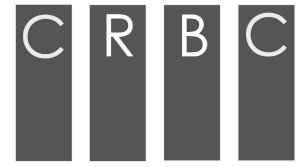




UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



departament  
Conservació  
Restauració  
Bens  
Culturals

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dep. de Conservació i Restauració de Béns Culturals

Investigació i anàlisi comparativa de morters de reposició  
per a la conservació i restauració in situ de la residència  
fortificada de Sant Jaume (Alcanar, Montsià).

Treball Fi de Màster

Màster Universitari en Conservació i Restauració de Béns  
Culturals

AUTOR/A: Roca Cabedo, Mercé

Tutor/a: Carrascosa Moliner, María Begoña

Cotutor/a: Osete Cortina, Laura

CURS ACADÈMIC: 2022/2023



# INVESTIGACIÓ I ANÀlisi COMPARATIVA DE MORTERS DE REPOSICIÓ PER A LA CONSERVACIÓ I RESTAURACIÓ IN SITU DE LA RESIDÈNCIA FORTIFICADA DE SANT JAUME (ALCANAR, MONTSIÀ)

**MERCÉ ROCA CABEDO**

Tutores: Begoña Carrascosa Moliner

Laura Osete Cortina

Màster Universitari en Conservació i Restauració de Béns Culturals

Universitat Politècnica de València

Treball Fi de Màster

Curs acadèmic: 2022-2023



## RESUM

La present investigació se centra en la caracterització fisicoquímica dels morters usats en els murs de la residència fortificada de la primera edat del ferro (800-550 ANE) de Sant Jaume, situada al municipi d'Alcanar (Montsià, Catalunya), i en l'estudi comparatiu de diverses propostes de morters de reposició d'oli, amb l'objectiu d'obtenir les més idònies respecte el material arqueològic per a utilitzar-les en les campanyes de conservació-restauració del jaciment. La motivació del treball al voltant d'aquests tipus de morters es deu als estudis previs dels materials originals on, fins al moment, no s'hauria detectat l'ús de la calç com a conglomerant, cosa que va propiciar l'experimentació in situ a través de diverses propostes de morters d'oli, el comportament de les quals no havia estat analitzat. Com a pas previ, s'han estudiat els diferents factors de deteriorament de l'entorn, posant una atenció especial a la climatologia de la zona i a la ubicació geogràfica, avaluant també l'estat de conservació del conjunt arquitectònic.

Les anàlisis fisicoquímiques realitzades han comprés la caracterització químic-mineralògica, la distribució granulomètrica i la dosificació estimada del morter original. Amb els resultats obtinguts, s'han elaborat provetes inicials dels morters de reposició amb la intenció d'efectuar l'estudi comparatiu. Aquestes s'agrupen en dos conjunts de morters, el primer està conformat per una mescla de sediment del jaciment amb oli d'oliva i, per al segon, s'ha emprat el mateix sediment i oli de llinosa. A més, a aquestes preparacions se'ls ha afegit diferents proporcions de fibres vegetals. En aquest cas s'ha emprat polpa de cel·lulosa, fils de lli i corda de pita. A partir d'aquesta experimentació prèvia, s'han escollit els exemplars que presentaven un millor comportament, concretament les provetes amb els fils de lli i corda de pita, i s'han preparat noves provetes utilitzant diferents proporcions d'oli i de fibres vegetals indicades. Aquestes han estat sotmeses a assajos en el laboratori per a avaluar les seues característiques físicomecàniques, determinant la duresa superficial i el seu comportament hídric a través de l'assaig d'absorció de la gota d'aigua i l'assaig de determinació de la porositat.

Els resultats aconseguits en aquest estudi permeten establir les possibles limitacions dels materials proposats per a la conservació dels murs i efectuar correccions en les formulacions, garantint així l'òptim resultat en els processos d'intervenció.

**PARAULES CLAU:** Conservació-Restauració, Conservació in situ, Morter de terra, Morter de reposició d'oli, Revestiment

## RESUMEN

La presente investigación se centra en la caracterización físico-química de los morteros empleados en los muros de la residencia fortificada de la primera edad del hierro (800-550 ANE) de Sant Jaume, situada en el municipio de Alcanar (Montsià, Catalunya), y en el estudio comparativo de diversas propuestas de morteros de reposición de aceite, con el objetivo de obtener las más idóneas al material arqueológico para usarlas en las campañas de conservación-restauración del yacimiento. La motivación del trabajo acerca de estos tipos de morteros se debe a los estudios previos de los materiales originales donde, hasta el momento, no se habría detectado el uso de la cal como conglomerante, hecho que propició la experimentación in situ a través de diversas propuestas de morteros de aceite, de las que no se había analizado su comportamiento. Como paso previo, se han estudiado los diferentes factores de deterioro del entorno, atendiendo especialmente a la climatología de la zona y a la ubicación geográfica, evaluándose además el estado de conservación del conjunto arquitectónico.

Los análisis físico-químicos realizados han comprendido la caracterización químico-mineralógica, la distribución granulométrica y la dosificación estimada del mortero original. Con los resultados, se han elaborado las probetas iniciales de los morteros de reposición con la intención de efectuar el estudio comparativo. Éstas se agrupan en dos conjuntos de morteros, el primero está formado por una mezcla de sedimento del yacimiento con aceite de oliva y, para el segundo, se ha utilizado el mismo sedimento y aceite de linaza. Además, a las preparaciones se les ha añadido diferentes proporciones de fibras vegetales. En este caso se ha usado pulpa de celulosa, hilos de lino y cuerda de pita. A partir de esta experimentación previa, se han elegido los ejemplares que presentaban un mejor comportamiento, concretamente las probetas con los hilos de lino y cuerda de pita, y se han preparado nuevas probetas utilizando diferentes proporciones de aceite y de dichas fibras vegetales. Éstas se han sometido a ensayos en el laboratorio para evaluar sus características físico-mecánicas, determinando la dureza superficial y su comportamiento hídrico a través del ensayo de absorción de la gota de agua y el ensayo de determinación de la porosidad.

Los resultados conseguidos de este estudio permiten establecer las posibles limitaciones de los materiales propuestos para la conservación de los muros y efectuar correcciones en las formulaciones, garantizando de esta manera el óptimo resultado en los procesos de intervención.

**PALABRAS CLAVE:** Conservación-Restauración, Conservación in situ, Morteros de tierra, Mortero de reposición de aceite, Revestimiento

## ABSTRACT

This research presents a physicochemical characterization of mortars used on the walls of the fortified residence of Sant Jaume, dated to the early Iron Age (800-550 BC) and located in Alcanar (Montsià, Catalunya), and a comparative study of diverse propositions of replacement oil mortars, in order to obtain the most suitable in relation to archaeological material to use them during conservation-restoration campaigns of the site. The motivation of the work about these types of mortars is due to previous studies of the original materials where, up until now, the use of lime as a binder has not been detected, a fact that promoted the in situ experimentation through different proposals of oil mortars, whose behaviour had not been analysed. Before that, the different factors of deterioration of the environment have been studied, paying special attention to the climate of the area and the geographical location, as well as evaluating the state of conservation of the architectural ensemble.

The physicochemical analysis accomplished included a chemical-mineralogical characterization, a particle size distribution, and an estimated dose of the original mortar. According to the results, the initial replacement mortar samples have been prepared with the aim of carrying out the comparative study. These are grouped into two sets of mortars: the first one is formed by a mixture of deposit sediment and olive oil while the second contains the same sediment, but linseed oil. Moreover, different proportions of vegetable fibers have been added to the preparations. In this case, cellulose pulp, linen threads and agave string have been used. As a result of this previous experimentation, the specimens that presented better behaviour have been chosen, and more samples have been prepared using different proportions of oil and vegetable fibers. These have been tested in the laboratory to evaluate their physical-mechanical characteristics, determining the surface hardness and their water behaviour through water drop absorption test and porosity determination test.

The results obtained from this study allowed us to establish the possible limitations of the materials proposed for the conservation of the walls and make corrections in the formulations, thus guaranteeing the optimal result in the intervention processes.

**KEYWORDS:** Conservation-Restoration, In situ conservation, Earth mortar, Replacement oil mortar, Wall lining

## ÍNDIX

|          |                                                                                                    |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCCIÓ</b> .....                                                                           | <b>9</b>  |
| <b>2</b> | <b>OBJECTIUS</b> .....                                                                             | <b>11</b> |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA</b> .....                                                                           | <b>14</b> |
| <b>4</b> | <b>MATERIALS I TÈCNiques ANALÍTIQUES</b> .....                                                     | <b>17</b> |
| 4.1      | Materials utilitzats en les provetes .....                                                         | 17        |
| 4.2      | Proporcions i procés d'elaboració.....                                                             | 20        |
| 4.2.1    | Experimentació inicial amb provetes de morter de terra .....                                       | 20        |
| 4.2.2    | Segona fase de l'experimentació amb les provetes de morters de reposició.....                      | 24        |
| 4.3      | Tècniques d'anàlisi i assajos.....                                                                 | 27        |
| 4.3.1    | Anàlisi granulomètrica .....                                                                       | 27        |
| 4.3.2    | Anàlisi químic-mineralògica per espectroscòpia d'infraroig amb transformada de Fourier (FTIR)..... | 27        |
| 4.3.3    | Determinació del residu insoluble després de l'assaig de l'atac àcid .....                         | 27        |
| 4.3.4    | Caracterització morfològica mitjançant microscòpia òptica .....                                    | 28        |
| 4.3.5    | Assaig d'absorció d'una gota d'aigua .....                                                         | 28        |
| 4.3.6    | Determinació de la duresa superficial.....                                                         | 28        |
| 4.3.7    | Assaig de determinació de la porositat.....                                                        | 29        |
| <b>5</b> | <b>RESIDÈNCIA FORTIFICADA DE SANT JAUME (ALCANAR, MONTSIÀ)</b> .....                               | <b>31</b> |
| 5.1      | Localització geogràfica .....                                                                      | 31        |
| 5.2      | Context històric de la primera edat del ferro a les Terres del Sènia .....                         | 33        |
| 5.3      | Complex Sant Jaume .....                                                                           | 34        |
| 5.4      | Sant Jaume.....                                                                                    | 38        |
| <b>6</b> | <b>ESTAT DE CONSERVACIÓ DE LES ESTRUCTURES</b> .....                                               | <b>45</b> |
| 6.1      | Factors de deteriorament, patologies i intervencions generals .....                                | 45        |
| 6.2      | Estat de conservació de l'àmbit A5 .....                                                           | 48        |
| <b>7</b> | <b>INVESTIGACIÓ EXPERIMENTAL I ANÀLISI</b> .....                                                   | <b>55</b> |
| 7.1      | Caracterització del morter original .....                                                          | 55        |
| 7.1.1    | Localització i descripció de les mostres.....                                                      | 55        |
| 7.1.2    | Anàlisi granulomètrica .....                                                                       | 58        |
| 7.1.3    | Anàlisi químic-mineralògica per espectroscòpia d'infraroig amb transformada de Fourier (FTIR)..... | 60        |
| 7.1.4    | Determinació del residu insoluble després de l'assaig de l'atac àcid .....                         | 62        |
| 7.1.5    | Discussió dels resultats de la caracterització del morter original .....                           | 62        |
| 7.2      | Experimentació amb morters de reposició .....                                                      | 64        |
| 7.2.1    | Estat de la qüestió de l'ús de morters de terra en Sant Jaume.....                                 | 64        |
| 7.2.2    | Experimentació inicial amb provetes de morter de terra .....                                       | 67        |

|           |                                                                                                    |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.2.2.1   | Característiques de les provetes inicials .....                                                    | 69         |
| 7.2.3     | Segona fase de l'experimentació amb les provetes de morters de reposició.....                      | 81         |
| 7.2.3.1   | Característiques de les provetes estudiades .....                                                  | 84         |
| 7.2.4     | Anàlisi fisicoquímica dels morters elaborats en la segona fase de l'experimentació.....            | 85         |
| 7.2.4.1   | Caracterització morfològica mitjançant microscòpia òptica .....                                    | 85         |
| 7.2.4.2   | Assaig d'absorció d'una gota d'aigua.....                                                          | 90         |
| 7.2.4.3   | Determinació de la duresa superficial .....                                                        | 93         |
| 7.2.4.4   | Assaig de determinació de la porositat.....                                                        | 95         |
| 7.2.5     | Divulgació de la investigació.....                                                                 | 98         |
| <b>8</b>  | <b>DISCUSSIÓ .....</b>                                                                             | <b>101</b> |
| <b>9</b>  | <b>CONCLUSIONS .....</b>                                                                           | <b>105</b> |
| <b>10</b> | <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>                                                                           | <b>108</b> |
| <b>11</b> | <b>ÍNDIX D'IMATGES .....</b>                                                                       | <b>115</b> |
| <b>12</b> | <b>ANNEXOS .....</b>                                                                               | <b>124</b> |
| 12.1      | Annex I. Relació del treball amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible .....                 | 124        |
| 12.2      | Annex II. Anàlisi granulomètrica del sediment groc del jaciment.....                               | 126        |
| 12.3      | Annex III. Caracterització del morter original .....                                               | 126        |
| 12.4      | Annex IV. Característiques de les provetes de morter inicials amb oli d'oliva .....                | 128        |
| 12.5      | Annex V. Característiques de les provetes de morter inicials amb oli de llinosa.....               | 130        |
| 12.6      | Annex VI. Resultats del segon conjunt de provetes de morter de reposició .....                     | 132        |
| 12.7      | Annex VII. Anàlisi fisicoquímica dels morters elaborats en la segona fase de l'experimentació..... | 137        |
| 12.8      | Annex VIII. Característiques del segon conjunt de provetes de morter amb oli d'oliva.....          | 138        |
| 12.9      | Annex IX. Característiques del segon conjunt de provetes de morter amb oli de llinosa.....         | 142        |
| <b>13</b> | <b>AGRAÏMENTS.....</b>                                                                             | <b>147</b> |





## 1. INTRODUCCIÓ

## 1 INTRODUCCIÓ

La intenció d'aquest projecte naix de la voluntat d'aprofundir en l'estudi comparatiu de les característiques fisicoquímiques dels morters de reposició, concretament dels morters amb oli d'origen vegetal. En aquest sentit, s'exposen els resultats obtinguts de la investigació i experimentació de diferents propostes que puguin aplicar-se als murs del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià) durant els pròxims treballs de conservació-restauració. Per a poder complir aquest objectiu es determinen els principals factors de deteriorament que afecten a la conservació del jaciment, es reconeixen les característiques químiques i mineralògiques del morter original i s'avalua el comportament de les provetes dels morters de reposició a través d'assajos al laboratori. Amb açò, es pretén identificar possibles mancances de les proporcions, corregir-les per a garantir la idoneïtat i la durabilitat tant dels materials com de les tècniques utilitzades en els processos de restauració.

Aquest treball es proposa complementar la investigació realitzada pel Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica de la Universitat de Barcelona, que centra el seu estudi al voltant del Complex Sant Jaume. El seu punt d'inici es troba en l'interès dels membres per l'ús de la terra com a material per a l'elaboració de morters de reposició. Com a conseqüència, les restauradores realitzen durant les campanyes anteriors un volum considerable de proves de morter de terra efectuades in situ. A partir d'ací, es revisa tota la informació disposada a l'abast procedent de les fitxes d'intervenció, els inventaris de mostres i els quaderns de camp per tal d'organitzar el desenvolupament del treball. A continuació, es realitza un primer contacte amb aquests tipus de morters al laboratori mitjançant el disseny, elaboració i estudi del conjunt de provetes inicial. Gràcies al procés i els resultats extrets d'aquesta fase preliminar es redacta un article amb el títol *Estudi comparatiu de morters de reposició per a la conservació i restauració in situ a la residència fortificada de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*, el qual es va presentar en les II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre celebrat a Tortosa<sup>1</sup>.

Arran de l'aproximació a la preparació dels morters de terra, s'amplien les variables en la seua formulació aprofundint en les característiques del seu comportament i, així, tractar d'afinar en l'obtenció d'un material capaç de preservar correctament les restes arqueològiques. Cal assenyalar la importància que té la caracterització i la conservació dels morters, atenent a l'avenç tecnològic en l'àmbit constructiu que van suposar el descobriment de la capacitat de certes matèries d'aglomerar, endurir-se i esdevindre un producte amb l'aspecte d'un material petri natural<sup>2</sup>. Així doncs, el mateix transcurs del treball genera l'impuls per a continuar amb l'experimentació d'altres materials que puguin servir com a additius dels morters de terra.

---

<sup>1</sup> ROCA CABEDO, Mercé. Estudi comparatiu de morters de reposició per a la conservació i restauració in situ a la residència fortificada de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

<sup>2</sup> ONTIVEROS ORTEGA, Esther, ÁLVAREZ GALINDO, José Ignacio. Recomendaciones técnicas para el estudio de morteros. A: *PH. Programa de normalización de estudios previos aplicado a bienes inmuebles*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2006. pàg. 94



## 2. OBJECTIUS

## 2 OBJECTIUS

L'objectiu general d'aquesta investigació és l'estudi comparatiu de les característiques fisicoquímiques dels morters de reposició aplicats en el jaciment Sant Jaume-Mas d'en Serrà, amb la finalitat d'identificar les possibles mancances, corregir-les i/o proposar millores per a poder garantir la idoneïtat dels materials utilitzats en el procés d'intervenció.

Per a dur a terme aquest propòsit se segueixen els objectius específics següents:

- Identificar el context històric de l'arquitectura per a comprendre els detalls de la seua construcció i del seu ús durant el període d'ocupació.
- Determinar els principals factors de deteriorament, la qual cosa permet diagnosticar l'estat de conservació que actualment presenta.
- Reconèixer les característiques químiques i mineralògiques del morter que es conserva en els murs del jaciment.
- Avaluar les característiques fisicoquímiques dels morters de reposició mitjançant assajos en el laboratori.
- Examinar les prestacions oferides pels morters analitzats mitjançant una comparació dels resultats de les proves per a implementar-les durant les pròximes campanyes de conservació-restauració.

A més, es pren com a referència l'Agenda 2030 de Desenvolupament Sostenible, que va estar aprovada l'any 2015 per l'Organització de les Nacions Unides. Aquest acord està format per una recopilació de 17 objectius on es detallen diferents aspectes a millorar des de les qüestions entorn a l'educació, la defensa de la natura fins a la gestió eficient de la tecnologia. Concretament, i en relació amb els objectius establerts, aquesta investigació està alineada amb les metes dels ODS relacionats amb l'àmbit de la conservació-restauració dels béns culturals i la sostenibilitat:

- 11.4. Ciutats i comunitats sostenibles. Augmentar els esforços per a protegir i tindre cura del patrimoni natural i cultural del món.
- 12.2. Producció i consum responsables. Aconseguir la gestió sostenible i l'ús eficient dels recursos naturals.
- 12.5. Producció i consum responsables. Reduir considerablement la generació de residus mitjançant activitats de prevenció, reducció, reciclat i reutilització<sup>3</sup>.

A més dels objectius prèviament esmentats, i en relació amb la protecció del patrimoni, s'han de centrar els esforços en divulgar i donar a conèixer el patrimoni arqueològic adaptant-se als diferents tipus d'activitat, com puguin ser ponències, publicacions científiques i visites guiades als jaciments. D'aquesta manera, tractar que la societat tinga un paper actiu en aquesta tasca perquè la seua participació és clau per al manteniment de l'activació patrimonial<sup>4</sup>.

Pel que fa als objectius relacionats amb la producció i consum responsables, i tenint en compte la situació de crisi climàtica i l'actual deficient gestió dels recursos naturals, es pretén apostar per l'ús de materials que suposen el menor impacte possible en el medi ambient. La tipologia dels morters escollida tracta de mantindre's sostenible mitjançant l'aprofitament dels residus generats per les indústries agrícoles i tèxtils i obrir la via en un futur per a ampliar aquesta experimentació adaptant-se als recursos més propers i abundants al lloc de la intervenció. A més, la selecció d'aquests materials evitaria utilitzar productes

<sup>3</sup> ORGANITZACIÓ DE LES NACIONS UNIDES. *Objectius de desenvolupament sostenible*.

<sup>4</sup> MARÇAL, Hèlia. *Participation and care*. València: Universitat Politècnica de València, 2021.

contaminants i amb cert grau de toxicitat que suposen un risc per a l'entorn, atenent a la situació del jaciment, així com per a les persones encarregades de manipular-los.



### 3. METODOLOGIA

### 3 METODOLOGIA

La metodologia d'aquesta investigació es divideix en quatre apartats, atenent a la feina realitzada en cada bloc. En primer lloc, es porta a terme una fase d'investigació documental, on s'estudien les fonts bibliogràfiques. A continuació, es realitza una investigació de camp en el propi jaciment, on s'organitza i estudia la feina efectuada in situ, la qual està estretament vinculada amb la fase experimental en el laboratori per a avaluar les propietats fisicoquímiques dels morters. Finalment, el projecte conclou fent valer del conjunt arqueològic a través de la divulgació. Tot seguit, es detallen cadascuna de les fases esmentades:

#### Investigació documental

- Recerca d'articles i publicacions efectuades pel Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica (GRAP, Universitat de Barcelona) en repositoris en línia, actes de congressos i monogràfics sobre l'estudi del jaciment, el desenvolupament de les campanyes d'excavació i la interpretació del lloc.
- Revisió de les dades en relació al treball de conservació-restauració de l'assentament, incloent referències extretes d'altres intervencions amb característiques similars.
- Ampliació de la informació al voltant de la bioconstrucció i l'ús d'oli com a additiu de morters de terra.

#### Treball de camp

- Estudi i diagnòstic de l'estat de conservació dels murs del jaciment per a conèixer els factors ambientals que determinen el seu deteriorament.
- Experimentació de la dosificació i granulometries dels materials durant les campanyes d'intervenció, amb la finalitat de crear un inventari de morters.
- Aplicació de les mostres escollides als murs del jaciment, registre i descripció del seu comportament a curt termini.
- Organització de les tasques efectuades al jaciment i selecció de les mostres de morter més rellevants per al seu estudi.

