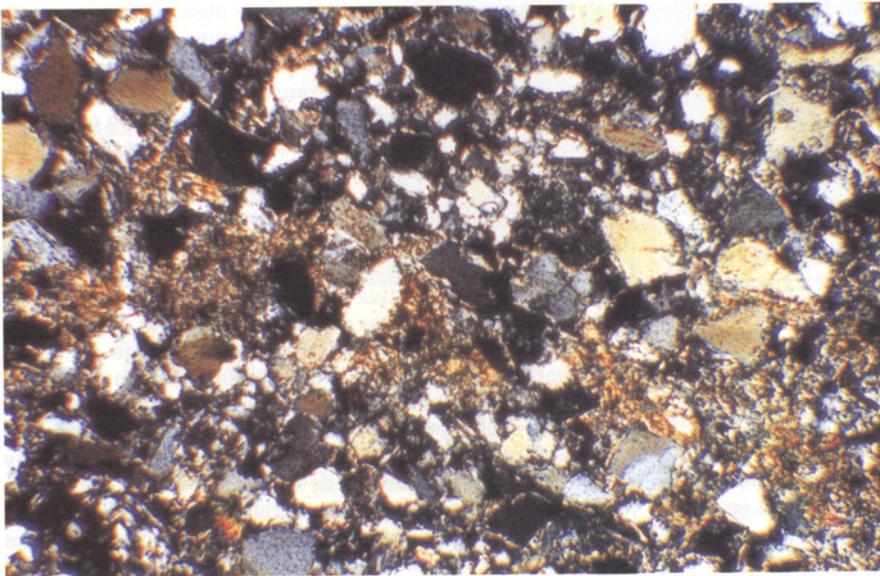


FIGURA 8. Aspecto microscópico de la Piedra Mollar de derribo, (NX, x40).

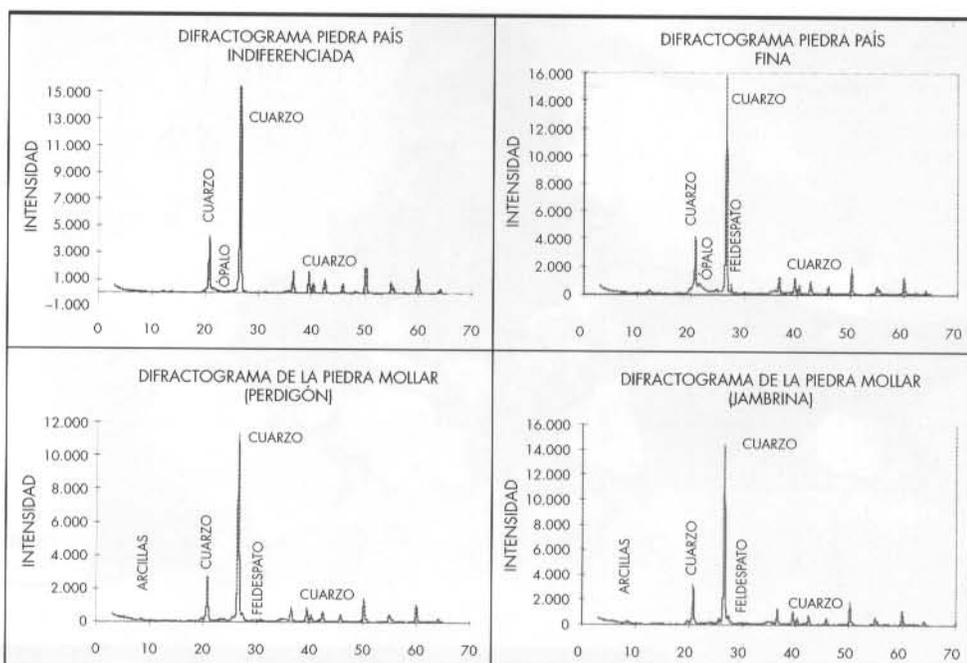


FIGURA 9. Difractogramas de la Piedra del País (variedades indiferenciada y fina) y Piedra Mollar (El Perdigón).

ción arcillosa (menor de 2 micras) mediante análisis de agregado orientado, solvantando las muestras con Etilén-Glicol y calcinando las muestras a 550° C permite determinar la existencia de fases hinchables dentro de la roca. En la figura 9, se encuentran los difractogramas de roca total obtenidos para los tres tipos de piedra, en ellos se aprecia que la Piedra del País es una roca de naturaleza silicea, lo que implica un elevado grado de estabilidad química. La roca está compuesta de forma mayoritaria por cuarzo y, en menor medida ópalo A y ópalo CT. Como minerales minoritarios, pueden aparecer feldespatos y micas. El cuarzo y los feldespatos se corresponderían con los granos esqueléticos mientras que el ópalo formaría parte del cemento. Mediante esta técnica no se han detectado carbonatos y otras sales solubles. La composición de la matriz es fundamentalmente caolínica, aunque puede aparecer, moscovita, illita y esmectitas. Las variedades indiferenciada (gruesa) y fina se diferencian en que la variedad fina posee una mayor cantidad de feldespatos y mayor proporción de cemento opalino.

Al igual que sucede con la Piedra del País, la Piedra Mollar está constituida principalmente por cuarzo, lo que determina una alta estabilidad química frente a los agentes contaminantes agresivos. Como minerales minoritarios se detectan micas y feldespatos (componentes del esqueleto). El análisis de la fracción menor de dos micras indica que el ligante de los granos está constituido principalmente por paligorskita y pequeñas cantidades de esmectitas. Estas últimas son arcillas hinchables que pueden experimentar cambios de volumen con las variaciones de humedad. Este hecho es importante ya que el agua de lluvia y de escorrentía sobre la piedra puede lixiviar de su superficie estas arcillas intergranulares y producir la desagregación superficial que existe en el monumento. No se han detectado cantidades apreciables de carbonatos y sales solubles.

El deterioro de los materiales pétreos ornamentales está directamente relacionado con la presencia de agua en el sistema poroso de la piedra y su dinámica en el interior de la misma. Así, el conocimiento de las características del sis-

tema poroso es importante para interpretar los mecanismos de alteración que actúan en la fachada y para prever el comportamiento de la piedra ante determinadas técnicas de restauración. Los resultados de los ensayos para la determinación de las propiedades hídricas (densidades real y aparente, porosidad abierta y capacidad de imbibición) son los que se muestran en la tabla II. En la gráfica representada en la figura 10 se muestran y comparan, las curvas de absorción y desorción de agua para los tres tipos de piedra estudiados. La porosidad abierta de la Piedra del País varía notablemente entre un 10 y un 22% lo que indica una porosidad media-alta y da idea de la heterogeneidad textural de este tipo de roca. La Piedra Mollar posee una porosidad accesible al agua muy elevada oscilando entre 36% y 38%. Como se aprecia en dicha tabla y en la gráfica de absorción y desorción libre de agua, la Piedra Mollar tiene una muy alta capacidad para absorber agua mientras que la Piedra del País tiene una menor capacidad de absorción. Además, la Piedra del País se satura casi completamente a las ocho horas de la inmersión, mientras que la piedra mollar no se satura completamente en el transcurso de las 96 horas que dura la fase de absorción. El proceso de desorción es similar en ambos tipos de piedra, alcanzando la desecación casi total en un periodo de 24 horas.

En las gráficas de la figura 11, se representan las curvas porosimétricas obtenidas por la técnica de Porosimetría de Inyección de Mercurio. Estas curvas, que muestran de la distribución cuantitativa de los volúmenes correspondientes a los distintos diámetros de poros accesibles al mercurio, indican distribuciones porométricas notablemente diferentes en ambos tipos de piedra lo que podría influir en el comportamiento de las mismas frente a los agentes meteorizantes. En este sentido, cuanto menor es el diámetro de acceso de los poros, mayores son las presiones que ejercen el hielo y las sales sobre las paredes de los mismos (12). En ambos tipos de piedra el mayor volumen de poros está situado por debajo de los 5 μm , tamaño crítico por debajo del cual parece que los efectos de las heladas pueden ser más acusados en la

Tipo de piedra	Densidad real (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Porosidad abierta (%)	Absorción (%)
Jambrina (Mollar)	2,625	1,633	37,8	12,11
Derribo (Mollar)	26,26	1,642	36,5	14,75
País Fina	2,568	2,187	14,8	14,75
País Indiferenciada	2,592	2,176	10,7 - 21,4	6,05

TABLA II. Propiedades hídricas de los tipos de piedra representados en la fachada del Palacio de los Momos.