#### Fase experimental

- Estudi granulomètric i químic del morter original dels murs.
- Elaboració de dos conjunts de provetes en base a la caracterització del morter original.
- Examen textural mitjançant microscòpia òptica i determinació de les característiques fisicoquímiques dels morters de reposició en relació amb el morter original, a través de l'avaluació del comportament hídric i de les seues propietats mecàniques.
- Comparació dels resultats obtinguts en les provetes respecte els testimonis de referència per avaluar el deteriorament i els canvis produïts.

#### Divulgació del coneixement

Atenent a l'oportunitat que suposa treballar amb el Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica, es considera rellevant destacar la feina que els seus membres porten a terme més enllà de la investigació, l'estudi i conservació del conjunt arquitectònic i dels objectes que se n'extrauen. En aquest sentit es vol remarcar les tasques de divulgació que també es realitzen en el si de l'equip. La transmissió del coneixement i valoració de l'objecte d'estudi es dona amb la intenció de generar l'apropiació social dels

valors patrimonials, la qual està relacionada amb comprendre i gaudir de manera responsable del bé<sup>5</sup>. Per tant, el contacte amb les poblacions més properes permetrà fer-les partícips de la seua protecció, fet que evitaria en part la pèrdua d'identificació patrimonial del jaciment.

- Exposició dels treballs d'intervenció realitzats i de l'experimentació amb els morters de terra a través de conferències, comunicacions i articles científics.
- Adaptació de la informació generada durant els treballs d'excavació i conservació-restauració del jaciment per a un format adequat a les xarxes socials i mitjans de comunicació locals.
- Organització de visites guiades on s'apel·le a la conscienciació sobre la importància de protegir el patrimoni cultural.
- Elaboració d'activitats teòrico-pràctiques dirigides a l'alumnat de primària i secundària que fomenten la reflexió i la comprensió dels aspectes constructius durant la protohistòria, mitjançant l'elaboració de provetes de morter i maquetes de xicotet format.

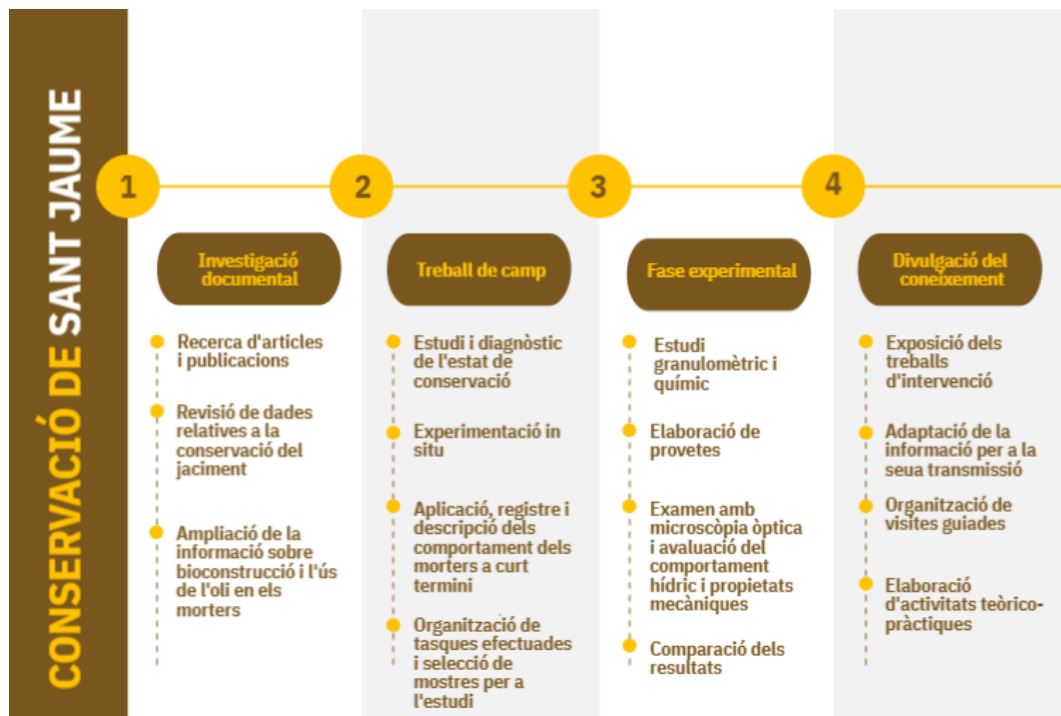


Figura 1. Diagrama de flux de les fases metodològiques del treball. Font: Imatge de l'autora (Piktochart).

<sup>5</sup> GÁNDARA VÁZQUEZ, Manuel et al. Metodología para la evaluación de la divulgación en sitios patrimoniales y museos. Primeros resultados. A: *Estudios sobre conservación, restauración y museología*. México D.F.: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía del Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2015. Vol. 2. pàg. 49-50





#### 4. MATERIALS I TÈCNIQUES ANALÍTIQUES

## 4 MATERIALS I TÈCNiques ANALÍTIQUES

### 4.1 Materials utilitzats en les provetes

A partir de la caracterització de les mostres de morter original i prenent com a referència l'experimentació amb morters de terra aplicats in situ durant les campanyes anteriors, els materials i les proporcions dels quals es detallen posteriorment (veure apartats 7.1. *Caracterització del morter original* i 6.2. *Estat de conservació de l'àmbit A5*, respectivament), s'elaboren diferents provetes de morter de reposició. En total, es preparen un conjunt de provetes inicials, d'on s'extrauen els primers resultats que orienten la preparació del segon conjunt de provetes.

Els materials utilitzats durant l'experimentació tenen com a component principal el sediment extret de l'interior dels àmbits de Sant Jaume. Es tracta d'un estrat de tonalitat groguenca que prové dels materials usats per a la construcció de les estances, el qual es troba entre les capes d'enderroc. Aquest s'ha utilitzat per a l'elaboració de morters de reposició anteriorment per la seua plasticitat en estat humit, com a conseqüència de la presència considerable d'argiles. El sediment se sotmet a un processat previ, que consisteix en la disgregació i tamisat del material seguint els passos per a efectuar l'anàlisi granulomètrica detallada a continuació (veure 4.3.1. *Anàlisi granulomètrica*). Una part del volum total de sediment s'analitza per tal de conèixer la seua distribució, en la Figura 2 es mostra el gràfic resultant<sup>6</sup>.

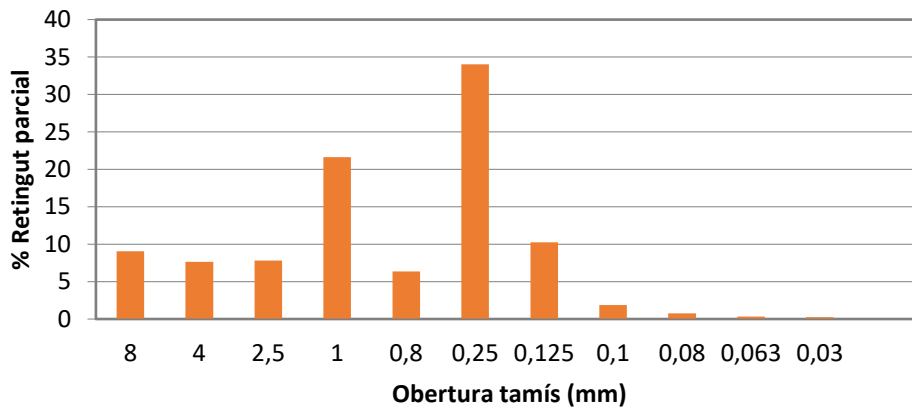


Figura 2. Percentatge de la massa retinguda parcial del sediment groc del jaciment. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).

Les fraccions granulomètriques més abundants corresponen a les dimensions d'àrid d'1 mm i 0,250 mm, les quals també destaquen en les dues mostres analitzades del morter original. En aquest cas, el percentatge de la fracció superior a 8 mm és major respecte els resultats obtinguts en les mostres de morters original, tal com s'exposa en l'apartat 7.1.2. *Anàlisi granulomètrica*.

En concret, per a l'elaboració de les provetes estudiades en aquesta investigació es tamisa el sediment per tal d'obtenir la fracció compresa entre 4 mm i <63 µm. S'eliminen així les partícules de majors dimensions corresponents a sorres gruixudes i graves, per a utilitzar la fracció relativa a sorres, llims i argiles amb la intenció d'aconseguir una textura fina semblant a la del revestiment. El procés de garbellat

<sup>6</sup> Veure Annex II. *Anàlisi granulomètrica del sediment groc del jaciment*. Taula 1. Anàlisi granulomètrica desglossada del sediment groc del jaciment.

i la distribució granulomètrica del sediment es mostren en les Figures 3 i 4. Per tal d'activar la capacitat aglomerant de l'argila s'utilitza l'aigua, que permet dotar-la de plasticitat en estat humit<sup>7</sup>.



Figura 3. Procés de tamisat del sediment groc del jaciment. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 4. Divisió del sediment groc del jaciment en fraccions granulomètriques. Font: Fotografia de l'autora.

A més, s'afegeixen dos olis diferents amb l'objectiu de comparar el seu comportament: l'oli d'oliva d'ús alimentari i oli de llinosa purificat (Titan). En aquesta investigació es prepara morter de terra amb oli d'oliva i morter de terra amb oli de llinosa, és a dir, un oli no assecant i un assecant, característica que ve determinada per l'índex de iode que reacciona amb els dobles enllaços, de manera que els olis assecants tenen l'índex amb un valor més elevat<sup>8</sup>. Per una altra banda, els olis assecants estan compostats majoritàriament per àcids grassos insaturats, com s'observa en la Taula 1. A més, aquests olis que presenten una major quantitat d'enllaços dobles tenen la capacitat de formar una pel·lícula que s'endureix a través d'un procés d'oxidació i polimerització mitjançant el qual, les molècules de triglicèrids s'uneixen formant una estructura polimèrica complexa amb cert grau de reticulació<sup>9</sup>.

Taula 1. Contingut d'àcids grassos de l'oli d'oliva i l'oli de llinosa. Font: Bueno Ferrer, Carmen. *Bio-compuestos termoplásticos basados en aceites vegetales. Estudio de su aplicabilidad al envasado de alimentos.*

| ÀCIDS GRASSOS            |                | OLI D'OLIVA | OLI DE LLINOSA |
|--------------------------|----------------|-------------|----------------|
| Àcids grassos saturats   | Àcid oleic     | 71,1        | 19,1           |
|                          | Àcid linoleic  | 10,0        | 15,3           |
|                          | Àcid linolènic | 0,6         | 56,6           |
| Àcids grassos insaturats | Àcid palmític  | 13,7        | 5,5            |
|                          | Àcid esteàric  | 2,5         | 3,5            |
| Índex de iode            |                | 84-86       | 168-204        |

<sup>7</sup> MINKE, Gernot. *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* 2ª edició. Uruguay: Editorial Fin de Siglo, 2005. pàg. 23-24

<sup>8</sup> BUENO FERRER, Carmen. *Bio-compuestos termoplásticos basados en aceites vegetales. Estudio de su aplicabilidad al envasado de alimentos.* Jiménez Migallón, Alfonso i Garrigós Selva, María del Carmen (dir.). Tesi doctoral, Universitat d'Alacant, 2012. pàg. 15-19

<sup>9</sup> DOMÉNECH CARBÓ, María Teresa. *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales.* València: Editorial Universitat Politècnica de València, 2013. pàg. 206-214

Habitualment, en la bibliografia es menciona l'addició d'àrid per a tractar de regular el procés d'assecat i evitar l'aparició d'esquerdes originades per la retracció, encara que també se cita la substitució d'aquest per fibres vegetals i animals, i matèries minerals<sup>10</sup>. En aquesta investigació s'elegeixen tres tipus de fibres d'origen vegetal diferents, la primera obtinguda a través d'un procés fisicoquímic i les altres dues mitjançant principalment un tractament mecànic de pentinat i filat, les quals es mostren en la Figura 5. En primer lloc s'experimenta amb l'Arbocel® BC200, un producte comercial fabricat a partir de la polpa de cel·lulosa. S'utilitza majoritàriament en els processos de neteja de superfícies per la bona capacitat de retindre l'aigua com a conseqüència de la seua naturalesa hidròfila<sup>11</sup>. També es proven els fils de lli a partir del desfilat d'un teixit, les fibres del qual s'obtenen del processat de les tiges del *Linum usitatissimum*<sup>12</sup>. L'elecció del lli es recolza a més en la detecció de llavors d'aquesta planta en el jaciment, qüestió que es relacionaria amb l'obtenció de les fibres per a elaborar teixits atenent a la nombrosa quantitat de pesos de teler recuperats<sup>13</sup>. Per tant, resulta interessant l'aplicació in situ d'aquest material probablement utilitzat pels habitants, encara que es defuig de la intenció de crear un fals històric. Açò vol dir que en tot moment es diferencia l'ús aparent que tindria aquest material en el context d'ocupació de l'assentament a través de les actuals interpretacions arqueològiques, respecte la funció donada en l'actual experimentació. Per últim, s'elaboren provetes amb fibres de corda de sisal, extretes de les fulles de les plantes del gènere *Agave sisalana*<sup>14</sup>. Tant les fibres de lli com les fibres de corda de sisal estan compostades per cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina. En ambdós casos, els filaments es tallen en seccions d'uns 0,5 cm per tal de facilitar la manipulació i la seua incorporació en el morter, com es mostra en les Figures 6 i 7.



Figura 5. Fibres vegetals: corda de sisal, lli i Arbocel® BC200. Font: Fotografia de l'autora.

<sup>10</sup> MINKE, Gernot. *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. 2ª edició. Uruguay: Editorial Fin de Siglo, 2005. pàg. 48

<sup>11</sup> L' Arbocel® BC200 ((C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>) és una càrrega inert usada en els materials petris i frescos per la seua capacitat per a retindre l'aigua i certs dissolvents. La varient utilitzada en l'experimentació té una llargària mitjana de les fibres de 300 µ. GRUPO ESPAÑOL DE CONSERVACIÓN (GE-IIC). *Arbocel® BC 1000, BC 200, BWW 40*.

<sup>12</sup> GRUPO ESPAÑOL DE CONSERVACIÓN (GE-IIC). *Tejidos y fibras populares*. pàg. 3

<sup>13</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Productive power during the Early Iron Age (c. 650-575 BC) at the Sant Jaume Complex (Alcanar, Catalonia, Spain). A: GLEBA, Margarita, MARÍN-AGUILERA, Beatriz i DIMOVA, Bela. *Making cities. Economies of production and urbanization in Mediterranean Europe, 1000-500 BC*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, 2021. pàg. 390

<sup>14</sup> MARTÍN SENDRA, Aida. *Estudio comparativo de fibras naturales para reforzar hormigón*. Vercher Sanchis, José María (dir.). Treball de Fi de Grau. Grau en Fonaments de l'Arquitectura, Universitat Politècnica de València, 2020. pàg. 35-40



Figura 6. Fibres de corda de sisal tallades. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 7. Fibres de lli tallades. Font: Fotografia de l'autora.

En darrer lloc, en certes provetes s'utilitza l'àrid silici amb una granulometria d'1,5 mm per tal de reproduir un dels morters de terra que més es fa servir en les consolidacions de Sant Jaume, les proporcions del qual s'exposen en la Taula 8 (apartat 6.2. *Estat de conservació de l'àmbit A5*). Tot i que, la intenció és aprofundir en el comportament de les fibres vegetals, es pretén elaborar unes provetes de referència per a poder-les comparar.

## 4.2 Proporcions i procés d'elaboració

### 4.2.1 Experimentació inicial amb provetes de morter de terra

Per a l'elaboració de les provetes inicials de morter, es mescla el sediment groc tamisat amb l'oli vegetal al 18%. L'elecció d'un percentatge elevat d'oli respon a la intenció d'experimentar les característiques d'un morter d'aquest tipus, perquè fins al moment només s'havien utilitzat valors d'entre el 3-5% durant les proves de morter preparades al jaciment. Altrament, es pretén reduir la pulverulència detectada en els morters per reforçar-los, tractant d'estimar un interval més ampli d'incorporació d'aquest additiu sense que supose un risc per a l'estructura. A continuació, s'incorpora l'aigua a poc a poc fins que s'aconsegueix una textura homogènia. Per tal de facilitar la hidratació de les argiles i evitar l'assecat de la barreja durant el temps de curació, s'afegeix una quantitat addicional d'aigua. El mateix procediment se segueix per a preparar les provetes amb oli d'oliva i les d'oli de llinosa. Els materials i les proporcions d'aquests morters, que s'empra com a la base de la barreja, es descriuen en la Taula 2.

Taula 2. Materials i proporcions de les matrius de morters inicials de terra amb oli d'oliva i oli de llinosa.

| TIPUS DE MATRIU                           | MATERIALS I PROPORCIONS                                                                                                                |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Morter de terra amb oli d'oliva</b>    | 500 ml sediment groc (0,4 mm - <63 µm)<br>18% oli d'oliva (90 ml)<br>90 ml aigua per homogeneïtzar<br>100 ml aigua per a la curació    |
| <b>Morter de terra amb oli de llinosa</b> | 500 ml sediment groc (0,4 mm - <63 µm)<br>18% oli de llinosa (90 ml)<br>90 ml aigua per homogeneïtzar<br>100 ml aigua per a la curació |

Una vegada es barregen els materials, es deixen que aquestes matrius reposen durant 24 hores. Cada mescla s'estén ajudant-se d'un cilindre en una capa d'aproximadament 1 cm de gruix i es divideix en peces de 5 x 5 cm utilitzant una plantilla d'acetat, tal com es pot veure en les Figures 8 i 9. A continuació, a cada proveta se li afegeix el percentatge determinat de fibres que varia entre 25%, 50% i 75% respecte volum de la matriu utilitzat, els quals corresponen respectivament als volums aproximats de 5 ml, 10 ml i 15 ml. Quan la pasta té incorporades les fibres de manera homogènia evitant aglomerats, es torna a donar una forma quadrada manualment modelant-la amb l'ajuda d'una espàtula metàl·lica.



Figura 8. Procés d'elaboració de provetes: làmina de morter amb oli d'oliva. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 9. Procés d'elaboració de provetes: tallat en peces de 5 x 5 cm de morter amb oli d'oliva. Font: Fotografia de l'autora.

El mateix procediment se segueix per a les reproduccions del morter de terra amb àrid utilitzat en les darreres campanyes. Les distribucions dels materials i les proporcions que conformen cada proveta amb oli d'oliva es detallen a la Taula 3, com també l'abreviatura que s'usa per a referenciar cada peça.

Taula 3. Materials i proporcions de les provetes inicials de morter de terra amb oli d'oliva, fibres vegetals i àrid silici.

| TIPUS DE PROVETES DE MORTER                                           | REFERÈNCIA  | MATERIALS I PROPORCIONS                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mortor amb oli d'oliva sense fibres</b>                            | M1-OL-SF    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva                                                                          |
| <b>Mortor amb oli d'oliva i Arbocel® BC200</b>                        | M1-OL-25ARB | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% Arbocel® BC200 (0,39 g)                                           |
|                                                                       | M1-OL-50ARB | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% Arbocel® BC200 (0,78 g)                                           |
|                                                                       | M1-OL-75ARB | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% Arbocel® BC200 (0,69 g)                                           |
| <b>Mortor amb oli d'oliva i fibres de lli</b>                         | M1-OL-25L   | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% fibres de lli (0,23 g)                                            |
|                                                                       | M1-OL-50L   | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% fibres de lli (0,46 g)                                            |
|                                                                       | M1-OL-75L   | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% fibres de lli (0,69 g)                                            |
| <b>Mortor amb oli d'oliva i fibres de corda de sisal</b>              | M1-OL-25S   | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% fibres de corda de sisal (0,30 g)                                 |
|                                                                       | M1-OL-50S   | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% fibres de corda de sisal (0,60 g)                                 |
|                                                                       | M1-OL-75S   | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% fibres de corda de sisal (0,90 g)                                 |
| <b>Mortor amb oli d'oliva i àrid silici</b>                           | M1-OL-AR    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>30 ml àrid silici d'1,5 mm                                            |
| <b>Mortor amb oli d'oliva, àrid silici i fibres de corda de sisal</b> | M1-OL-AR-S  | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>30 ml àrid silici d'1,5 mm<br>44,2% fibres de corda de sisal (0,53 g) |

A continuació, es detallen les distribucions utilitzades en les provetes de morter de terra amb oli de llinosa, les quals s'exposen a la Taula 4.

Taula 4. Materials i proporcions de les provetes inicials de morter de terra amb oli de llinosa, fibres vegetals i àrid silici.

| TIPUS DE PROVETES DE MORTER                                              | REFERÈNCIA   | MATERIALS I PROPORCIONS                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Morter amb oli de llinosa sense fibres</b>                            | M1-LLI-SF    | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa                                                                          |
| <b>Morter amb oli de llinosa i Arbocel® BC200</b>                        | M1-LLI-25ARB | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% Arbocel® BC200 (0,39 g)                                           |
|                                                                          | M1-LLI-50ARB | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% Arbocel® BC200 (0,78 g)                                           |
|                                                                          | M1-LLI-75ARB | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% Arbocel® BC200 (0,69 g)                                           |
| <b>Morter amb oli de llinosa i fibres de lli</b>                         | M1-LLI-25L   | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% fibres de lli (0,23 g)                                            |
|                                                                          | M1-LLI-50L   | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% fibres de lli (0,46 g)                                            |
|                                                                          | M1-LLI-75L   | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% fibres de lli (0,69 g)                                            |
| <b>Morter amb oli de llinosa i fibres de corda de sisal</b>              | M1-LLI-25S   | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% fibres de corda de sisal (0,30 g)                                 |
|                                                                          | M1-LLI-50S   | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% fibres de corda de sisal (0,60 g)                                 |
|                                                                          | M1-LLI-75S   | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% fibres de corda de sisal (0,90 g)                                 |
| <b>Morter amb oli de llinosa i àrid silici</b>                           | M1-LLI-AR    | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>30 ml àrid silici d'1,5 mm                                            |
| <b>Morter amb oli de llinosa, àrid silici i fibres de corda de sisal</b> | M1-LLI-AR-S  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>30 ml àrid silici d'1,5 mm<br>44,2% fibres de corda de sisal (0,53 g) |



#### 4.2.2 Segona fase de l'experimentació amb les provetes de morters de reposició

Una vegada avaluades les característiques de les provetes inicials, es decideix continuar experimentant amb les fibres de lli i les fibres de corda de sisal perquè donen els millors resultats. A més, en la segona fase d'experimentació es preparen tres proporcions de cada tipus d'oli per tal d'analitzar i comparar el seu comportament. Per tant, al sediment groc se li afegeix una quantitat baixa, mitjana i elevada d'olis vegetals, en aquest cas s'escullen els percentatges del 3%, 10% i 18%.