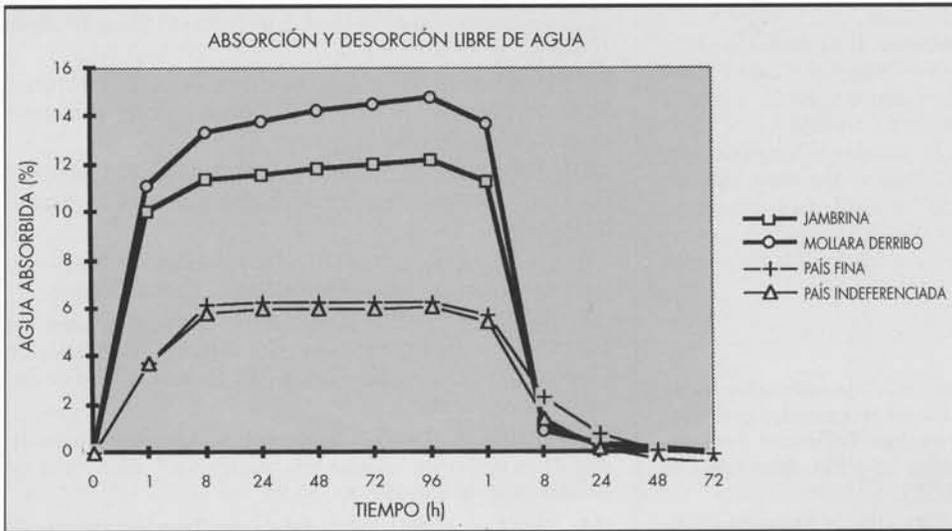


FIGURA 10. Curvas de absorción y desorción libre de agua.

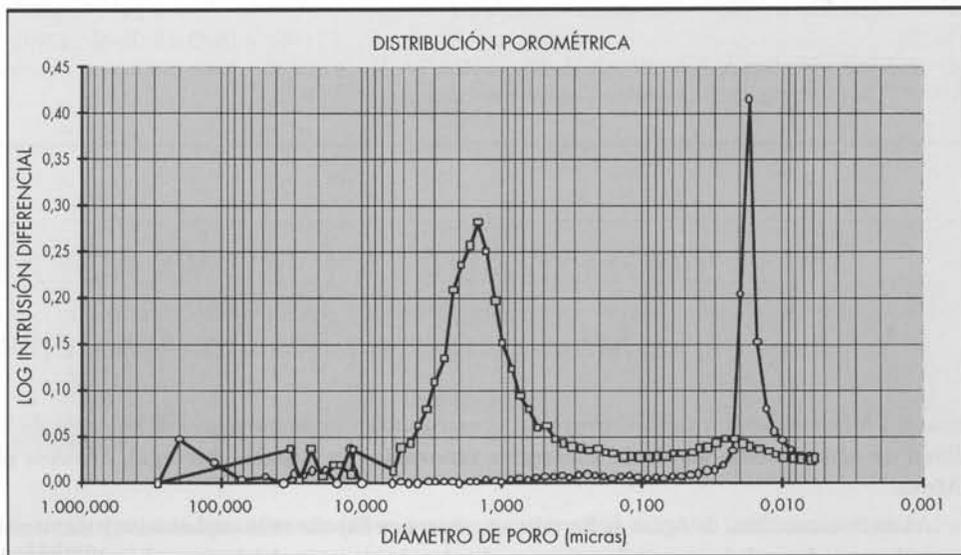


FIGURA 11. Gráfico que representa el logaritmo diferencial del volumen acumulado frente al diámetro de poro. Se observa la diferente distribución porométrica de ambos tipos de piedra.

piedra (13, 14). Es en este rango donde se intensifica la desagregación granular de sus componentes esqueléticos. Por todo ello, se debe suponer que los ciclos de hielo y deshielo que acontecen en la ciudad de Zamora, pueden constituir una de las principales causas de deterioro de la Piedra del País, mientras que en la Piedra Mollar, cuyos poros son de mayor tamaño, los efectos de las heladas tendrían, en esta roca, una menor incidencia.

4. CONCLUSIONES

Los tipos de piedra existentes en la fachada son, fundamentalmente, Piedra del País o también denominada Pudinga de Zamora, conglomerado de esqueleto cuarcítico con ligante silíceo, y la Piedra Mollar, que es una arenisca de esqueleto cuarcítico y matriz arcillosa. Teniendo en cuenta la naturaleza silícea de ambos tipos de piedras se puede deducir la baja reactividad química de las mismas; sin embargo los

procesos físicos cíclicos relacionados con la presencia del agua en el sistema poroso de la piedra tendrán entonces una gran influencia en los procesos de deterioro de los materiales pétreos de la fachada. Esta agua puede llegar a los materiales por ascenso capilar desde el subsuelo, por un deficiente funcionamiento de los sistemas de evacuación del agua de la cubierta y directamente por los agentes atmosféricos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Patrimonio de la Junta de Castilla y León por la financiación del trabajo.

A D. Rafael Lis Estévez, Presidente de la Audiencia Provincial de Zamora y a Dña. Rosario Sánchez Ciudad, Conservadora del edificio, por las facilidades y ayuda prestada en todo momento para la realización del trabajo.