El procediment d'elaboració de la fase experimental prèvia es repeteix per als dos conjunts de provetes d'aquesta segona part. Cada tipus de morter es prepara seguint les proporcions descrites en la Taula 5 i posteriorment es deixen curar durant 24 hores per tal que l'argila estiga totalment hidratada.

Taula 5. Materials i proporcions de les matrius de morters de terra amb oli d'oliva i oli de llinosa usades en la segona fase de l'experimentació.

| TIPUS DE MATRIU                           |                                | MATERIALS I PROPORCIONS                                                                                                                  |
|-------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MORTER DE TERRA AMB OLI D'OLIVA</b>    | Morter al 3% d'oli d'oliva     | 140 ml sediment groc (0,4 mm - <63 µm)<br>3% oli d'oliva (4,20 ml)<br>50 ml aigua per homogeneïtzar<br>20 ml aigua per a la curació      |
|                                           | Morter al 10% d'oli d'oliva    | 140 ml sediment groc (0,4 mm - <63 µm)<br>10% oli d'oliva (14 ml)<br>50 ml aigua per homogeneïtzar<br>20 ml aigua per a la curació       |
|                                           | Morter al 18% d'oli d'oliva    | 140 ml sediment groc (0,4 mm - <63 µm)<br>18% oli d'oliva (25,20 ml)<br>50 ml aigua per homogeneïtzar<br>10 ml aigua per a la curació    |
| <b>MORTER DE TERRA AMB OLI DE LLINOSA</b> | Morter al 3% d'oli de llinosa  | 140 ml sediment groc (0,4 mm - <63 µm)<br>3% oli de llinosa (4,20 ml)<br>50 ml aigua per homogeneïtzar<br>10 ml aigua per a la curació   |
|                                           | Morter al 10% d'oli de llinosa | 140 ml sediment groc (0,4 mm - <63 µm)<br>10% oli de llinosa (14 ml)<br>40 ml aigua per homogeneïtzar<br>10 ml aigua per a la curació    |
|                                           | Morter al 18% d'oli de llinosa | 140 ml sediment groc (0,4 mm - <63 µm)<br>18% oli de llinosa (25,20 ml)<br>40 ml aigua per homogeneïtzar<br>10 ml aigua per a la curació |

A continuació es mesuren 40 g de cada barreja de morter i se li afegeix el percentatge corresponent de fibres, el qual pot ser del 25%, 50% o 75%. Els materials es mesclen amb l'ajuda d'una espàtula metàl·lica tractant que les fibres queden repartides de manera homogènia, per a finalment modelar provetes d'aproximadament 5 x 5 cm i 1 cm de gruix. En ambdós tipus d'olis la textura inicial del morter humit era més bé fluïda, especialment en les barreges amb un percentatge d'oli menor.

La composició de les provetes elaborades a partir de morter amb oli d'oliva es detallen seguidament en la Taula 6.

Taula 6. Materials i proporcions de les provetes de morter de terra amb oli d'oliva i fibres vegetals usades en la segona fase de l'experimentació.

| TIPUS DE PROVETES DE MORTER                        |                                                    | REFERÈNCIA                                         | MATERIALS I PROPORCIONS                                                        |                                                                                |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MORTER AL 3% D'OLI D'OLIVA</b>                  | Mortier amb oli d'oliva sense fibres               | M2-OL3-SF                                          | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva                                          |                                                                                |
|                                                    | Mortier amb oli d'oliva i fibres de lli            | M2-OL3-25L                                         | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% fibres de lli (0,30 g)            |                                                                                |
|                                                    |                                                    | M2-OL3-50L                                         | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% fibres de lli (0,60 g)            |                                                                                |
|                                                    |                                                    | M2-OL3-75L                                         | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% fibres de lli (0,90 g)            |                                                                                |
|                                                    |                                                    | Mortier amb oli d'oliva i fibres de corda de sisal | M2-OL3-25S                                                                     | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% fibres de corda de sisal (0,30 g) |
|                                                    | M2-OL3-50S                                         |                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% fibres de corda de sisal (0,60 g) |                                                                                |
|                                                    | M2-OL3-75S                                         |                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% fibres de corda de sisal (0,90 g) |                                                                                |
|                                                    | <b>MORTER AL 10% D'OLI D'OLIVA</b>                 | Mortier amb oli d'oliva sense fibres               | M2-OL10-SF                                                                     | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva                                          |
|                                                    |                                                    | Mortier amb oli d'oliva i fibres de lli            | M2-OL10-25L                                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% fibres de lli (0,30 g)            |
| M2-OL10-50L                                        |                                                    |                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% fibres de lli (0,60 g)            |                                                                                |
| M2-OL10-75L                                        |                                                    |                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% fibres de lli (0,90 g)            |                                                                                |
| Mortier amb oli d'oliva i fibres de corda de sisal |                                                    |                                                    | M2-OL10-25S                                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% fibres de corda de sisal (0,30 g) |
|                                                    |                                                    | M2-OL10-50S                                        | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% fibres de corda de sisal (0,60 g) |                                                                                |
|                                                    |                                                    | M2-OL10-75S                                        | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% fibres de corda de sisal (0,90 g) |                                                                                |
| <b>MORTER AL 18% D'OLI D'OLIVA</b>                 |                                                    | Mortier amb oli d'oliva sense fibres               | M2-OL18-SF                                                                     | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva                                          |
|                                                    |                                                    | Mortier amb oli d'oliva i fibres de lli            | M2-OL18-25L                                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% fibres de lli (0,30 g)            |
|                                                    | M2-OL18-50L                                        |                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% fibres de lli (0,60 g)            |                                                                                |
|                                                    | M2-OL18-75L                                        |                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% fibres de lli (0,90 g)            |                                                                                |
|                                                    | Mortier amb oli d'oliva i fibres de corda de sisal |                                                    | M2-OL18-25S                                                                    | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>25% fibres de corda de sisal (0,30 g) |
|                                                    |                                                    | M2-OL18-50S                                        | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>50% fibres de corda de sisal (0,60 g) |                                                                                |
|                                                    |                                                    | M2-OL18-75S                                        | 40 g matriu de morter amb oli d'oliva<br>75% fibres de corda de sisal (0,90 g) |                                                                                |

A la Taula 7 es descriu els materials i les proporcions que componen les provetes preparades amb morter d'oli de llinosa.

Taula 7. Materials i proporcions de les provetes de morter de terra amb oli de llinosa i fibres vegetals usades en la segona fase de l'experimentació.

| TIPUS DE PROVETES DE MORTER           |                                                       | REFERÈNCIA   | MATERIALS I PROPORCIONS                                                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MORTER AL 3% D'OLI DE LLINOSA</b>  | Mortier amb oli de llinosa sense fibres               | M2-LLI3-SF   | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa                                          |
|                                       | Mortier amb oli de llinosa i fibres de lli            | M2-LLI3-25L  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% fibres de lli (0,30 g)            |
|                                       |                                                       | M2-LLI3-50L  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% fibres de lli (0,60 g)            |
|                                       |                                                       | M2-LLI3-75L  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% fibres de lli (0,90 g)            |
|                                       | Mortier amb oli de llinosa i fibres de corda de sisal | M2-LLI3-25S  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% fibres de corda de sisal (0,30 g) |
|                                       |                                                       | M2-LLI3-50S  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% fibres de corda de sisal (0,60 g) |
|                                       |                                                       | M2-LLI3-75S  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% fibres de corda de sisal (0,90 g) |
| <b>MORTER AL 10% D'OLI DE LLINOSA</b> | Mortier amb oli de llinosa sense fibres               | M2-LLI10-SF  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa                                          |
|                                       | Mortier amb oli de llinosa i fibres de lli            | M2-LLI10-25L | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% fibres de lli (0,30 g)            |
|                                       |                                                       | M2-LLI10-50L | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% fibres de lli (0,60 g)            |
|                                       |                                                       | M2-LLI10-75L | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% fibres de lli (0,90 g)            |
|                                       | Mortier amb oli de llinosa i fibres de corda de sisal | M2-LLI10-25S | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% fibres de corda de sisal (0,30 g) |
|                                       |                                                       | M2-LLI10-50S | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% fibres de corda de sisal (0,60 g) |
|                                       |                                                       | M2-LLI10-75S | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% fibres de corda de sisal (0,90 g) |
| <b>MORTER AL 18% D'OLI DE LLINOSA</b> | Mortier amb oli de llinosa sense fibres               | M2-LLI18-SF  | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa                                          |
|                                       | Mortier amb oli de llinosa i fibres de lli            | M2-LLI18-25L | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% fibres de lli (0,30 g)            |
|                                       |                                                       | M2-LLI18-50L | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% fibres de lli (0,60 g)            |
|                                       |                                                       | M2-LLI18-75L | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% fibres de lli (0,90 g)            |
|                                       | Mortier amb oli de llinosa i fibres de corda de sisal | M2-LLI18-25S | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>25% fibres de corda de sisal (0,30 g) |
|                                       |                                                       | M2-LLI18-50S | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>50% fibres de corda de sisal (0,60 g) |
|                                       |                                                       | M2-LLI18-75S | 40 g matriu de morter amb oli de llinosa<br>75% fibres de corda de sisal (0,90 g) |

### 4.3 Tècniques d'anàlisi i assajos

#### 4.3.1 Anàlisi granulomètrica

A través de l'anàlisi granulomètrica se separa i quantifica les fraccions que componen les mostres de morter original estudiat amb la finalitat d'identificar la seua dosificació i la distribució granulomètrica. Per a obtenir aquesta informació se segueix la norma *UNE-EN 1015-1 Mètodes d'assaig del morters per a l'obra. Part 1: Determinació de la distribució granulomètrica (per tamisat)*<sup>15</sup>, la qual descriu la metodologia per a dur a terme l'assaig.

El procediment s'inicia en la introducció de les mostres en una estufa d'assecat durant 72 hores a 60°C per a eliminar la humitat que poden contenir. Tot seguit, es disgreguen les partícules d'àrid que el conformen a través del fregament d'una mà de morter sense exercir pressió fins que aquestes queden soltes. A continuació, es vessa cada una de les mostres en la torre de tamisos per a separar les fraccions de cada granulometria, la qual s'agita amb les mans fins que la massa que passa pel tamís és menor al 0,2% durant un minut tal com indica la normativa. Els tamisos utilitzats per a separar les fraccions de les mostres són: 8 mm, 4 mm, 2,5 mm, 1 mm, 0,8 mm, 0,250 mm, 0,125 mm, 0,1 mm, 0,08 mm i 0,063 mm. Finalment, es pesa la massa de la fracció retinguda en cada tamís amb una balança de precisió.

#### 4.3.2 Anàlisi químico-mineralògica per espectroscòpia d'infraroig amb transformada de Fourier (FTIR)

Amb el propòsit de determinar la composició químico-mineralògica de les fraccions de l'àrid i el lligam d'ambdós mostres de morters, es realitza l'anàlisi mitjançant espectroscòpia d'infraroig amb transformada de Fourier. Aquesta anàlisi quantitativa consisteix en la identificació de les fases minerals mostrades en els espectres obtinguts, i permet determinar la seua composició química i mineralògica a través de la interacció entre la radiació infraroja i la matèria de la mostra<sup>16</sup>. En aquest cas, es pren una xicoteta quantitat del material usat com a lligam i de l'àrid obtinguts de la separació de les diferents fraccions de l'estudi granulomètric. Per l'anàlisi s'utilitza l'equip Vertex 70 (Bruker Optics) treballant en el sistema de reflectància total atenuada (ATR) i amb un detector de FR-DTGS amb un recobriment per a l'estabilització de la temperatura, el qual permet un total de 32 rastrejos acumulats i una resolució de 4 cm<sup>-1</sup>. Aquesta modalitat permet realitzar l'anàlisi amb una quantitat de la mostra reduïda sense la necessitat de tractament previ<sup>17</sup>.

#### 4.3.3 Determinació del residu insoluble després de l'assaig de l'atac àcid

Per tal de conèixer el percentatge relatiu de carbonats i de material silícic (quars, silicats i minerals argilosos) que contenen les mostres, es duu a terme l'assaig de determinació del residu insoluble de l'atac àcid. Aquest procediment es fonamenta en la reacció que es produeix en entrar en contacte l'àcid clorhídric (HCl) amb el carbonat de calci (CaCO<sub>3</sub>), la qual genera efervescència alliberant diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i donant com a producte final aigua (H<sub>2</sub>O) i clorur de calci (CaCl<sub>2</sub>)<sup>18</sup>.

<sup>15</sup> AENOR. *UNE-EN 1015-1. Mètodes d'assaig del morters per a l'obra. Part 1: Determinació de la distribució granulomètrica (per tamisat)*. 1999.

<sup>16</sup> DOMÉNECH CARBÓ, María Teresa. *Anàlisi químico y examen científico de patrimonio cultural*. Madrid: Editorial Síntesis, 2018. pàg. 207-218.

<sup>17</sup> OSETE CORTINA, Laura. *Espectroscòpia infraroja FTIR*. Polimèdia. 2018.

<sup>18</sup> CLIMENT, María Teresa, GARCÍA, Begoña. *Cálculos estequiométricos: reacción entre carbonato de calcio y ácido clorhídrico*. Servei de Formació Permanent i Innovació Educativa (UV), 2012.

Per tant, es prenen porcions de les fraccions de morter original i es pesa la massa de cada mostra amb una balança. A continuació s'afegeix a poc a poc una dissolució d'àcid clorhídric i aigua amb una proporció d'1:3. Quan es mesclen la mostra i la dissolució es produeix una reacció d'efervescència, degut a la presència de carbonats. Després de la reacció total de l'àcid amb el material, es filtra fent passar la barreja per un filtre de paper, on es diposita el producte final de la reacció, la massa del qual es pesa una vegada estiga eixut. Amb aquests valors de la massa inicial i final, es calculen els percentatges de material carbonàtic i material silícic.

#### 4.3.4 Caracterització morfològica mitjançant microscòpia òptica

Amb la intenció d'identificar les característiques morfològiques dels morters, es realitza un examen mitjançant un microscopi estereoscòpic Leica® S8AP0 amb un interval d'augment d'entre x10 i x80, i un sistema fotogràfic digital per a l'obtenció de microfotografies a través de la càmera Leica® DMC 6200. Gràcies a aquest dispositiu s'observen i es registren les alteracions i el resultat obtingut després del procés d'endurit de les provetes trobades en la superfície i la secció transversal.

#### 4.3.5 Assaig d'absorció d'una gota d'aigua

L'assaig d'absorció d'una gota d'aigua està regulat per la norma *RILEM 25-PEM 1980. Recommendations provisoires. Essais recommandés pour mesurer l'altération des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement*<sup>19</sup>. Aquest proporciona informació sobre la porositat en relació amb la capacitat d'absorbir xicotetes quantitats d'aigua. En aquest cas les provetes no s'han preparat prèviament a aquest procés, el qual consisteix en dipositar tres gotes d'aigua amb una micropipeta descarregant en cadascuna una quantitat de 100 µL. Per tant l'assaig consisteix en comptabilitzar el temps que transcorre des que l'aigua entra en contacte amb la superfície fins la seua absorció<sup>20</sup>. Una vegada s'obtenen les tres mesures, es calcula el valor mitjà el qual es compara amb la resta per tal d'interpretar-los posteriorment.

#### 4.3.6 Determinació de la duresa superficial

Per aquest procediment s'utilitza un duròmetre *shore* de tipus D amb l'escala de duresa HD, el qual compta amb l'aprovació de les normes DIN 53505<sup>21</sup>, ASTM D 2240<sup>22</sup> i UNE 53130<sup>23</sup>, en concret s'utilitza el model HHTK-37D digital amb un rang de mesurament de 0-100 HD i una resolució de 0,5 HD. La determinació de la duresa superficial es realitza inserint la punta del dispositiu en la proveta mentre que s'exerceix una pressió lleugera. Amb açò s'obté un valor expressat en unitats de duresa HD, que fa referència a la resistència a la penetració que ofereix el material testat. En cada peça el procediment es repeteix deu voltes en diferents zones de la mateixa per a poder extraure un valor mitjà que siga representatiu de la seua totalitat<sup>24</sup>.

<sup>19</sup> RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS DES MATÉRIAUX. *Recommandations provisoires. Essais recommandés pour mesurer l'altération des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement*. A : RILEM TC 25-PEM. *Matériaux et Construction*, vol. 13, No. 75, 1980.

<sup>20</sup> BLASCO CALATAYUD, Raquel. *El aljibe de El Castellar. Análisis de un mortero de reposición*. Carrascosa Moliner, Begoña (dir.). Treball de Fi de Màster. Màster en Conservació i Restauració de Béns Culturals, Universitat Politècnica de València, 2015. pàg. 57

<sup>21</sup> EUROLAB. LABORATORY SERVICES. *DIN 53505 Caucho y elastómeros-Prueba de dureza Shore A y Shore D*.

<sup>22</sup> ASTM. *ASTM D2250-15 (2021). Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness*.

<sup>23</sup> UNE. NORMALIZACIÓN ESPAÑOLA. *UNE 53130:1971. Materiales plásticos. Determinación de la dureza shore A y D de los materiales plásticos y elastómeros vulcanizados*.

<sup>24</sup> PCE INSTRUMENTS. *Durómetro PCE-D (Shore D). Ficha técnica*.

#### 4.3.7 Assaig de determinació de la porositat

Aquest assaig es realitza a partir de la norma UNE-EN 1936<sup>25</sup>, la qual s'adapta a les característiques del format dels materials a analitzar. Les provetes es fragmenten en peces d'aproximadament 5 cm de llarg i 1,5 cm d'ample, les quals prèviament es pesen i es disposen en l'interior de la càmera de buit durant una hora. A continuació, s'introdueix aigua poc a poc per a afavorir l'absorció capil·lar fins a la saturació de les provetes cobrint totalment les peces, que es deixen submergides durant 24 hores. Una vegada ha transcorregut el temps, s'obté el pes baix l'aigua i el pes saturat d'aigua de les provetes que superen l'assaig. Amb el valor dels tres mesuraments es calcula el percentatge de porositat que presenta el material.

---

<sup>25</sup> UNE. NORMALIZACIÓN ESPAÑOLA. *UNE-EN 1936. Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la densidad real y aparente y de la porosidad abierta y total.*



**5. RESIDÈNCIA FORTIFICADA  
DE SANT JAUME  
(ALCANAR, MONTSIÀ)**

## 5 RESIDÈNCIA FORTIFICADA DE SANT JAUME (ALCANAR, MONTSIÀ)

### 5.1 Localització geogràfica

La residència fortificada de Sant Jaume es troba en el terme municipal d'Alcanar (Montsià, Tarragona), forma part de les Terres del Sènia que estan constituïdes per les comarques del Montsià, al sud de Catalunya, i del Baix Maestrat, al nord de la Comunitat Valenciana. Concretament, el jaciment està en l'àrea compresa entre les partides territorials de Bassa de Sant Jaume i Mas d'en Serrà, el qual s'ubica en un dels últims estreps de l'extrem sud-est de la serra del Montsià<sup>26</sup>.

Des de l'assentament es té un ampli camp de visió de la secció costanera emmarcada entre el Port dels Alfacs-Punta de la Banya del delta de l'Ebre (La Ràpita, Montsià) fins a la Serra d'Irta i Peníscola (Baix Maestrat) en direcció nord-est, est i sud-est. En direcció nord i nord-oest pren rellevància la depressió d'Ulldecona, on els barrancs que desemboquen en aquesta esdevindrien vies de comunicació naturals. Per una altra banda, a l'oest s'ubiquen els jaciments de la Cogula (Ulldecona), la Moleta del Remei (Alcanar), el Puig de la Nau (Benicarló) i el Puig de la Misericòrdia (Vinaròs), que s'exposaran seguidament. També hi és la Ferradura-Els Castelletes (Ulldecona), els indicis del qual apunten que sí hi hauria certa comunicació entre ambdós jaciments, tot i que no es pot veure des d'aquest (Figura 10)<sup>27</sup>.



Figura 10. Localització dels jaciments de les Terres del Sènia. Font: Arxiu del GRAP.

L'assentament es troba a 224 metres per damunt del nivell del mar, en la part superior d'un turó cònic amb el contorn ovalat i acabat en un altiplà, té poca alçada i una pendent pronunciada<sup>28</sup> (Figura 11). Aquest manté una distància de quasi 2 km respecte la línia de costa, i es troba a 5 km de la desembocadura del riu Sènia i a 20 km de la desembocadura del riu Ebre<sup>29</sup>. Açò sumat a altres cursos d'aigua propers, com

<sup>26</sup> GARCIA I RUBERT, David i GRACIA ALONSO, Francesc. Les darreres campanyes d'excavació al jaciment de la Primera Edat del Ferro de Sant Jaume-Mas d'en Serrà (Alcanar, Montsià). A: *Tribuna d'Arqueologia*, 2005. Vol. 2001-2002. pàg. 121-122

<sup>27</sup> Ídem.

<sup>28</sup> GARCIA I RUBERT, David. Localització i accessos. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 69

<sup>29</sup> Ídem.



ara barrancs, rambles i l'existència de xarxes fluvials subterrànies, suposarien una font de recursos per a les societats que habitaven la zona<sup>30</sup>.



Figura 11. Turó on s'ubica la residència fortificada de Sant Jaume. Font: Arxiu del GRAP.

Pel que fa al tipus de sòl de l'àrea d'Alcanar, hi ha presència de roques calcàries, margues i margocalcàries del Barremià originàries de dolomies i calcàries dolomititzades. Aquestes mitjançant processos de disgregació química i mecànica generen els sòls calcaris, que tendeixen a ser de composició bàsica<sup>31</sup>.

En l'actualitat i atenent a les característiques del terreny, predomina una vegetació d'arbustos i matolls, com per exemple el margalló (*Chamaerops humilis*) i l'argelaga (*Genista scorpius*). En relació amb l'agricultura, majoritàriament és de secà, sent l'olivera (*Olea europea*) i la garrofera (*Ceratonia siliqua*) els exponents principals. No obstant, durant les últimes dècades s'ha introduït el cultiu de cítrics<sup>32</sup>.

Com a conclusió de les característiques de la localització de Sant Jaume, es tracta d'un lloc privilegiat perquè permet el control visual de les vies de comunicació a través de la costa i de la depressió d'Ulldecona i els barrancs de l'interior. Així mateix, compta amb recursos hídrics per al desenvolupament de les activitats dels pobladors. Per tant, l'entorn jugaria un paper important en el procés de definició i evolució de les comunitats i les seues dinàmiques, atenent a les posteriors ocupacions<sup>33</sup>.

<sup>30</sup> GARCIA I RUBERT, David. El medi físic i l'entorn natural: les Terres del Sènia. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 79-80

<sup>31</sup> MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Bergadà i Zapata, M. Mercè, Garcia i Rubert, David i Fullola Pericot, Josep Maria. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 141

<sup>32</sup> GARCIA I RUBERT, David. El medi físic i l'entorn natural: les Terres del Sènia. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 80

<sup>33</sup> Íbid. pàg. 76

## 5.2 Context històric de la primera edat del ferro a les Terres del Sènia

El període de la primera edat del ferro al nord-est de la península Ibèrica es data aproximadament entre el 800/700-550 ANE i suposa un canvi social i cultural respecte l'etapa anterior, l'edat del bronze, on tindrien lloc modificacions en les estructures sociopolítiques, les pràctiques d'incineració en els rituals funeraris, les influències procedents de distintes zones de la Mediterrània, la introducció de nous materials i l'ús del ferro en la metal·lúrgia<sup>34</sup>. Prèviament, les societats emmarcades en el bronze inicial (2300-1300 ANE) serien culturalment diverses i rebrien influències provinents de l'altre costat dels Pirineus, les quals donarien lloc a dos nous períodes: el bronze final i la primera edat del ferro. Tanmateix, l'origen d'aquestes etapes no tindria una única causa, sinó es tractaria de la combinació de diversos trets que interactuen sobre un substrat cultural heterogeni a través d'un procés gradual<sup>35</sup>.

Durant el bronze final es construeixen nous assentaments, els quals són conjunts de cases adossades on una de les parets es recolza en el mur de tancament i les portes s'orienten a un espai central<sup>36</sup>. L'espai domèstic serviria, en la majoria dels casos, com a lloc d'habitatge i desenvolupament de les activitats de la vida quotidiana. Aquest lloc sol comptar amb una llar de foc i el conjunt d'elements usats en la preparació i consum d'aliments, així com una zona d'emmagatzematge i elaboració d'activitats artesanals<sup>37</sup>. Cada espai durant la primera edat del ferro estaria habitat per un grup domèstic reduït semblant a una família nuclear generalment<sup>38</sup>. Gràcies als vestigis estudiats es pot determinar que aquestes societats practicarien una agricultura basada en cereals (ordi vestit, blat nu, mill i panís), lleguminoses (llenties, pèsols i faves) i altres vegetals silvestres. També consumirien carn i productes derivats d'animals provinents de l'explotació ramadera, com per exemple ovelles, cabres i porcs, i es mantindria la cacera de conills, porcs senglars i cérvols<sup>39</sup>.

L'economia està marcada per la introducció de la metal·lúrgia del ferro, que dona inici al període de la primera edat del ferro, encara que els primers objectes elaborats són escassos i constarien principalment d'ornaments personals i ganivets<sup>40</sup>. És en aquest punt on es produeix una intensificació d'intercanvis a través del contacte amb el comerç fenici, tal com demostren les àmfores que contindrien vi i oli<sup>41</sup>. Com a conseqüència del creixement demogràfic, l'avenç tecnològic, els intercanvis comercials i l'adquisició de béns forans especialment valorats entre d'altres, es va evolucionar cap a sistemes organitzatius i econòmics més complexos donant lloc a la figura del *big man* i del cabdill<sup>42</sup>. A nivell local el *big man* sorgeix en algunes societats conegudes històricament com de tipus tribal on s'adquireix certa capacitat de lideratge de durada limitada gràcies a les habilitats socials i, ocasionalment, es pot veure afavorit per la capacitat d'acumular l'excedent de la producció per tal de guanyar estatus dins la societat. Mentre que

<sup>34</sup> ARNÓ OTÍN, Mariona. *Primera aproximació interpretativa de l'àmbit A7 de la residència fortificada de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Garcia i Rubert, David (dir.). Treball de Fi de Grau. Grau en Arqueologia, Universitat de Barcelona, 2020. pàg. 7

<sup>35</sup> LOPEZ CACHERO, Francisco Javier. *Aproximació a la societat durant el bronze final i la primera edat: el cas de la necròpolis de Can Piteu-Can Roqueta (Sabadell, Vallès Occidental, Barcelona)*. Barcelona: Societat Catalana d'Arqueologia, 2006. pàg. 20-21

<sup>36</sup> Íbid. pàg. 23

<sup>37</sup> BELARTE FRANCO, Maria Carme. *El espacio doméstico y su lectura social en la protohistoria de Cataluña (s. VII-II/I aC)*. A: *De la estructura doméstica al espacio social. Lecturas arqueológicas del uso del espacio*. Alacant: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2013. pàg. 77

<sup>38</sup> Íbid. pàg. 89

<sup>39</sup> LOPEZ CACHERO, Francisco Javier. *Aproximació a la societat durant el bronze final i la primera edat: el cas de la necròpolis de Can Piteu-Can Roqueta (Sabadell, Vallès Occidental, Barcelona)*. Barcelona: Societat Catalana d'Arqueologia, 2006. pàg. 24

<sup>40</sup> BEA, David, et al. *Contacte i interacció entre indígenes i fenicis a les terres de l'Ebre i del Sènia durant la primera edat del Ferro*. A: *Contactes. Indígenes i fenicis a la Mediterrània occidental entre els segles VIII i VI aC. Simposi d'Arqueologia d'Alcanar, 24-26 de novembre de 2006*. GARCIA I RUBERT, David; MORENO, Isabel i GRACIA, Francesc. Barcelona: GRAP, Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica, 2008. pàg. 139

<sup>41</sup> LOPEZ CACHERO, Francisco Javier. *Aproximació a la societat durant el bronze final i la primera edat: el cas de la necròpolis de Can Piteu-Can Roqueta (Sabadell, Vallès Occidental, Barcelona)*. Barcelona: Societat Catalana d'Arqueologia, 2006. pàg. 25-26

<sup>42</sup> Íbid. pàg. 31-41

en l'àmbit supralocal o regional, el sistema de cabdillatge fa referència a una organització política caracteritzada per la jerarquització, la posició social heretable i l'estratificació social<sup>43</sup>.

Malgrat els actuals límits administratius entre l'actual Catalunya i la Comunitat Valenciana, s'interpreta que els assentaments situats al voltant del riu Sénia haurien establert una relació més propera entre ells<sup>44</sup>. Les terres del Sénia tenen una extensió d'uns 1000 m<sup>2</sup>, on durant el període del primer ferro hi va haver un poblament nombrós de nova fundació. En aquest marc cronocultural hi hauria ocupació en la Moleta del Remei, Sant Jaume, la Ferradura, Cogula i el Castell d'Ulldecona, situats al nord de la desembocadura del riu Sénia, i el Puig de la Nau i el Puig de la Misericòrdia, al sud del mateix riu<sup>45</sup>.

### 5.3 Complex Sant Jaume

El Complex Sant Jaume és una entitat sociopolítica polinuclear situada en la zona nord de la desembocadura del riu Sénia, tal com s'exposa prèviament. Aquest està format per cinc assentaments elaborats amb materials duradors, mitjançant pedres i lligam de terra, que van tindre una ocupació durant la primera edat del ferro (Figura 12): la Ferradura (Ulldecona), Cogula (Ulldecona), la Moleta del Remei (Alcanar), el Castell d'Ulldecona i Sant Jaume (Alcanar) (veure a l'apartat 4.4. *Sant Jaume*). Els motius que justifiquen la relació entre ells es fonamenten en les seues ubicacions pròximes, la construcció en la part superior de turons poc elevats d'uns 100 m respecte l'entorn en la majoria dels casos, així com la situació propera a la línia de costa i de les vies de comunicació entre d'altres. Pel que fa a la seua interpretació, es dedueix que cada assentament tindria una funcionalitat concreta i s'establiria a nivell supralocal una relació basada en el cabdillatge, on Sant Jaume es considera el centre del poder i tindria la capacitat de controlar i gestionar les relacions comercials fenícies<sup>46</sup>.

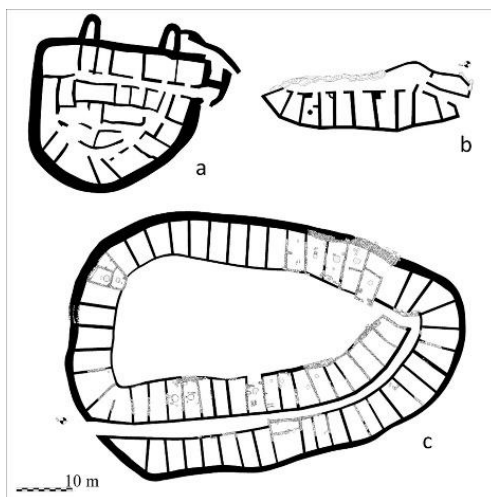


Figura 12. Croquis dels jaciments del Complex Sant Jaume: a) Sant Jaume, b) la Ferradura, c) Moleta del Remei. Font: Arxiu del GRAP.

<sup>43</sup> GARCIA I RUBERT, David. Jefes del Sénia. Sobre la emergencia de jefaturas durante la primera Edad el Hierro en el nordeste de la Península Ibérica. A: *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 2015. Núm. 66. pàg. 225-226

<sup>44</sup> BEA, David, et al. Contacte i interacció entre indígenes i fenicis a les terres de l'Ebre i del Sénia durant la primera edat del Ferro. A: *Contactes. Indígenes i fenicis a la Mediterrània occidental entre els segles VIII i VI a.n.e. Simposi d'Arqueologia d'Alcanar, 24-26 de novembre de 2006*. GARCIA I RUBERT, David; MORENO, Isabel i GRACIA, Francesc. Barcelona: GRAP, Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica, 2008. pàg. 137

<sup>45</sup> GARCIA I RUBERT, David. Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la Península Ibérica durante la Primera Edad del Hierro. El caso del Complejo Sant Jaume. A: *Trabajos de Prehistoria*, 2011. Vol. 68, núm. 2. pàg. 333-334

<sup>46</sup> GARCIA I RUBERT, David. Interpretació global i contextualització històrica. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg 389-416

La Ferradura es va començar a excavar l'any 1972 per J. Maluquer de Motes i des del 2009 és estudiat pel Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica (GRAP) de la Universitat de Barcelona. Es tracta d'un assentament situat a 226 msnm amb una extensió d'uns 400 m<sup>2</sup>. Gràcies a l'última datació efectuada, s'ha evidenciat que va estar ocupat ja en el segle VIII ANE, aleshores pertany a una cronologia més antiga<sup>47</sup>. Té una forma allargada que s'adapta a la muntanya i compta amb 11 espais adossats a un mur de tancament senzill, on viurien unes 35 persones<sup>48</sup>. El seu model arquitectònic és comú en el període del bronze final, encara que va tenir també una ocupació durant la primera edat del ferro<sup>49</sup>. Possiblement comptaria amb murs de fins a 4 m d'altura i els àmbits tindrien dues plantes, tot i que cal seguir aprofundint amb les intervencions arqueològiques. D'entre els materials recuperats destaquen la ceràmica a mà i la ceràmica a torn fenícia, elements elaborats amb terra crua, objectes lítics (molins), *pondera* o pesos de teler, objectes de bronze i malacofauna<sup>50</sup>. La funcionalitat que tindria la construcció segons Maluquer seria la d'un assentament xicotet de pastors o un poblat d'agricultors que conrearien les terres de la foia<sup>51</sup>. Actualment, s'interpreta com un nucli de població relacionat amb el control de les vies de comunicació, qüestió que el mateix arqueòleg defensa (Figura 13)<sup>52</sup>.



Figura 13. Vista aèria de la Ferradura. Font: Arxiu del GRAP.

La Cogula és un assentament del qual encara es té poca informació, on les campanyes d'excavació s'han iniciat recentment. En les primeres prospeccions es va calcular que comptaria amb 300 m<sup>2</sup> i uns 11 àmbits, la fase d'ocupació del qual es trobaria entre mitjans del segle VII ANE i principis del segle VI ANE. Està ubicat sobre un turó a 406 msnm des d'on s'obté una bona visibilitat de l'entorn, sent el nucli emplaçat

<sup>47</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Estat de la qüestió sobre els assentaments de la primera edat del ferro d'Ulldecona (Montsià): la Ferradura-els Castelletes i la Cogula. A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

<sup>48</sup> GARCIA I RUBERT, David, et al. L'assentament de la Primera Edat del Ferro de la Ferradura (Ulldecona, Montsià). A: *I Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre, vol. I*. Tortosa, Tarragona, 2016. MARTÍNEZ, Joan, DILOLI, Jordi, VILLALBÍ, Maria del Mar. Tortosa: Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre, 2016. pàg. 203-217

<sup>49</sup> GARCIA I RUBERT, David. Interpretació global i contextualització històrica. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 408-411

<sup>50</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Estat de la qüestió sobre els assentaments de la primera edat del ferro d'Ulldecona (Montsià): la Ferradura-els Castelletes i la Cogula. A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

<sup>51</sup> GARCIA I RUBERT, David. Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la Península Ibérica durante la Primera Edad del Hierro. El caso del Complejo Sant Jaume. A: *Trabajos de Prehistoria*, 2011. Vol. 68, núm. 2. pàg. 334

<sup>52</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Estat de la qüestió sobre els assentaments de la primera edat del ferro d'Ulldecona (Montsià): la Ferradura-els Castelletes i la Cogula. A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

en el punt més alt del Complex Sant Jaume. Açò sumat a la dificultat dels accessos a causa de la seua orografia i la ubicació propera de les vies de comunicació regionals va estar interpretada com una talaia<sup>53</sup>. Malauradament en les últimes dècades ha sofert dues accions destructives, la col·locació d'un repetidor de televisió/ràdio i la construcció d'una pista forestal, alterant en major mesura la vessant oest del jaciment. A través dels materials trobats durant una excavació d'urgència l'any 1994 es va identificar ceràmiques a mà datades en l'edat del bronze. Els últims anys s'han efectuat dues intervencions arqueològiques amb la intenció de resseguir els murs i delimitar espais, les quals van modificar alguns aspectes de la hipòtesi d'interpretació inicial. L'assentament tindria una extensió major, d'uns 1000 m<sup>2</sup>, i es van documentar 15 àmbits, possiblement poden haver-hi més de 20, que estaran estructurats per un carrer i protegits per un mur de tancament perimetral. Així i sabent la necessitat de continuar investigant, la Cogula s'interpreta com un poblat, que correspondria al model de poblat tancat amb un espai central on podrien haver residit entre 50 i 70 persones (Figura 14)<sup>54</sup>.



Figura 14. Vista aèria de Cogula. Font: Arxiu del GRAP.

Al voltant del Castell es té poca informació i, per ara, no es pot determinar amb exactitud la superfície que ocuparia l'assentament, s'estima que no seria major dels 1000 m<sup>2</sup><sup>55</sup>. Disposa d'una situació estratègica per al control de les vies de comunicació, atenent a que està construït sobre un turó a 256 msnm. Es coneix que ha estat ocupat durant el primer ferro, l'ibèric ple i l'ibèric final, com també en períodes històrics posteriors. Aquestes ocupacions successives dificulten en part la identificació de la funció que tindria el nucli, encara que es relaciona amb l'explotació agrària de les terres de la foia (Figura 15)<sup>56</sup>.

<sup>53</sup> GARCIA I RUBERT, David. Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la Península Ibérica durante la Primera Edad del Hierro. El caso del Complejo Sant Jaume. A: *Trabajos de Prehistoria*, 2011. Vol. 68, núm. 2. pàg. 335

<sup>54</sup> ÀLVAREZ, Laura, et al. Estat de la qüestió sobre els assentaments de la primera edat del ferro d'Ulldecona (Montsià): la Ferradura-els Castellets i la Cogula. A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

<sup>55</sup> GARCIA I RUBERT, David, et al. L'assentament de la Primera Edat del Ferro de la Ferradura (Ulldecona, Montsià). A: *I Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre, vol. I*. Tortosa, Tarragona, 2016. MARTÍNEZ, Joan, DILOLI, Jordi, VILLALBÍ, Maria del Mar. Tortosa: Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre, 2016. pàg. 215

<sup>56</sup> GARCIA I RUBERT, David. Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la Península Ibérica durante la Primera Edad del Hierro. El caso del Complejo Sant Jaume. A: *Trabajos de Prehistoria*, 2011. Vol. 68, núm. 2. pàg. 335



Figura 15. Castell d'Ulldecona. Font: Turisme d'Ulldecona.

Per últim, la Moleta del Remei és un nucli amb ocupació des del primer ferro fins el període ibèric situat a 209 msnm i proper a la línia de costa. Té una superfície d'uns 4000 m<sup>2</sup> i la forma és semblant a un oval amb una reconstrucció que li dona l'aparença d'espiral. A través de les diverses intervencions arqueològiques efectuades des de l'any 1961 i malgrat la pèrdua de part del jaciment a causa dels treballs agrícoles, s'han identificat uns 66 àmbits. S'interpreta tipològicament com un poblat tancat amb espai central. La majoria d'àmbits tenen unes dimensions de 21 m<sup>2</sup>, és a dir, de 7x3 m i no solen tindre divisions internes. Moltes d'aquestes estances disposen d'una llar de foc circular al centre i hi habitaria una família nuclear, albergant fins a un total d'entre 300 i 400 persones. A més, altres àmbits tindrien una funcionalitat concreta com per exemple un taller metal·lúrgic o estable (Figura 16)<sup>57</sup>.



Figura 16. Vista aèria de la Moleta del Remei. Font: Arxiu del GRAP.

---

<sup>57</sup> GARCIA I RUBERT, David. Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la Península Ibérica durante la Primera Edad del Hierro. El caso del Complejo Sant Jaume. A: *Trabajos de Prehistoria*, 2011. Vol. 68, núm. 2. pàg. 335-336

## 5.4 Sant Jaume

L'assentament de Sant Jaume s'emplaça sobre un turó dels últims estreps de l'extrem sud-est de la serralada del Montsià en la localitat d'Alcanar a 224 msnm. Va tenir una única ocupació entorn les dècades finals del segle VII ANE i les primeres del segle VI ANE, corresponents al període cronocultural de la primera edat del ferro<sup>58</sup>. Pel que fa al descobriment de les restes arqueològiques, els primers indicis de la seua localització van estar trobats per Ramon Esteban, veí d'Alcanar i aficionat a l'arqueologia. L'any 1997 el Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica va realitzar la primera prospecció, la qual va donar un resultat positiu en tractar-se d'una superfície sense alterar on s'observaven alguns dels murs que presentaven aparentment un bon estat de conservació<sup>59</sup>. A partir d'aquest moment les intervencions han estat efectuades de manera quasi ininterrompuda, celebrant enguany la vint-i-cinquena campanya.

El jaciment compta amb una extensió aproximada de 700 m<sup>2</sup>, de la qual està excavat fins ara al voltant del 40% de la superfície total. Presenta una forma semicircular única en el seu context històric, adaptant-se a la forma del terreny, i està compostat per grups de construcció disposats de manera ortogonal (Figura 17).



Figura 17. Vista aèria de Sant Jaume. Font: Arxiu del GRAP.

Aquest fet denota la voluntat de distribuir l'espai de manera organitzada i distingir diferents àrees en relació a la funció desenvolupada, separant una zona pública vertebrada pel carrer C1 d'una altra de

<sup>58</sup> GARCIA I RUBERT, David. Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la Península Ibérica durante la Primera Edad del Hierro. El caso del Complejo Sant Jaume. A: *Trabajos de Prehistoria*, 2011. Vol. 68, núm. 2. pàg. 336-338

<sup>59</sup> GARCIA I RUBERT, David. Història dels treballs d'excavació del sector 1: campanyes 1/1997-18/2015. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 89-91

caràcter més privat accedint a través del carrer C2 (Figura 18)<sup>60</sup>. Al mateix temps, els grups estan formats per edificis adossats de dues plantes, actualment s'identifiquen 25 espais. El sistema constructiu es caracteritza per l'ús de pedres irregulars de dimensions mitjanes lligades amb morter de terra com a material principal dels murs. Per tal d'alçar el pis superior es disposarien canyes lligades amb cordes i revestides amb terra crua, una mescla de terra, grava i matèria vegetal, les quals es recolzarien sobre pilars de fusta. Els sostres dels edificis es construirien amb aquests mateixos materials i tindrien una pendent suau, encara que es tracta d'una qüestió sobre la qual no es té suficient informació<sup>61</sup>. A més, d'aquestes estructures constructives de terra crua destaquen alguns murs per a dividir l'interior dels edificis i els paviments, així com els elements d'adequació de les estances, com ara els revestiments, les llars de foc i els forns<sup>62</sup>. En relació als alçats dels edificis, s'estima que els pisos inferiors podrien assolir entre 2-2,20 m d'altura i els pisos superiors tindrien al voltant d'1,20 m. Per tant hi hauria una alçada total d'aproximadament 3,50 m o 4 m depenent de la localització de l'àmbit<sup>63</sup>.