A D. José Andrés Casquero Fernández, Historiador del Archivo Histórico Provincial, y D. Ramón Abrantes, escultor zamorano, y D. Alfonso García por su ayuda en la búsqueda de canteras originales.

A la Escuela Taller de Zamora por las facilidades prestadas en la recogida de muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) R.I.L.E.M. (Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayo de Materiales) (1980): "Essais recommandés pour mesurer l'alteration des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement". *Commission 25-PEM. Matériaux et Constructions*, 13, n° 75. Pp. 175-253.
- (2) Recomendación NORMAL 7/81 (1981): "Assorbimento d'acqua per immersione totale. Capacità di imbibizione". *CNR-ICR. Roma*. 5 pp.
- (3) STRAHLER, A. (1986): "Geografía Física". *Ed. Omega* 767 pp.
- (4) AÑORBE, M.; DÍEZ, J. A.; SUÁREZ, M. y POZAS J. M. (1992): "Caracterización de la piedra monumental de la Ciu-

dad de Zamora (España)". *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, n° 15.p. 15-29.

(5) MARTÍN PATINO, M. T.; MADRUGA, F. y SAAVEDRA, J. (1996): "La Arenisca Dorada de Salamanca". *Consejería de Fomento. Junta de Castilla y León*. 107 pp.

(6) AÑORBE M.; SÁINZ DE CUETO, F. J.; POZAS J. M. y DÍEZ, J. A. (1993): "Study of patinas on ornamental stone". *Proceedings of the Int. RILEM/UNESCO Congress on the Conservation of Stone and Other Materials. París. Vol. 1; p. 59-66*.

(7) AÑORBE, M. (1994): "Caracterización y diagnosis de la piedra monumental de la Ciudad de Zamora". *Tesis doctoral. Universidad de Salamanca*.

(8) IGME (1982): "Mapa Geológico de España (E. 1:50.000)." Hoja 369 (Coreses). *Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía*.

(9) IGME (1982): "Mapa Geológico de España (E. 1:50.000)." Hoja 397 (Zamora). *Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía*.

(10) SIEMCAL, S. A., (1997): "Mapa Geológico y Minero de Castilla y León (E. 1:400.000)." *Junta de Castilla y León*.

(11) JIMÉNEZ FUENTES, E. (1992): "Las adaptaciones del Paleógeno de Castilla y León". In: *Vertebrados Fósiles de Castilla y León*. (Jiménez-Fuentes, E., Coord.). *Museo de Salamanca*. pp. 39-41.

(12) ORDAZ, J. (1983): "Características físicas y alterabilidad de la piedra de Villamayor (Salamanca)". *Materiales de construcción*, n° 190-191. pp. 85-95.

(13) PAVIA, S. (1994): "Material de construcción antiguo de Logroño y La Rioja Alta: Petrografía, Propiedades físicas, Geología y alteración". *Gobierno de La Rioja, Instituto de Estudios Riojanos, Ciencias de la Tierra*, 17. 247 pp.

(14) WINKLER, E. M. (1973): "Stone: properties, durability in man's environment." *Springer verlag. Wier N.Y.* pp. 28-159.

SINTEL Y ADASA (GRUPO AGBAR),

colaboración en Medio Ambiente

Sintel y Adasa colaborarán en el proyecto, construcción y mantenimiento de sistemas de información hidrológica, calidad de aguas, medio ambiente y energías renovables en España, Portugal, diversos países de América Latina y Africa.

Adasa Sistemas, filial de Aguas de Barcelona y pionera en España en la implantación y mantenimiento de estaciones y redes de control, es una firma de ingeniería de sistemas aplicados al ciclo integral del agua y al medio ambiente. Su actividad se centra básicamente en la instalación de sistemas avanzados de control ambiental y de telecontrol para la distribución de agua en redes de abastecimiento urbano o automatización de plantas depuradoras.

Sintel es la empresa líder en España y América Latina en proyectos, construcción, instalación e integración de redes y equipos de telecomunicaciones, con una diversificación ya consolidada en los sectores de Medio Ambiente, Energía, Sanidad, Infraestructuras y Servicios. Sintel proyecta su reconocida experiencia en el campo de Telecomunicaciones al área de Medio Ambiente desarrollando tecnología aplicada a la monitorización de cuencas hidrográficas y calidad de aguas. En el Sector Energético, Sintel realiza todo tipo de instalaciones en alta, media y baja tensión participando también en la promoción y operación en el ámbito de las Energías Renovables.

Con el acuerdo firmado se consiguen integrar la especialización en control medioambiental de Adasa Sistemas y la capacidad técnica y tecnológica en comunicaciones de Sintel en un proyecto común, que beneficiará a los sectores de Medio Ambiente y Energía.