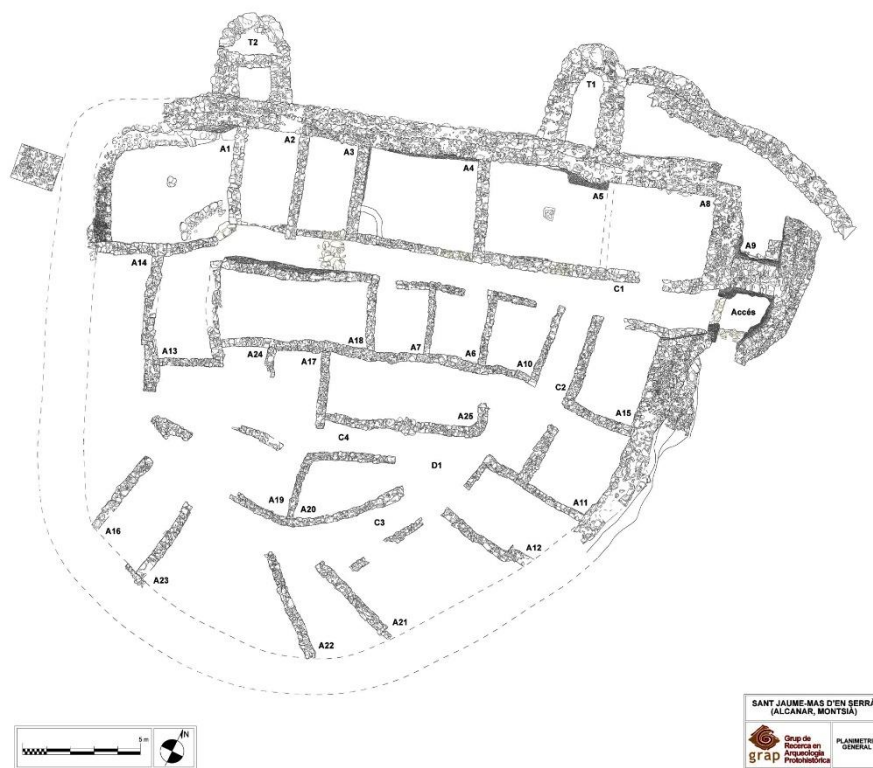


Figura 18. Planimetria general de Sant Jaume. Font: Arxiu del GRAP.

Sant Jaume s'interpreta com una residència fortificada, a causa de les xicotetes dimensions i la importància posada en les estructures defensives. Els elements de protecció fan referència a la muralla de fins a 4 m d'amplària construïda mitjançant un sistema de fonamentació de calaixos que rodeja

<sup>60</sup> GARCIA I RUBERT, David i MATEU SAGUÉS, Marta. Disseny de l'assentament i aspectes arquitectònics i constructius. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 187-188

<sup>61</sup> Íbid. pàg. 190-191

<sup>62</sup> Íbid. pàg. 191-199

<sup>63</sup> Íbid. pàg. 190-191



l'assentament. Aquest tipus de construcció s'identifica en assentaments fenicis i en contextos culturals de la Mediterrània oriental. També cal tenir en compte que l'accés a la residència es realitzaria a través d'una carena llarga, passant per davant de les dues torres adossades a la muralla fins arribar a l'entrada en colze (Figura 19)<sup>64</sup>.



Figura 19. Torre T2, localitzada en la zona nord-oest del jaciment. Font: Arxiu del GRAP.

Aquest interès defensiu es relaciona amb la interpretació a nivell supralocal, perquè l'assentament funcionaria com a centre sociopolític del Complex Sant Jaume tal com anteriorment s'esmenta. Sant Jaume seria la residència d'un grup reduït de persones d'entre les quals destacaria el cabdill o la cabdilla, qui exerciria el control del territori i mantindria unes estretes relacions amb el comerç fenici per via marítima<sup>65</sup>. Aquesta interacció amb el món fenici es manifesta en diversos aspectes, com puguen ser el disseny del sistema constructiu, el considerable volum de ceràmica a torn d'importació fenícia que ronda el 30% del total de fragments, un forn de grans dimensions per a la cocció de grans quantitats d'aliments per a banquets situat fora de la muralla (Figura 20), del qual s'estableixen paral·lels trobats a Sa Caleta (Eivissa) i La Fonteta (Alacant). També, l'àmbit A7 destinat a realitzar cerimònies atenent als materials mobles i immobles recuperats, que tindrien influències originàries d'aquesta cultura. No obstant, aquestes hipòtesis continuen en procés de reflexió amb la intenció de fer una lectura acurada del jaciment<sup>66</sup>.

<sup>64</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Una possible interpretació alternativa de l'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume d'Alcanar (Montsià). A: *Il Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

<sup>65</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Productive power during the Early Iron Age (c. 650-575 BC) at the Sant Jaume Complex (Alcanar, Catalonia, Spain). A: GLEBA, Margarita, MARÍN-AGUILERA, Beatriz i DIMOVA, Bela. *Making cities. Economies of production and urbanization in Mediterranean Europe, 1000-500 BC*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, 2021. pàg. 385-388

<sup>66</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Una possible interpretació alternativa de l'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume d'Alcanar (Montsià). A: *Il Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.



Figura 20. Forn UE6024 situat fora de la muralla en la zona nord del jaciment, usat per a la cocció de grans quantitats d'aliments. Font: Arxiu del GRAP.

A mesura que es realitzen els treballs arqueològics, es formulen les possibles interpretacions de cada espai. En tots els edificis excavats es determina que la planta superior està destinada a l'emmagatzematge de béns i matèries primeres, mentre que els pisos inferiors tenen funcions diverses, com per exemple un espai de consum d'aliments a l'àmbit A1, un estable a l'àmbit A4<sup>67</sup> i un espai sacre on se celebrarien rituals a l'àmbit A7 (Figures 21 i 22)<sup>68</sup>. Tot i això, no s'ha identificat cap àrea amb funció d'habitatge fins al moment<sup>69</sup>.



Figura 21. Zona nord del jaciment: àmbits A5 (esquerra) i A4 (dreta). Font: Arxiu del GRAP.



Figura 22. Vista aèria de l'àmbit A7. Font: Arxiu del GRAP.

Els elements mobles recuperats són nombrosos i en general es troben en bon estat de conservació. El volum d'objectes ceràmics és especialment destacable tant dels elaborats a mà d'origen indígena (vasos amb perfil en essa, plats, vasos globulars, tasses, pàteres) com de les peces fetes a torn de producció fenícia (àmfores, *pithos*, vasos Cruz del Negro, vasos trípodas) (Figures 23 i 24)<sup>70</sup>. A més, s'han identificat

<sup>67</sup> GARCIA I RUBERT, David. Espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2: descripció estructural, seqüència estratigràfica i proposta d'interpretació funcional. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 97-154

<sup>68</sup> ARNÓ OTÍN, Mariona. *Primera aproximació interpretativa de l'àmbit A7 de la residència fortificada de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Garcia i Rubert, David (dir.). Treball de Fi de Grau. Grau en Arqueologia, Universitat de Barcelona, 2020. pàg. 51-53

<sup>69</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Productive power during the Early Iron Age (c. 650-575 BC) at the Sant Jaume Complex (Alcanar, Catalonia, Spain). A: GLEBA, Margarita, MARÍN-AGUILERA, Beatriz i DIMOVA, Bela. *Making cities. Economies of production and urbanization in Mediterranean Europe, 1000-500 BC*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, 2021. pàg. 385-388

<sup>70</sup> GARCIA I RUBERT, David. Elements mobles. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 235-276

imitacions de peces ceràmiques fetes a torn d'origen fenici que van ser elaborades a mà, concretament un gibrell amb nanses i una clepsidra<sup>71</sup>. Al jaciment la presència d'objectes de metall és reduïda, aquests estan elaborats amb bronze d'entre els que destaquen accessoris relacionats amb la indumentària (penjolls, sivelles, fíbules, anelles), armes (puntes de fletxes) i elements diversos (hams, *simpulum*, agulles)<sup>72</sup>. També prenen importància els elements fets amb terra crua, com per exemple les caixes per emmagatzemar, discs amb funció de tapadores i *pondera* o pesos de telers (Figura 25). Aquests últims són usats per a tensar els fils dels telers verticals i s'han recuperat al voltant de 900 exemplars, que suposa el grup més gran de tot el nord-est peninsular<sup>73</sup>.



Figura 23. Conjunt de vasos de ceràmica a mà, procedents dels àmbits A3 i A4. Restauració i fotografia: I. Moreno. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 24. Àmfores elaborades a torn d'origen fenici. Restauració i fotografia: I. Moreno. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 25. Àmbit A5 en procés d'excavació, on s'observen fragments de ceràmica, revestiments i *pondera*. Font: Arxiu del GRAP.

<sup>71</sup> ÀLVAREZ, Laura, et al. Una possible interpretació alternativa de l'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume d'Alcanar (Montsià). A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

<sup>72</sup> GARCIA I RUBERT, David. Elements mobles. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 298-313

<sup>73</sup> Íbid. pàg. 285-296

En relació amb les activitats que es desenvoluparien al jaciment, l'agricultura de secà suposaria la seua base econòmica principal, gràcies a les restes de llavors de lleguminoses i certs cereals<sup>74</sup>. Es complementa amb la identificació de restes òssies d'animals domèstics (ovicaprins, suïds, bovins i equins), també d'animals salvatges, peixos, mol·luscos i crustacis. Aquests donen informació al voltant del seu consum, el processament i l'establiment dins del jaciment<sup>75</sup>. D'altra banda, també hi ha evidència de producció metal·lúrgica, tot i les escasses restes documentades. Tanmateix, és rellevant l'elevada quantitat de pesos de teler que s'han trobat, cosa que es vincularia amb l'elaboració de teixits la qual superaria la producció domèstica. A través dels intercanvis comercials amb la cultura fenícia s'introdueix el vi, un bé de luxe ràpidament acceptat la distribució del qual estaria controlada pel cabdill o cabdilla<sup>76</sup>.

En últim terme, la finalització de l'ocupació del nucli està relacionat amb un conflicte violent que el va destruir originant-se un incendi. Tot apuntaria que es tracta d'una agressió externa que va afectar al conjunt de la xarxa supralocal de manera simultània, on també es van veure afectats la resta d'assentaments controlats per Sant Jaume<sup>77</sup>.

---

<sup>74</sup> PIQUÉ I HUERTA, Raquel, et al. Estudis, anàlisis i treballs específics. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 355-359

<sup>75</sup> Íbid. pàg. 367-374

<sup>76</sup> ÁLVAREZ, Laura, et al. Productive power during the Early Iron Age (c. 650-575 BC) at the Sant Jaume Complex (Alcanar, Catalonia, Spain). A: GLEBA, Margarita, MARÍN-AGUILERA, Beatriz i DIMOVA, Bela. *Making cities. Economies of production and urbanization in Mediterranean Europe, 1000-500 BC*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, 2021. pàg. 388-392

<sup>77</sup> GARCIA I RUBERT, David. Interpretació global i contextualització històrica. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 414-415



## 6. ESTAT DE CONSERVACIÓ DE LES ESTRUCTURES

## 6 ESTAT DE CONSERVACIÓ DE LES ESTRUCTURES

### 6.1 Factors de deteriorament, patologies i intervencions generals

La conservació-restauració i l'arqueologia són disciplines que en tot moment han d'actuar de manera coordinada. Per una banda, els treballs d'excavació extrauen les estructures i elements mobles que, durant un període de temps, han estat aïllats en una atmosfera amb factors ambientals caracteritzats per l'absència de llum i oxigen, les condicions de la humitat relativa com de la temperatura del sòl vinculades al clima (pluges, sequera, gel, neu), la inexistència d'erosió eòlica, així com altres agents de deteriorament d'origen hídric, biològic i antròpic. És en el moment de l'extracció quan es reverteixen aquests factors, iniciant-se un seguit de processos que deterioren de manera progressiva els elements arqueològics. Per tal de minvar aquests efectes és imprescindible l'estudi de les causes que els generen i l'anàlisi de les patologies que amb el temps es mostraran. Amb tot açò es vol remarcar l'estreta vinculació entre els treballs arqueològics i la preservació del conjunt del jaciment a mesura que s'avança en les campanyes d'excavació per a obtenir un resultat eficaç a llarg termini<sup>78</sup>.

En general l'estat de conservació de Sant Jaume és adequat, el qual s'aprecia en la potència dels murs i en la bona preservació dels materials trobats a l'interior dels àmbits. Aquest fet es deu a l'ús de la pedra com a principal element constructiu, l'únic període d'ocupació de l'assentament i a l'absència de conreus en el terreny on s'ubica<sup>79</sup>. A més, al jaciment s'efectua una campanya anual de treballs d'excavació i restauració, mentre que la resta de mesos es manté cobert amb malles antigerminadores<sup>80</sup>, geotèxtils i teixits de polipropilè<sup>81</sup> per tal de protegir-lo dels diversos factors externs, tal com es mostra en les Figures 26 i 27.



Figura 26. Àmbits de Sant Jaume coberts amb malles antigerminadores. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 27. Protecció amb teixits de polipropilè de les estructures més delicades. Font: Arxiu del GRAP.

Els murs presenten patologies que deriven de les causes físicomecàniques ocasionades pels processos post-deposicionals, com per exemple la caiguda dels sostres, la cessió i la inclinació dels murs, i els desprendiments puntuals de roques en les façanes. Aquest fenomen és comú en diferents zones del jaciment, com s'observa en la Figura 28. S'interpreta que les façanes internes dels murs dels diferents àmbits estarien revestits per tal d'homogeneïtzar les superfícies, tot i que les restes conservades in situ

<sup>78</sup> MORENO MARTÍNEZ, Isabel. Els treballs de conservació a l'assentament. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg 317-318

<sup>79</sup> Íbid. pàg 318

<sup>80</sup> La malla antigerminadora és un teixit de polipropilè d'alta densitat amb certa protecció front els rajos UV, especialment utilitzada per a preservar el sòl facilitant la transpiració de l'aire i la humitat, i evitar el creixement de vegetals. BIGMAT. MALLA ANTIHERBAS.

<sup>81</sup> BIGMAT®. *Lámina bajoteja 135 g. Jutadach BigMat*.

d'aquest element són més bé escasses. També s'aprecia en les pedres els efectes de l'erosió produïdes per l'acció de l'aigua, els quals són especialment rellevants tenint en compte que la zona és propícia a períodes intensos de pluja i tempestes entre els mesos d'agost i setembre<sup>82</sup>. En la Figura 29 es mostra un exemple d'aquest factor de deteriorament, on la secció transversal d'un àmbit que resta per excavar s'estava erosionant deixant al descobert part del contingut. Pel que fa a les causes químiques, es percep cert enfosquiment de la superfície de les pedres en forma de crosta, generat per la contaminació atmosfèrica en combinació de l'aigua de les precipitacions, fet que s'aprecia en la Figura 30. Aquest fenomen es dona especialment en roques calcàries i dolomies<sup>83</sup>, les quals són les més comunes en l'entorn del jaciment i són usades per a construir-lo<sup>84</sup>. Per una altra banda, s'observen algunes pedres amb tonalitats rogenques i d'altres que s'han fragmentat a causa de les altes temperatures provinents de l'incendi. Aquest deteriorament es mostra de manera heterogènia en el conjunt de l'assentament, sent una de les àrees més notables l'àmbit A3 (Figura 31). Com a factor d'origen biològic, de manera puntual es troben zones on han crescut arbres i matolls que a través de l'acció mecànica de les arrels han desplaçat parcialment les estructures.



Figura 28. Cessió dels murs de les façanes que comuniquen amb el carrer C1. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 29. Àmbit A18, on l'aigua ha erosionat el sediment en el tall transversal i afloren els materials de l'interior de l'espai. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 30. Mur UE1011 de l'àmbit A4, el qual presenta un enfosquiment del formigó de calç en la part superior. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 31. Àmbit A3 el primer dia de campanya, on s'aprecia la cessió del mur mitger entre els àmbits A3 i A4, la tonalitat rogenca de les pedres i el creixement de la vegetació. Font: Arxiu del GRAP.

Quan es van començar a desenterrar els murs, els morters de terra es mantenien durs i amb una textura cohesionada, gràcies al paquet d'enderroc i sediments que havien servit de protecció. No obstant, en les

<sup>82</sup> AGÈNCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA. *Resums climatològics. Catalunya. Avenç climatològic mensual agost 2021.*

<sup>83</sup> MAS I BARBERÀ, Xavier. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento.* 2ª ed. València: Editorial Universitat Politècnica de València, 2010. pàg. 72-78

<sup>84</sup> MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià).* Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 141

filades superiors el morter es trobava menys compacte ocasionat per l'activitat biològica i la intrusió de matèria orgànica. En la majoria dels casos, mantienien una coloració ocre que podia virar a tonalitats més fosques en les crestes dels murs pel biodeteriorament, o bé més rogenques depenent del grau d'intensitat de l'incendi<sup>85</sup>, el qual oscil·laria entre 450°C i 800°C<sup>86</sup>. Al mateix temps, la capa més superficial estava endurida com a resultat de l'exposició al foc<sup>87</sup>.

A mesura que els murs i els morters resten al descobert, es veuen afectats per l'acció físicomecànica del vent, que arrossega partícules erosionant la superfície i pot transportar gotes d'aigua de la mar ocasionant incrustacions de sals. Tot i això, el factor de deteriorament principal de la terra de construcció és l'aigua pel grau elevat de porositat del propi material i la sensibilitat que presenta front a aquest factor. En aquest sentit quan les partícules d'argila entren en contacte amb l'aigua, augmenten el volum i se separen entre elles incrementant la seua plasticitat. Si la quantitat d'aigua és major poden arribar a dispersar-se en una suspensió, per tant la resistència es redueix considerablement afavorint que es produïsquen esllavissaments. Fruit de l'elevat grau de porositat i en combinació amb un drenatge deficient del sòl es poden produir basses d'aigua de pluja, que contribueixen a l'origen d'eflorescències salines a través de la humitat capil·lar<sup>88</sup>. Aquests factors de deteriorament es mostren en quasi la totalitat de les façanes i basaments dels àmbits, atenent a la pèrdua gradual de morter entre les pedres. La continuïtat d'aquest procés debilita les estructures i permet que les pedres situades en les zones més externes deixin d'estar adherides al conjunt del mur, fent més susceptible la seua cessió i caiguda.

Per una altra banda, la combinació de l'ús de la terra per a la construcció i la presència d'humitat, la qual oscil·la entre el 62-70% de mitjana durant l'any en Alcanar<sup>89</sup>, esdevé un bon substrat per a la germinació i desenvolupament de diferents espècies de plantes aèries. Concretament aquestes apareixen en les crestes i en els alçats dels murs, que generen fissures mitjançant l'acció mecànica de les arrels i deixen a la vista buits usats ocasionalment com a nius d'animals xicotets. També es produeix variacions del pH com a conseqüència de l'àcid carbònic alliberat per la flora, el qual origina sals i descompon la terra<sup>90</sup>.

A més s'identifiquen certes causes antròpiques que afecten a la totalitat de l'assentament, com ara els deterioraments que derivarien de l'ús, l'incendi, la destrucció violenta del jaciment, així com els propis treballs d'excavació.

Per tal de frenar aquests danys i els factors d'alteració, es realitzen tasques de conservació-restauració de manera paral·lela des de les primeres campanyes. Les intervencions in situ se centren en la prevenció de

---

<sup>85</sup> MORENO MARTÍNEZ, Isabel. Els treballs de conservació a l'assentament. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg 320

<sup>86</sup> MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 419-425

<sup>87</sup> MORENO MARTÍNEZ, Isabel. Els treballs de conservació a l'assentament. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg 320

<sup>88</sup> CHIARI, Giacomo. Caracterización del adobe como material de construcción. Técnicas de preservación. A: Proyecto regional de patrimonio cultural y desarrollo PNUD/UNESCO. *El adobe. Simposio internacional y curso-taller sobre conservación del adobe. Informe final y ponencias principales*. Lima: Centro internacional de estudios para la conservación y la restauración de los bienes culturales (ICCROM-Roma), 1983. pàg. 38-39

<sup>89</sup> CLIMATE DATA. *Alcanar*.

<sup>90</sup> MORENO MARTÍNEZ, Isabel. Els treballs de conservació a l'assentament. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg 320-322



la germinació de vegetals emprant malles antigerminadores, herbicides i l'eliminació mecànica anual<sup>91</sup>. Durant les darreres campanyes, l'objectiu principal ha estat consolidar els murs per a mantindre en les millors condicions les seues alçades. Per tal d'assolir-ho es realitzen reforçaments en els coronaments, els llistons i sòcols amb formigó de calç aèria<sup>92</sup>. En el cas dels alçats de les façanes, inicialment es van utilitzar diverses aplicacions de consolidant i hidrofugant a base de silicat d'etil (*Estel 1000* i *Estel 1100*)<sup>93</sup>, per tal de frenar la degradació dels morters de terra. Aquest producte es va utilitzar en tota la superfície del parament mitjançant un pulveritzador, i també es va injectar en esquerdes i separacions entre els revestiments i els murs. Tot i haver efectuat la consolidació i haver repetit el procés en algunes zones puntuals, no s'aconseguia minvar el procés d'erosió dels morters. Açò va suposar el punt de partida de l'experimentació amb els morters de terra per a efectuar els encintats, qüestió que es desenvolupa posteriorment (veure apartat 7.2.1. *Estat de la qüestió de l'ús dels morters de terra*)<sup>94</sup>. Per una altra banda, durant les últimes campanyes s'ha aplicat morters de calç aèria<sup>95</sup> en les zones que es mostraven més afectades per l'erosió, com ara els alçats dels murs, els revestiments i els coronaments dels forns<sup>96</sup>.

## 6.2 Estat de conservació de l'àmbit A5

D'entre el conjunt de murs que conformen l'assentament de Sant Jaume, es vol posar una atenció especial a la façana interior del mur UE0005, situat al nord de l'àmbit A5. Com la resta del nucli, es tracta d'una estructura de pedres irregulars de dimensions mitjanes lligades amb morter de terra, la qual conserva en el centre del parament restes del revestiment que cobriria la seua superfície<sup>97</sup>. Aquesta zona es vol destacar perquè va estar una de les primeres intervencions realitzades amb morter de terra i, per tant, suposa el punt de partida de l'experimentació i anàlisi en el marc d'aquest projecte.

Els deterioraments detectats guarden relació amb els que es troben en la resta del jaciment, esmentats anteriorment. En concret es vol remarcar l'acusada erosió del morter en la part superior del mur, com també l'aflorament de plantes aèries en diversos punts de la façana. Pel que fa a les restes del revestiment, es manté en un estat de conservació més bé deficient perquè en exercir una lleugera pressió es percep certa cession, cosa que indica una separació parcial de la superfície del mur i aquest estrat. No obstant açò, es troba ben cohesionat atenent que al tacte no es percep massa pulverulent, ni tampoc es disgrega en fragments xicotets. A través del registre fotogràfic realitzat al llarg de les campanyes s'observa que la superfície del revestiment ha minvat considerablement, possiblement com a conseqüència de l'erosió produïda pels factors ambientals. Les restes han passat d'una extensió aproximada de 13310 cm<sup>2</sup>

<sup>91</sup> MORENO MARTÍNEZ, Isabel. Els treballs de conservació a l'assentament. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg 323-330

<sup>92</sup> El formigó de calç està format per grava d'entre 3-12 mm, sorra d'entre 0,6-2 mm, calç aèria, pigment i aigua. Les proporcions dels materials varien en funció de la necessitat i les característiques de la zona d'intervenció.

<sup>93</sup> L'*Estel 1000* és un consolidant elaborat amb esters etílics de l'àcid silícic en una solució de white spirit D40, el qual en aplicar-se reacciona amb la humitat atmosfèrica i forma gel de sílice i alcohol etílic. Mentre que l'*Estel 1100* està compost per esters etílics de l'àcid silícic i polisiloxans oligomèrics en una solució de white spirit D40, que formen una reacció semblant aportant a la superfície propietats hidrorrepelents. CTS®. *Estel 1000* i *Estel 1100*.

<sup>94</sup> MORENO MARTÍNEZ, Isabel. Els treballs de conservació a l'assentament. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg 331-344

<sup>95</sup> El morter de calç es prepara amb sorra d'entre 0,6-2 mm, calç aèria, pigment i aigua. Les proporcions dels materials varien en funció de la necessitat i les característiques de la zona d'intervenció.

<sup>96</sup> GRUP DE RECERCA EN ARQUEOLOGIA PROTOHISTÒRICA. *Fitxes d'intervenció del jaciment de Sant Jaume, 2015-2022*.

<sup>97</sup> GARCIA I RUBERT, David i MATEU, Marta. Disseny de l'assentament i aspectes arquitectònics i constructius. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 190

a una superfície de 2265 cm<sup>2</sup>, cosa que correspondria al voltant del 17% del total. L'estat de conservació actual del revestiment després de l'última intervenció efectuada l'any 2022 es mostra en la Figura 32, on s'observen les patologies anteriorment esmentades. Per tal de facilitar la ubicació, aquest s'assenyala en el dibuix tècnic (Figura 33), on també es determinen les dimensions del parament descrit. A continuació s'observen detalls dels deterioraments principals, com són la separació entre els estrats i les fissures del revestiment en la Figura 34, així com la pèrdua de part del morter aplicat per a la protecció perimetral del mateix en la Figura 35. El resultat de l'última intervenció efectuada en la campanya de l'any 2022, on es va consolidar i es va aplicar un bisellat en el contorn del revestiment amb morter de terra amb oli (Figures 36-37). Per últim es representen els deterioraments de la façana a través d'un mapa de danys, indicant la seua localització en la Figura 38.



Figura 32. Estat actual de conservació de la façana interior del mur UE0005 de l'àmbit A5. Font: Fotografia de l'autora.

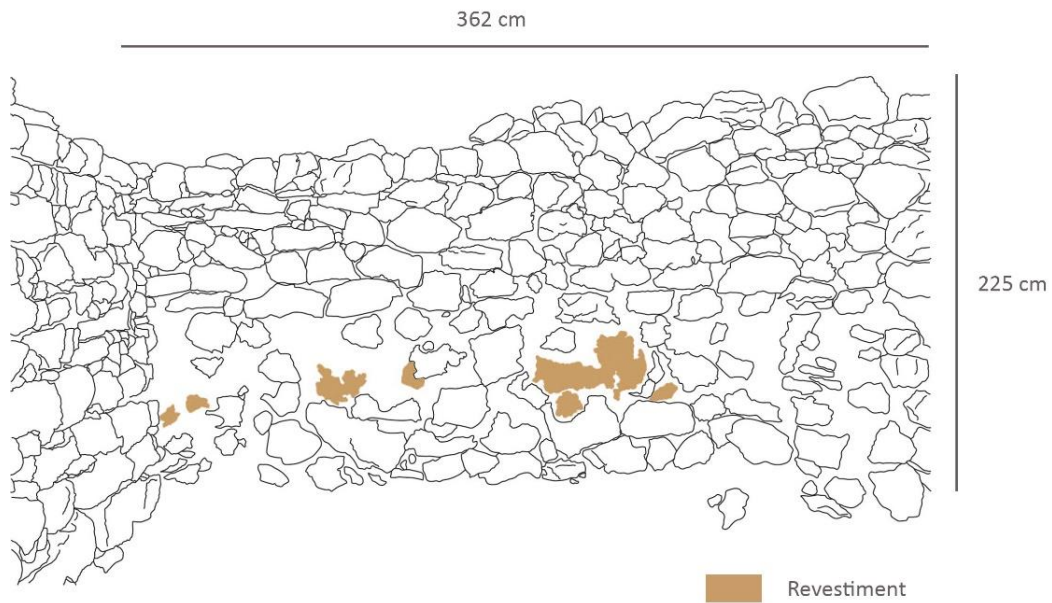


Figura 33. Dibuix tècnic amb les mesures de la façana interior del mur UE0005 de l'àmbit A5. Font: Imatge de l'autora (Adobe Illustrator i Adobe Photoshop).



Figura 34. Detall de la separació entre el revestiment i el mur i les fissures en la capa de revestiment. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 35. Detall de les restes del morter d'oli aplicat en el bisellat del revestiment. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 36. Detall del resultat del bisellat del revestiment situat a la part esquerra del mur. Font: Arxiu del GRAP.



Figura 37. Detall del resultat del bisellat del revestiment situat a la part dreta del mur. Font: Arxiu del GRAP.

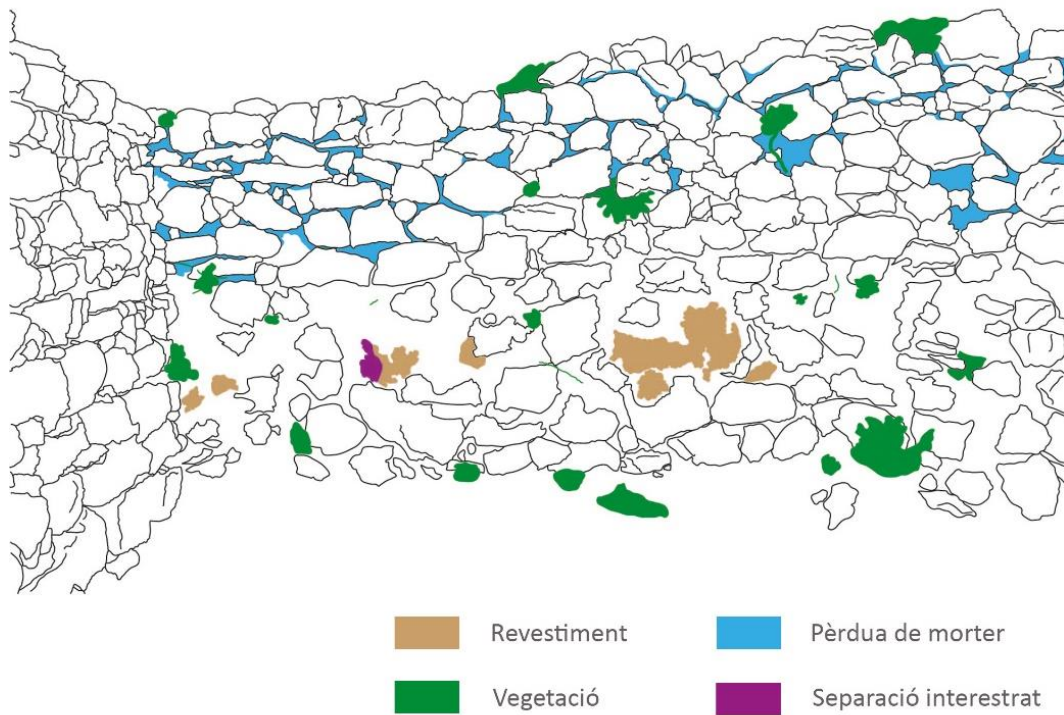


Figura 38. Mapa dels deterioraments principals de la façana interior del mur UE0005 de l'àmbit A5. Font: Imatge de l'autora (*Adobe Illustrator* i *Adobe Photoshop*).

A més, el revestiment de l'àmbit A5 ha estat intervingut en diverses ocasions durant les últimes campanyes. El procediment i els materials són els mateixos que els emprats en la resta d'àmbits restaurats. En aquest cas, la patologia que va condicionar principalment la intervenció va estar la separació entre la capa de revestiment i el mur. Tal com s'exposa prèviament, no va ser suficient l'aplicació de consolidant per a la garantir la seua estabilitat. Per tant es va realitzar un bisellat perimetral amb morter de terra per a protegir el revestiment i evitar que pugui agreujar l'estat de conservació. Al llarg de les campanyes s'han experimentat diferents materials i proporcions, els morters amb un resultat més satisfactori utilitzat en aquest parament s'exposen en la Taula 8<sup>98</sup>.

Taula 8. Resum dels materials i proporcions utilitzats en els morters de terra per al bisellat perimetral del revestiment situat al mur UE0005 de l'àmbit A5.

| ANY D'INTERVENCIÓ | REFERÈNCIA | MATERIALS I PROPORCIONS                                                                                       | TEMPS DE REPÒS |
|-------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 2015              | M2015      | 25% sediment groc del jaciment<br>75% sorra silícia de 0,6 mm<br>5% oli d'oliva<br>aigua (fins homogeneïtzar) | 24 hores       |
| 2021              | M2021      | 40% sediment groc del jaciment<br>60% sorra silícia d'1,5 mm<br>3% oli d'oliva<br>aigua (fins homogeneïtzar)  | 24 hores       |
| 2022              | M2022      | 40% sediment groc del jaciment<br>60% sorra silícia de 0,6 mm<br>3% oli d'oliva<br>aigua (fins homogeneïtzar) | 24 hores       |

Aquests morters encara es conserven in situ en el parament del mur, especialment els aplicats en els anys 2021 i 2022, els quals en general es mantenen ben cohesionats encara que presenten una lleugera pulverulència. La identificació dels diferents tipus de morters de terra utilitzats que encara es conserven es mostren en el següent croquis (Figura 39).

<sup>98</sup> GRUP DE RECERCA EN ARQUEOLOGIA PROTOHISTÒRICA. *Fitxes d'intervenció del jaciment de Sant Jaume, 2018-2022.*

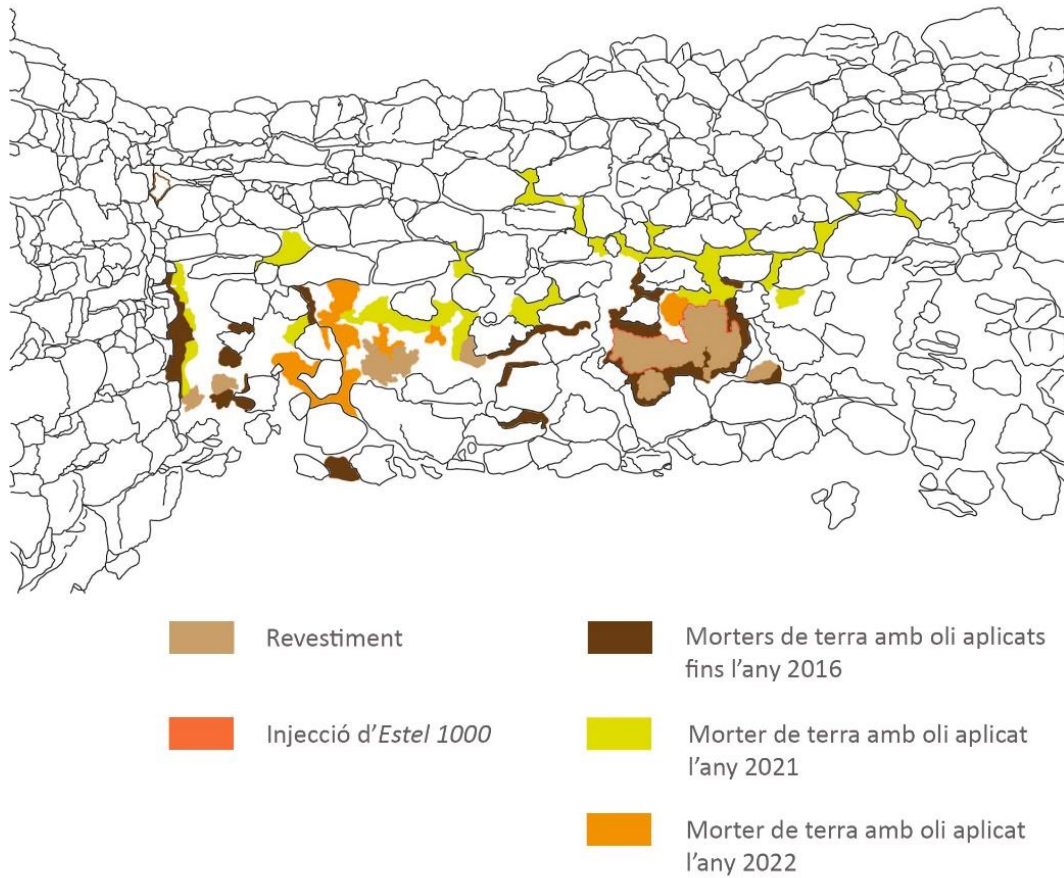


Figura 39. Mapa de les principals intervencions efectuades en la façana interior del mur UE0005 de l'àmbit A5. Font: Imatge de l'autora (*Adobe Illustrator* i *Adobe Photoshop*).

Per tant, s'evidencia la voluntat de protegir els vestigis de revestiment que encara es conserven in situ mitjançant un reforç perimetral. L'objectiu que es pretén aconseguir en les pròximes campanyes consisteix en realitzar l'encintat en la totalitat de la superfície per a minvar l'erosió del morter original de construcció i garantir l'estabilitat del mur.



## 7. INVESTIGACIÓ EXPERIMENTAL I ANÀLISI

## 7 INVESTIGACIÓ EXPERIMENTAL I ANÀLISI

Amb la intenció de determinar les característiques químiques i mineralògiques del morter utilitzat originàriament en els murs, s'extrauen dues mostres del jaciment les quals se sotmeten a l'anàlisi granulomètrica, l'anàlisi per espectroscòpia d'infraroig de transformada de Fourier (FTIR) i l'assaig de determinació del residu insoluble després de l'atac àcid<sup>99</sup>. Els resultats obtinguts proporcionen la informació necessària per a l'elaboració de provetes de característiques granulomètriques i químico-mineralògiques semblants.

### 7.1 Caracterització del morter original

#### 7.1.1 Localització i descripció de les mostres

Prèviament a l'extracció de les mostres, s'elegeix el punt d'on es prendrà el material, el qual està determinat per tres factors principals: l'accessibilitat als murs, el menor impacte destructiu i l'absència d'intervencions restauratives efectuades. En primer lloc, el jaciment no és visitable durant l'any perquè en finalitzar cada campanya de treball es cobreix amb malles antigerminadores per a protegir la seua superfície dels factors ambientals, tal com s'exposa en l'apartat anterior (6.1. *Factors de deteriorament, patologies i intervencions generals*) i es pot observar en la Figura 40. També es valora l'estat de conservació dels murs per a causar el mínim deteriorament en la superfície i en la seua estructura interna, i així evitar que afecte a la seua estabilitat tractant-se d'un procediment invasiu. Per últim, s'escull una zona que no haja estat intervinguda, cosa que suposa una limitació atenent que la majoria d'àmbits excavats estan sotmesos a processos de consolidació i reforçament.



Figura 40. Superfície del jaciment de l'últim dia de campanya. Font: Arxiu del GRAP.

Una vegada avaluats aquests criteris, es decideix prendre les dues mostres a l'àmbit A7. Aquest ha estat excavat entre els anys 2011 i 2022, té unes dimensions reduïdes de 8,78 m<sup>2</sup> i una planta rectangular. De la mateixa manera que la resta del jaciment, l'àmbit A7 està construït amb pedres de dimensions mitjanes lligades amb morter de terra. A través dels materials recuperats, s'interpreta que els murs estarien coberts amb un revestiment de terra crua, és a dir, una barreja d'argiles, llims, sorres, graves i, també, components

<sup>99</sup> Les anàlisis es realitzen sota la direcció de la doctora Laura Osete Cortina al Laboratori d'Anàlisi Físicoquímica i Mediambiental de l'Institut de Restauració del Patrimoni (IRP) de la Universitat Politècnica de València (UPV).



vegetals, la qual s'endureix mitjançant un procés d'assecat<sup>100</sup>. Pel que fa a la funcionalitat, s'interpreta com un espai amb una estreta vinculació amb la ritualitat de la residència atenent als diferents aspectes estudiats, com ara la ubicació dins del jaciment, la seua orientació i els elements mobles i immobles trobats en l'interior.<sup>101</sup> Concretament, les mostres de morter s'extrauen de la part inferior del cantó sud-est del mur UE2002 de l'àmbit A7, situat al sector 2 de Sant Jaume. La primera mostra es pren de la part més externa del mur (Mortor exterior A7), havent retirat abans amb una espàtula metàl·lica la capa més superficial, perquè podria contenir restes del revestiment i modificaria els resultats de les anàlisis. La segona mostra de morter (Mortor interior A7) s'extrau de la mateixa àrea, però es troba aproximadament 2-3 cm més endins del mur. Tot seguit, s'exposen les imatges on es marca la ubicació de l'àmbit A7 en el jaciment i del lloc concret del mur on es va efectuar l'extracció (Figures 41-44).

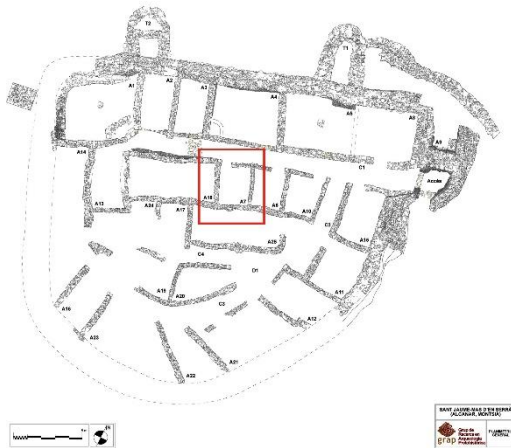


Figura 41. Situació de l'àmbit A7 en la planta de Sant Jaume.  
Font: Arxiu del GRAP (modificada).



Figura 42. Localització de la zona d'extracció de les mostres de morter a l'àmbit A7.  
Font: Arxiu del GRAP.



Figura 43. Zona d'extracció de la mostra a la UE2002 de l'àmbit A7.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 44. Detall de la zona d'extracció de les mostres de morter.  
Font: Fotografia de l'autora.

<sup>100</sup> MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 7-14.

<sup>101</sup> ARNÓ OTÍN, Mariona. *Primera aproximació interpretativa de l'àmbit A7 de la residència fortificada de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Treball de fi de grau, Universitat de Barcelona, 2020. pàg. 16-45.

Ambdues mostres presenten un aspecte paregut, es tracta d'un material disgregat de tonalitat marró fosc amb un àrid d'una granulometria variable. No s'observen restes vegetals ni de les empremtes que hagen pogut deixar aquestes en el morter. Açò pot haver estat condicionat per la metodologia d'extracció i la tècnica d'anàlisi, perquè en la tesi doctoral de Marta Mateu Sagués (Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica, GRAP; Institut Català d'Arqueologia Clàssica, ICAC) s'han efectuat anàlisis micromorfològiques amb làmines primes per a estudiar estructures i elements mobles i immobles de terra crua provinents de Sant Jaume. En les mostres estudiades en aquesta investigació s'han identificat components vegetals usats en la seua elaboració i també empremtes d'encanyissat, en el cas d'envans i els sostres de la planta<sup>102</sup>. Per tant, la determinació del possible ús de vegetals en l'elaboració del morter és una qüestió que continua en procés de recerca. En la següent imatge es pot observar l'aspecte general de les mostres extretes (Figura 45).

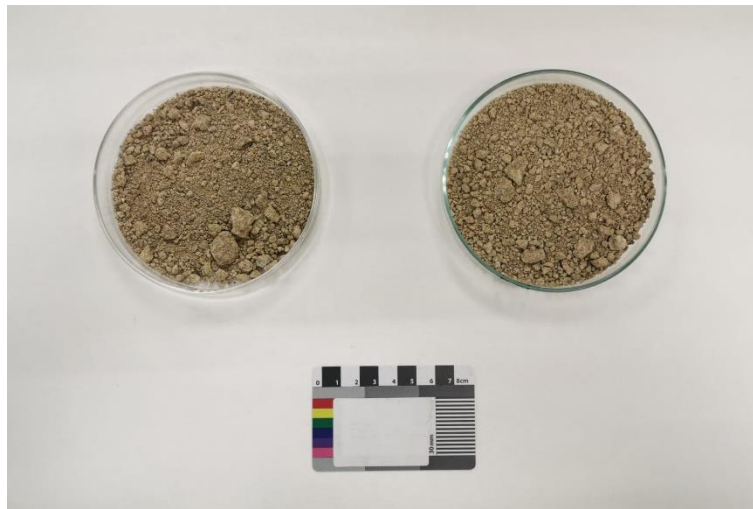


Figura 45. Mostra de Morter exterior A7 (dreta) i mostra de Morter interior A7 (esquerra). Font: Fotografia de l'autora.

Per una altra banda, no s'aprecia cap indicatiu d'una capa pictòrica, per la ubicació d'aquest morter el qual es troba en l'interior del mur i aniria cobert per un revestiment amb la intenció d'adequar l'estança<sup>103</sup>. A més, aparentment no es detectaria l'ús de calç com a conglomerant del morter, tot i que s'observen unes poques partícules de xicotetes dimensions de color clar que es troben separades de les restes de morter. No obstant, en certs àmbits del jaciment s'han documentat mostres d'agregats que correspondrien probablement a calç que estaria emmagatzemada amb la intenció de ser usada en l'àmbit constructiu. Tot i això, encara no s'ha pogut esclarir si s'ha usat la calç en el jaciment, qüestió que continua estudiant-se per la complexitat que suposa<sup>104</sup>.

<sup>102</sup> MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 277-353.

<sup>103</sup> GARCIA I RUBERT, David, MATEU SAGUÉS, Marta. Disseny de l'assentament i aspectes arquitectònics i constructius. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona, 2016. pàg. 187-201.

<sup>104</sup> MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 395-404.

Cal destacar que fins ara no s'han pogut extraure més mostres amb les quals fer comparacions i observar possibles diferències entre la resta d'àmbits de la residència fortificada, la qual compta amb una extensió aproximada de 700 m<sup>2</sup>. És per aquest motiu que els resultats descrits a continuació no serien representatius de la totalitat del jaciment, tot i que funcionen com una primera aproximació a través de la qual seguir aprofundint en futures investigacions<sup>105</sup>.

### 7.1.2 Anàlisi granulomètrica

En primer lloc es realitza l'anàlisi granulomètrica, a través de la qual s'obté que els valors més rellevants de la mostra de Morter exterior A7 són les fraccions d'1 mm i 0,250 mm, que corresponen al 26,89% i 27,72% en pes, respectivament (Figura 46). La mostra de Morter interior A7 també dona com a fraccions més representatives les d'1 mm i 0,250 mm, les quals equivalen al 26,33% i 35,80% (Figura 47). En ambdues mostres les fraccions més abundants correspondrien a mides d'àrids grossos i fins<sup>106</sup>. També cal assenyalar que la fracció <63µm en la mostra Morter exterior A7 és de 2,14% i en la mostra interior de Morter interior A7 és de 2,73%, açò faria referència als llims i les argiles del morter les quals es caracteritzen químicament amb l'espectroscòpia ATR-FTIR. En la Figura 46 es mostren els resultats de les anàlisis granulomètriques realitzades per al morter exterior d'A7, on es representa gràficament el percentatge de pes retingut en cadascun dels tamisos<sup>107</sup>.

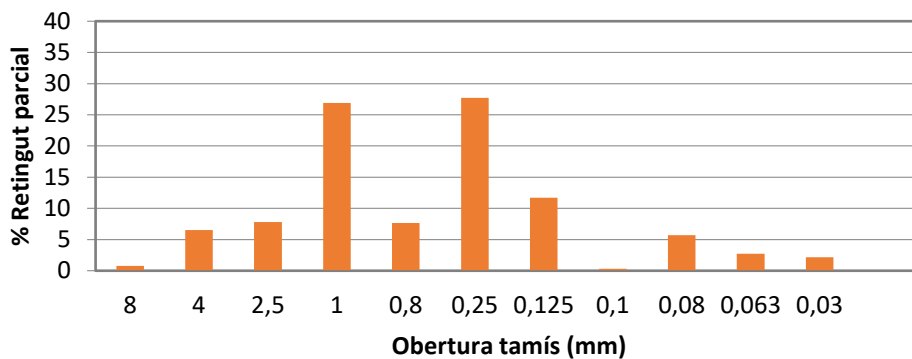


Figura 46. Percentatge de la massa retinguda parcial de la mostra de Morter exterior d'A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).

<sup>105</sup> ÁLVAREZ, Laura. et al. *Productive power during the Early Iron Age (c. 650-575 bc) at the Sant Jaume Complex (Alcanar, Catalonia, Spain)*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, 2021. pàg. 385-394.

<sup>106</sup> Els àrids grossos estarien compresos entre 600 µm-2 mm, els àrid mitjans entre 200 µm-600 µm i els àrids fins entre 60 µm-6 µm. DOMÉNECH CARBÓ, María Teresa. *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*. València: Editorial Universitat Politècnica de València, 2013. pàg. 335

<sup>107</sup> Veure Annex III. *Caracterització del morter original*. Taula 2. Anàlisi granulomètrica desglossada del morter exterior d'A7.

Seguidament s'exposa a la Figura 47 les gràfiques del percentatge del pes retingut en cadascun dels tamisos, on s'observen els resultats de les anàlisis granulomètriques obtingudes per al morter interior d'A7<sup>108</sup>.

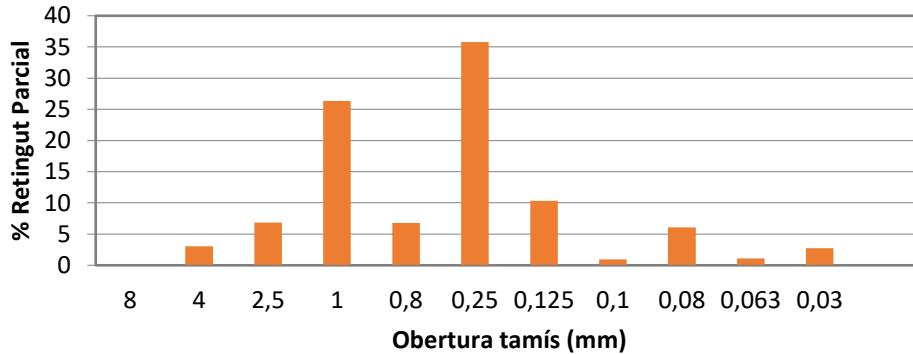


Figura 47. Percentatge de la massa retinguda parcial de la mostra de Morter interior d'A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).

Els resultats obtinguts en els estudis granulomètrics dels morters són semblants, però en els resultats de la mostra de morter exterior es detecta un percentatge lleugerament superior d'àrid de granulometria major. En la Figura 48 s'exposa la gràfica on es representen els resultats d'ambdues mostres. Per tant, açò indicaria que la granulometria de l'àrid aconsellada per a elaborar els morters de reposició hauria d'aproximar-se a aquest per a poder tindre unes característiques properes a les de l'original.

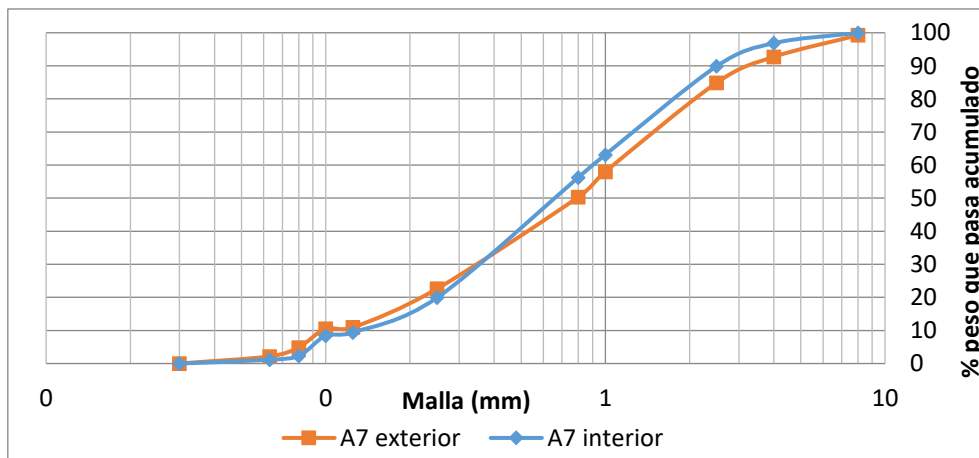


Figura 48. Representació del percentatge de la massa retinguda parcial de la mostra de Morter exterior d'A7 i del Morter interior d'A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).

A més, aquesta anàlisi permet estimar la seua dosificació que pot servir de guia per a l'elaboració dels morters de consolidació dels murs i revestiments. S'estableix com a referència que les partícules majors de 0,250 mm corresponen a l'àrid i les fraccions menors conformarien el conglomerant, de manera que les dues mostres de morter original estarien elaborades amb una proporció en pes d'1:4 (lligam-àrid també en pes).

<sup>108</sup> Veure Annex III. Caracterització del morter original. Taula 3. Anàlisi granulomètrica desglossada del morter interior d'A7.

### 7.1.3 Anàlisi químic-mineralògica per espectroscòpia d'infraroig amb transformada de Fourier (FTIR)

Amb el propòsit de determinar la composició de l'àrid i el lligam d'ambdós morters, les fraccions de 0,250 mm i <math> <63 \mu\text{m}</math> s'analitzen mitjançant espectroscòpia ATR-FTIR. El resultat obtingut de les dues mostres de morter de fracció 0,250 mm assenjala la presència de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), quars ( $\text{SiO}_2$ ) i caolinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), per tant, la coexistència tant de material carbonàtic (calcita) com de silícic (quars i caolinita) evidencia la naturalesa mixta d'aquest àrid. En el cas de la fracció corresponent al material de lligam (fracció de 0,063 mm del morter), l'anàlisi determina que els components principals també són la calcita i la caolinita, així com probablement quars i montmoril·lonita ( $(\text{Na,Ca})_{0.33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), les bandes d'absorció de les quals apareixen solapades a les de la resta de components majoritàries identificats. És destacable la presència de dos fil·losilicats: la caolinita, una argila blanca rica en alumina, i de montmoril·lonita, la qual és un hidroxilicat de magnesi i alumini. En les Figures 49-52, es mostren els espectres infrarojos obtinguts.

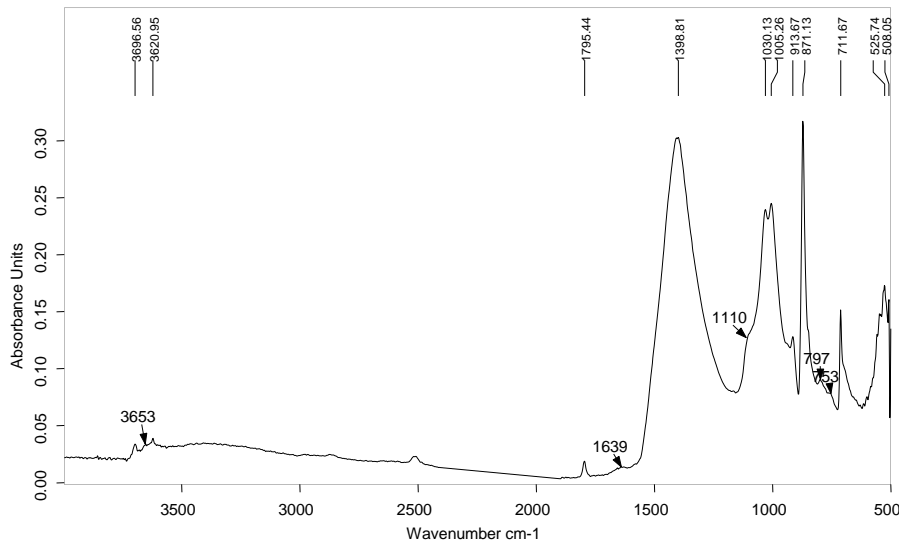


Figura 49. Espectre infraroig obtingut per la fracció de 0,250 mm de la Mostra de morter exterior A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina.

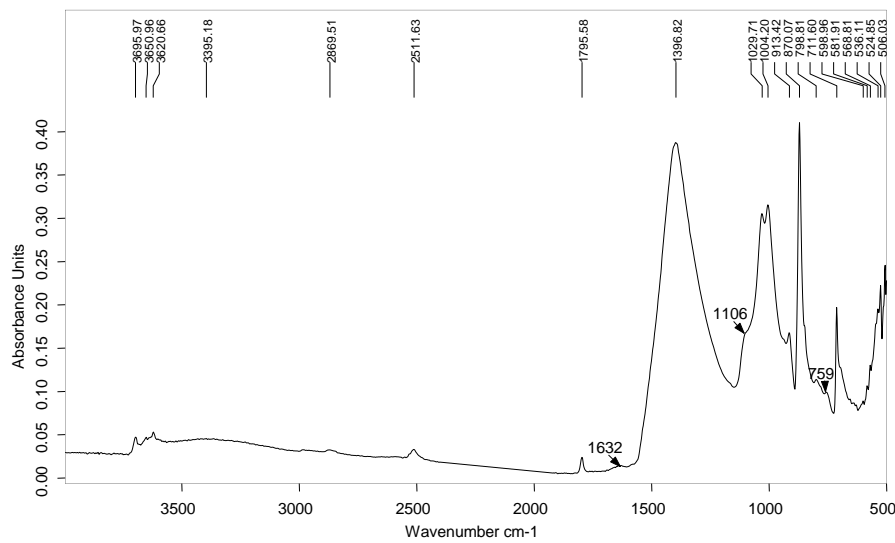


Figura 50. Espectre infraroig obtingut per la fracció de 0,250 mm de la Mostra de morter interior A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina.

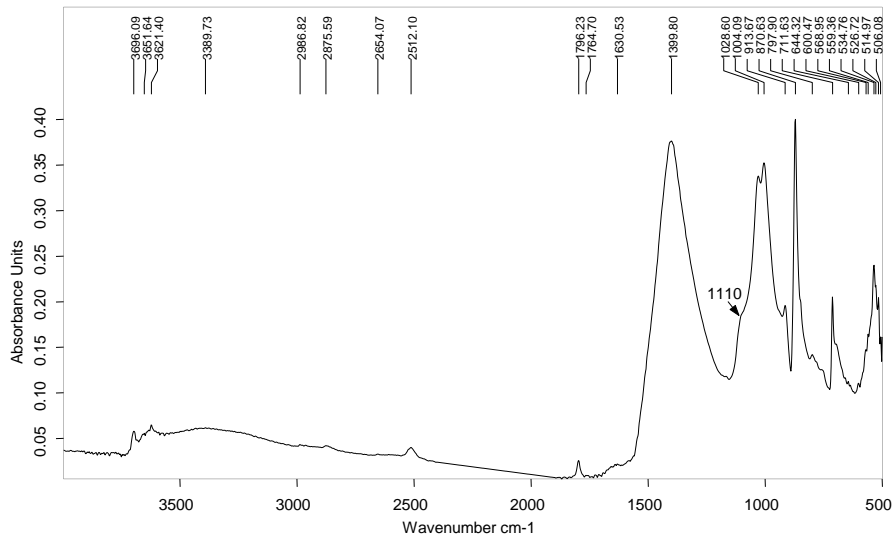


Figura 51. Espectre infraroig obtingut per la fracció de <63 µm de la Mostra de morter exterior A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina.

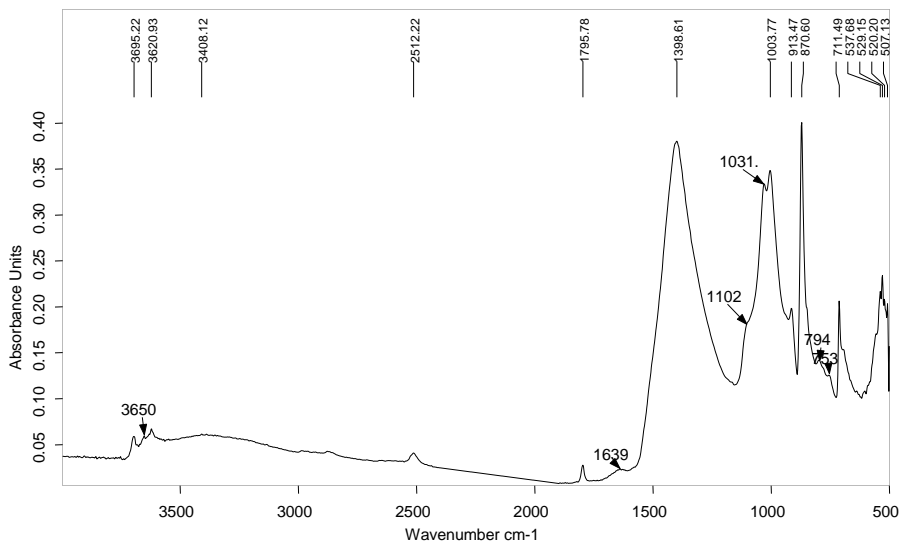


Figura 52. Espectre infraroig obtingut per la fracció de <63 µm de la Mostra de morter interior A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina.

#### 7.1.4 Determinació del residu insoluble després de l'assaig de l'atac àcid

Per últim, es duu a terme l'assaig de l'atac àcid prenent xicotetes quantitats de les fraccions granulomètriques de 0,250 mm i <0,063 mm, corresponents a l'àrid i el lligam. Després de la reacció, s'aconsegueix separar el material silícic (quars, silicats i minerals argilosos) del material carbonàtic, que queda dissolt. Així, s'obté el percentatge en pes del material silícic present en la fracció d'àrid i de lligam del morter respecte al material carbonàtic, el qual està associat a la calcita principalment segons l'anàlisi realitzat prèviament per l'espectroscòpia ATR-FTIR. El resultat, que es mostra en les Taules 9 i 10, evidencia que en les mostres extretes hi ha una presència notable de material silícic d'entre el 20,67-22,67% per a la granulometria d'0,250 mm i 24,29-30% per a la fracció <0,063 mm.

Taula 9. Resultats de l'assaig de l'atac àcid en la mostra exterior d'A7.

| COMPONENT DEL MORTER | MASSA MOSTRA (g) | MASSA RESULTANT REACCIÓ (g) | RESULTAT (%)     |                     |
|----------------------|------------------|-----------------------------|------------------|---------------------|
|                      |                  |                             | MATERIAL SILÍCIC | MATERIAL CARBONÀTIC |
| Àrid (0,250 mm)      | 1,5              | 0,31                        | 20,67            | 79,33               |
| Lligam (<63µm)       | 0,7              | 0,17                        | 24,29            | 75,71               |

Taula 10. Resultats de l'assaig de l'atac àcid en la mostra interior d'A7.

| COMPONENT DEL MORTER | MASSA MOSTRA (g) | MASSA RESULTANT REACCIÓ (g) | RESULTAT (%)     |                     |
|----------------------|------------------|-----------------------------|------------------|---------------------|
|                      |                  |                             | MATERIAL SILÍCIC | MATERIAL CARBONÀTIC |
| Àrid (0,250 mm)      | 1,5              | 0,34                        | 22,67            | 77,33               |
| Lligam (<63µm)       | 0,7              | 0,21                        | 30,00            | 70,00               |

#### 7.1.5 Discussió dels resultats de la caracterització del morter original

Les mostres de morter analitzades donen resultats molt pareguts entre elles, fet que estaria relacionat amb la proximitat d'extracció dels dos punts de mostreig. Pel que fa a l'anàlisi granulomètrica, s'observa que no hi ha un percentatge destacable de fraccions de majors dimensions. Açò podria explicar-se perquè s'efectuaria un tractament previ del sediment emprat com a material constructiu, mitjançant el qual aquests es garbellarien prèviament per a eliminar els àrids més grossos. Aquest procés d'elaboració seria semblant al que ocorreria amb l'elaboració d'alguns elements de terra crua, on les matèries primeres també es tractarien abans de ser usades<sup>109</sup>.

<sup>109</sup> MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 408-410

Amb la tècnica d'anàlisi d'espectroscòpia FTIR es poden identificar les fases minerals que formen part del morter. En primer lloc es troba la calcita, que és la forma més estable de carbonat de calci i pot tindre origen geogènic, biogènic i pirogènic<sup>110</sup>. Contextualitzant la mostra, aquesta calcita estaria originada a través d'un procés geogènic, perquè es troba de manera natural en les roques de l'entorn<sup>111</sup> sent majoritàries les dolomies i calcàries<sup>112</sup>. Per una altra banda també es pot donar una deposició secundària a partir de solucions saturades de carbonats en l'aigua que es filtren pel terreny i en evaporar, resta el compost en el sediment<sup>113</sup>. En tot cas, la qüestió sobre el possible ús de la calç hauria de complementar-se amb un estudi més extens per la complexitat que suposa. Malgrat que en les anàlisis realitzades a elements de terra crua es documenta la presència de dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) en moltes de les mostres<sup>114</sup>, no es detecta fins al moment aquest mineral en les fraccions de morter extret. Aquest fet es podria donar perquè l'estrat de matèria primera explotat per a l'elaboració del morter no en tinguera. En relació amb la part del morter d'origen silícic, es detecta un dels minerals més comuns i estable en la superfície terrestre com és el quars<sup>115</sup>.

La presència del material silícic i dels minerals argilosos és notable, tal com s'exposa en l'assaig de l'atac àcid, així com en la caracterització per espectroscòpia FTIR. Ara bé, no és possible determinar el lloc d'extracció de les matèries primeres utilitzades en la construcció. No obstant, tenint en compte el gran volum de terra requerit, aquesta provindria de zones properes al jaciment per motius d'eficiència<sup>116</sup>.

---

<sup>110</sup> WEINER, Stephen. *Microarchaeology. Beyond the visible archaeological record*. New York: Cambridge University Press, 2010. pàg. 282-283

<sup>111</sup> ALONSO-EGUÍLUZ, Mónica, ALBERT, Rosa María. Procesos postdeposicionales y actividades antrópicas en la cueva de Arenaza I (Galdames, Vizcaya). Una aproximación desde la microarqueología. A: *Kobie: Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia*, 2021. Núm 9. pàg. 91

<sup>112</sup> GARCIA I RUBERT, David. El medi físic i l'entorn natural: les Terres del Sénia. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 77

<sup>113</sup> WEINER, Stephen. *Microarchaeology. Beyond the visible archaeological record*. New York: Cambridge University Press, 2010. pàg. 284

<sup>114</sup> MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 327-328

<sup>115</sup> WEINER, Stephen. *Microarchaeology. Beyond the visible archaeological record*. New York: Cambridge University Press, 2010. pàg. 297-298

<sup>116</sup> BELARTE FRANCO, Maria Carme. Arquitectura domèstica al bronze final i primera edat del ferro a Catalunya: habitacions construïdes amb materials duradors: estat de la qüestió. A: *Pyrenae: Revista de Prehistòria i Antiguitat de la Mediterrània Occidental*, 1993. Vol. 24. pàg. 119

MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. pàg. 407



## 7.2 Experimentació amb morters de reposició

En aquest apartat s'exposa la contextualització de les intervencions amb morters de terra amb oli aplicats a Sant Jaume, els quals donen lloc a desenvolupar l'experimentació en les provetes al laboratori. Tot seguit, es descriuen els materials, el procés d'elaboració i els resultats obtinguts a partir del primer conjunt de provetes. Aquest suposa la primera presa de contacte per al segon conjunt de provetes preparades a continuació, que se sotmeten a diversos assajos per tal de conèixer les seues característiques fisicoquímiques i, així, extraure nous resultats.

### 7.2.1 Estat de la qüestió de l'ús de morters de terra en Sant Jaume

En general, al jaciment de Sant Jaume s'aposta per l'experimentació en els processos de conservació-restauració. Durant les campanyes s'avalua la durabilitat, la resistència de les intervencions in situ posant èmfasi en el comportament dels materials i els possibles canvis que s'hagen produït. En aquest sentit, el treball de camp suposa una de les fonts principals d'informació<sup>117</sup>.

Actualment, els treballs de conservació-restauració al jaciment se centren en la consolidació de les estructures, com ara els coronaments i els alçats dels murs, els revestiments i els forns. Per a cada actuació es realitza un diagnòstic previ en relació amb l'estat de conservació i s'elegeixen els materials i les proporcions adients. En la majoria d'intervencions s'utilitzen els formigons de calç aèria i els morters de calç aèria perquè es tracta d'un material molt estable i resistent als factors ambientals, permet transpirar les estructures originals, té certa elasticitat i és fàcilment discernible respecte de les parts originals<sup>118</sup>. Com a conseqüència del resultat insuficient de la consolidació amb silicat d'etil dels morters de terra en els alçats dels murs, en el si del GRAP es va generar interès per tractar de protegir aquest material dels factors externs sense canviar la percepció del conjunt del jaciment. Per aquest motiu, en un primer moment no es va utilitzar el morter de calç aèria per a realitzar l'encintat dels murs en la seua totalitat, perquè cobriria per complet la terra de construcció original. Per tant, la seua aplicació en els alçats es reduïa a les zones on s'havia perdut un volum considerable de pedres i en els coronaments<sup>119</sup>.

Al mateix temps, aquesta decisió està influenciada pel corrent de la bioconstrucció, la qual es fonamenta en l'ús de substàncies naturals, abundants i fàcils d'aconseguir en la zona geogràfica propera al lloc on s'han d'emprar<sup>120</sup>. En aquest sentit, es pretén respectar el medi ambient a través de la reducció de la despesa energètica generada en l'extracció de matèries primeres, el transport i el processat. Amb aquest model de selecció i aprofitament de materials, els quals han d'estar lliures de toxicitat per a la salut i l'entorn, es vol defugir de la sobreexplotació dels recursos per tal d'evitar l'augment de residus<sup>121</sup>.

En relació amb aquestes premisses, durant les campanyes anteriors es va experimentar amb l'ús de morters de terra a partir del sediment extret de l'interior dels àmbits del jaciment, com a element principal de la barreja per tal d'aprofitar una matèria que ja es disposava en el mateix lloc. La majoria de proves efectuades presentaven una dosificació del 40% de sediment i el 60% de sorra silícia, la qual s'afegia per

---

<sup>117</sup> MORENO MARTÍNEZ, Isabel. Els treballs de conservació a l'assentament. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. pàg. 317

<sup>118</sup> *Ibid.* pàg. 330-338

<sup>119</sup> *Ibid.* pàg. 341-344

<sup>120</sup> CASTILLA PASCUAL, Francisco Javier. Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra. A: *XI CIATTI, Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra. Investigación y Documentación*. Cuenca de Campos, Valladolid, 2014. JOVÉ SANDOVAL, Félix, SÁINZ GUERRA, José Luis. pàg. 277-278

<sup>121</sup> MORENILLA VICENTE, José Luis, MARTÍNEZ GÓMEZ, Francisco José. Materiales para la bioconstrucción. A: *Cercha*, 2011. Núm. 108. pàg. 68-69

a regular el procés d'assecat del morter. A aquesta matriu se li van afegir diversos additius amb la intenció de millorar el seu comportament, com per exemple graves del jaciment, serradura, herba seca del mateix lloc, palla, calç i olis vegetals, concretament oli d'oliva, oli de llinosa i oli de gira-sol<sup>122</sup>. D'entre totes les proporcions de morters es prenen dues barreges com a referència per al desenvolupament d'aquest projecte, perquè ofereixen els millors resultats respecte la resta de proves experimentades. L'altre factor que també influeix en la seua selecció és la preparació i aplicació de tots dos morters de primera mà durant les passades campanyes de conservació, obtenint cert coneixement previ al desenvolupament de l'estudi. Ambdós morters són utilitzats de manera més recent en el bisellat perimetral de les restes de revestiment del mur UE0005 de l'àmbit A5, descrit prèviament amb major detall (veure apartat 6.2. *Estat de conservació de l'àmbit A5*).

La primera barreja de morter de terra correspon a la intervenció realitzada l'any 2021, les proporcions de la qual han estat: 40% de sediment groc del jaciment amb una fracció granulomètrica corresponent a sorres i llims, 60% de sorra silícia d'1,5 mm, 3% d'oli d'oliva i aigua. Aquesta es va deixar reposar durant 24 hores amb un excés d'aigua per a permetre la curació i evitar que s'assecara durant aquest temps, atenent a les elevades temperatures. En aquest cas, el morter no presentava unes bones característiques per al seu ús, perquè no estava ben cohesionat, la textura i la consistència dificultava l'aplicació en vertical. La plasticitat que oferia era reduïda possiblement com a conseqüència de les proporcions escollides de terra, sorra i oli, o bé per la granulometria de l'àrid, la qual contrastava amb l'acabat més polit del revestiment.

En la campanya de l'any 2022 es va continuar aquesta intervenció, en la qual es van mantenir els mateixos materials i les proporcions, però es va canviar la sorra silícia d'1,5 mm per la sorra silícia de 0,6 mm. Aquesta modificació va facilitar en gran mesura el treball, fent que l'aplicació del morter es realitzara amb més comoditat mitjançant una espàtula metàl·lica. Pel que fa a l'acabat, l'últim morter d'oli utilitzat, tot i ser discernible respecte l'original, no destaca tant pel que fa a la textura com sí ocorria amb l'anterior elaborat amb la sorra silícia d'1,5 mm. En la seqüència de fotografies s'observa l'estat inicial, l'aplicació del morter prèviament descrit i el resultat sis mesos després de la intervenció efectuada (Figura 53).

---

<sup>122</sup> GRUP DE RECERCA EN ARQUEOLOGIA PROTOHISTÒRICA. *Fitxes d'intervenció del jaciment de Sant Jaume, 2015-2022*.  
GRUP DE RECERCA EN ARQUEOLOGIA PROTOHISTÒRICA. *Fitxes d'inventari de morters i formigons de Sant Jaume, 2018-2022*.



a) Detall de l'estat inicial del revestiment.



b) Aplicació del morter amb oli.



c) Detall de l'estat del revestiment sis mesos després de l'aplicació.

Figura 53 (a-c). Aplicació de morter de terra al 3% d'oli d'oliva durant la campanya de l'any 2022. Font: Fotografies de l'autora.

L'estat de conservació dels dos revestiments s'avaluen organolèpticament temps després de la seua aplicació. En primer lloc, el morter de terra de l'any 2021 es conserva en la majoria de zones on va estar utilitzat després de 18 mesos. Presenta una cohesió adequada, tot i que al tacte es percep pulverulent i en els perímetres s'observa certa retracció possiblement ocasionada pel procés d'assecat o en l'aplicació per haver exercit una pressió insuficient. Per una altra banda, el morter de terra usat l'any 2022 també es manté correctament passats 6 mesos del moment d'aplicació. En aquest cas, la textura i el color s'integren millor en la superfície del revestiment. La seua cohesió és correcta, també s'aprecia pulverulència al tacte i la retracció perimetral és lleugerament menor, com es mostra en la Figura 53c.

### 7.2.2 Experimentació inicial amb provetes de morter de terra

El resultat obtingut de la barreja de la matriu del morter amb les proporcions exposades prèviament de fibres i l'àrid es mostra en la Figura 54, on es pot veure que s'elabora una proveta de cada tipus llevat del morter sense fibres (M1-OL-SF) del qual es preparen tres unitats<sup>123</sup>.



Figura 54. Provetes inicials de morter amb oli d'oliva amb fibres i àrid silici acabades de preparar. Font: Fotografia de l'autora.

De la mateixa manera, es preparen tres provetes del morter sense fibres (M1-LLI-SF) i una proveta de cada barreja amb les respectives proporcions de fibres vegetals. En la Figura 55 es mostra el resultat en estat humit.



Figura 55. Provetes inicials de morter amb oli de llinosa amb fibres i àrid silici acabades de preparar. Font: Fotografia de l'autora.

<sup>123</sup> Veure 4.2.1. Experimentació inicial amb provetes de morter de terra.

El conjunt de les provetes es deixen durant dos mesos que endurisen al laboratori, per la qual cosa resten en unes condicions ambientals de 20°C i 55% HR. A nivell macroscòpic les peces es mostren compactes i ben cohesionades en la majoria dels casos, tal com s'observa en les Figures 56 i 57.

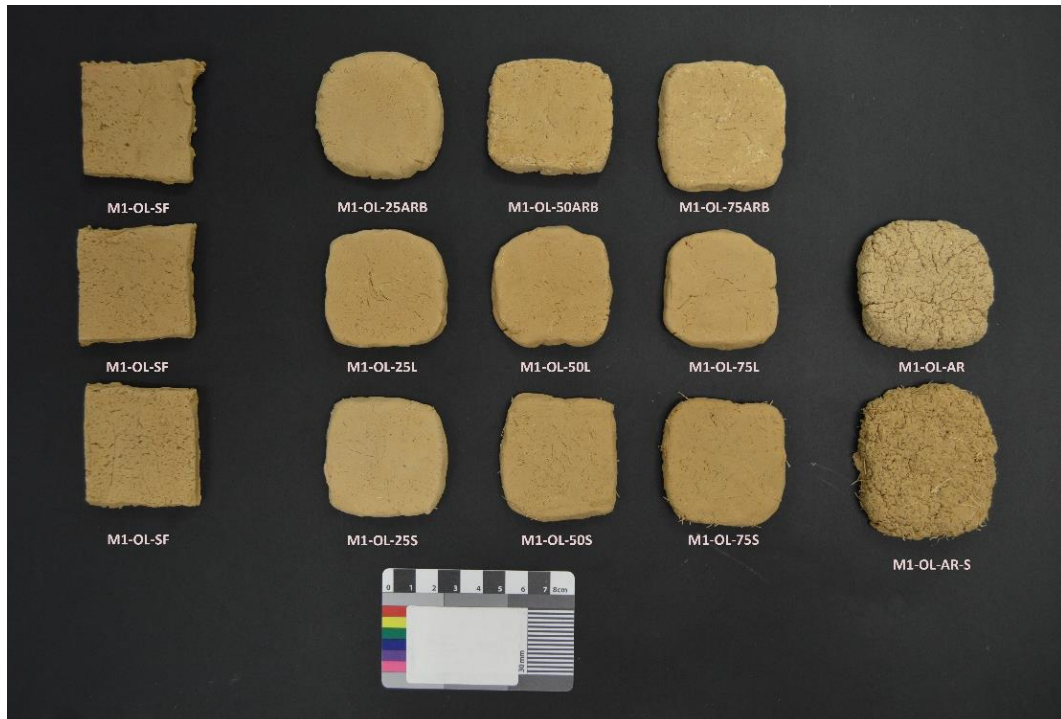


Figura 56. Conjunt de provetes inicials de morter amb oli d'oliva amb fibres i àrid silici després del procés d'assecat.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 57. Conjunt de provetes inicials de morter amb oli de llinosa amb fibres i àrid silici després del procés d'assecat.  
Font: Fotografia de l'autora.

### 7.2.2.1 Característiques de les provetes inicials

La superfície i la secció transversal de les provetes es caracteritza a nivell macroscòpic i mitjançant la microscòpia òptica, la qual permet un examen detallat per tal d'identificar característiques morfològiques com ara el grau de cohesió de la pasta, la porositat, la presència de fissures i la disposició de les fibres.

En general, les provetes de morter elaborades amb oli d'oliva es troben ben cohesionades, són plàstiques i permeten manipular-les fàcilment amb les mans mentre estan humides. Tenen una textura entre sorrenca i llimosa, la qual permet aconseguir superfícies llises treballant-les amb una espàtula. Una vegada endureixen tenen un aspecte mat i compacte, amb porositat reduïda i no es disgreguen. La informació obtinguda a nivell macroscòpic i amb microscòpia òptica es recull en l'*Annex IV*, on se sintetitzen les diferents característiques<sup>124</sup>.

Les provetes sense fibres es poden treballar bé en humit, perquè la pasta no s'adhereix massa a les mans. Tenen un aspecte homogeni, cosa que indicaria un bon mesclat dels materials, i no presenten fissures possiblement perquè els factors ambientals de la sala durant el procés d'assecat són estables. Després del procés d'enduriment, adquireixen un aspecte compacte i un acabat mat (Figura 58). En tractar de partir la peça quan està seca, tenint en compte que es tracta d'una apreciació subjectiva, mostra certa resistència.



Figura 58. Provena M1-OL-SF. Font: Fotografia de l'autora.

En la superfície de les provetes M1-OL-SF no s'observen agregats de terra en la pasta, com tampoc partícules soltes o disgregades. En totes les peces s'observen xicotets porus tant en la superfície com en la secció transversal, els quals es mostren en els detalls de la proveta sense fibres (M1-OL-SF) (Figures 59 i 60). Comparant aquesta proveta amb una mostra del morter de terra amb oli d'oliva aplicat durant la campanya del 2022<sup>125</sup>, s'observa que en afegir una menor quantitat d'oli la pulverulència augmenta considerablement, com mostra la Figura 61. Per la qual cosa aquest factor es podria solucionar incorporant un percentatge més elevat d'oli d'oliva, cosa que s'ajustarà a mesura que es desenvolupi l'experimentació.

<sup>124</sup> Annex IV. Característiques de les provetes de morter inicials amb oli d'oliva.

<sup>125</sup> Proporcions del morter de terra aplicat l'any 2022: 40% de sediment groc del jaciment, 60% de sorra sílica de 0,6 mm i 3% d'oli d'oliva.

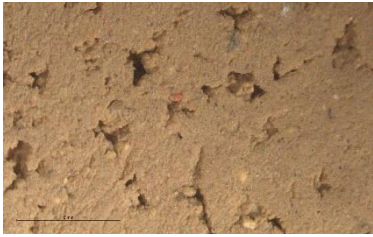


Figura 59. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-SF. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 60. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-SF. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 61. Detall a x10 de la superfície de la proveta de morter de terra al 3% d'oli d'oliva usada durant la campanya de l'any 2022 a Sant Jaume. Font: Fotografia de l'autora.

Pel que fa al comportament de les fibres, s'observa que l'Arbocel® BC200 absorbeix la humitat de la pasta amb rapidesa, reduint la plasticitat i generant fissures durant el procés d'enduriment per la retracció del material. Les fissures es fan visibles tan en la superfície com en el perímetre de les peces, cosa que suposaria certs problemes en cas de la seua aplicació in situ. Tanmateix, resulta l'additiu més complicat d'amassar amb la matriu de morter per la seua tendència a formar aglomerats. Açò s'originaria possiblement per les característiques del producte en relació amb la capacitat d'absorció ràpida de l'aigua. Aquests fets són encara més acusats en incrementar la proporció de fibres incorporades, especialment amb les provetes M1-OL-50ARB i M1-OL-75ARB (Figures 62-64). Per tant, l'addició d'aquesta fibra regula la humitat de la pasta, però no millora la resistència ni la cohesió del morter. Açò es manifesta en partir un fragment de les provetes, el qual no millora la seua resistència, per contra, quan més quantitat de polpa de cel·lulosa conté, més fàcil resulta de trencar.



Figura 62. Proveta M1-OL-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 63. Proveta M1-OL-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 64. Proveta M1-OL-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

En les provetes amb l'Arbocel® BC200 es perceben fissures, les quals augmenten gradualment de tamany i profunditat en afegir un percentatge major d'aquest additiu. En el seu interior es distingeixen xicotetes aglomeracions de polpa de cel·lulosa. Si es comparen les dimensions i les formes dels porus, també s'observa un creixement i allargament a mesura que el percentatge d'additiu s'incrementa. Aquestes alteracions es mostren en les Figures 65-67, on s'evidencia la seqüència gradual de l'efecte de l'Arbocel® BC200. En la secció transversal la incorporació de la fibra s'identifica a través dels aglomerats, més evidents en les provetes M1-OL-50ARB i M1-OL-75ARB, com s'observa en les Figures 68-70.

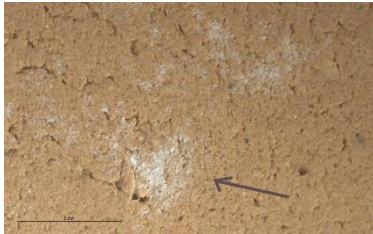


Figura 65. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 66. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 67. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

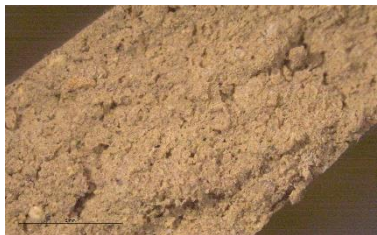


Figura 68. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 69. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 70. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

En el cas del morter amb les fibres de lli i amb les fibres de corda de sisal, el resultat obtingut és positiu. Es produeix una absorció de la humitat del propi morter gradual en la majoria de les provetes, mentre que s'alenteix en els casos de M1-OL-25L i M1-OL-25S per la poca presència de fibres. L'addició facilita la seua manipulació respecte el morter sense fibres, dotant-lo d'una consistència major. A diferència de les provetes amb polpa de cel·lulosa, en incrementar el percentatge de fibres les dimensions dels porus no augmenten. Aquestes, tot i ser de major dimensió que la polpa de cel·lulosa, s'integren bé en la matriu de morter i en ambdós casos no ressalten cromàticament, sent més perceptibles les fibres de corda de sisal. En trencar la proveta es comprova que quan més quantitat de fibres s'afegeix, major resistència ofereix. Les provetes amb fibres de corda de sisal són resistents en tractar de separar els fragments com a conseqüència de l'entramat i la major rigidesa de les fibres. En el cas del lli, aquests s'adhereix adequadament al morter fent que s'haja d'insistir per a separar els dos fragments. Aquests resultats suggereixen que les dues fibres podrien proporcionar bons resultats en relació a la consistència, facilitat de manipulació i cohesió (Figures 71-76). Per la qual cosa es pretén conèixer més detingudament el seu comportament al laboratori i comprovar si aquest es correspon amb les característiques que ha de complir al jaciment.





Figura 71. Proveta M1-OL-25L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 72. Proveta M1-OL-50L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 73. Proveta M1-OL-75L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 74. Proveta M1-OL-25S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 75. Proveta M1-OL-50S. Font: Fotografia de l'autora.

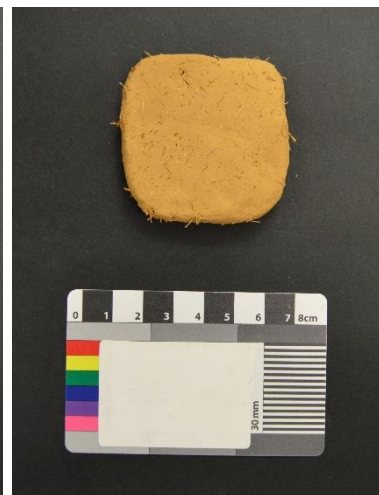


Figura 76. Proveta M1-OL-75S. Font: Fotografia de l'autora.

Les provetes amb fibres de lli presenten porus xicotets de forma allargada semblants als que s'observen en les provetes sense fibres M1-OL-SF. Per una altra banda, la quantitat de fissures en la superfície es redueix a zones puntuals i tenen dimensions menors, mentre que en els perímetres de les peces no s'originen. En alguns casos, es distingeix certa separació entre les fibres que resten en les parts més superficials i el morter, qüestió que s'observa en les Figures 77-79. A nivell cromàtic, el lli s'integra bé en el conjunt de les peces. Pel que fa a la secció transversal, les fibres creen un entramat en l'interior com mostren les Figures 80 i 81. Aquest manté els dos fragments units, tot i estar partit el morter, cosa que s'observa en la Figura 82.

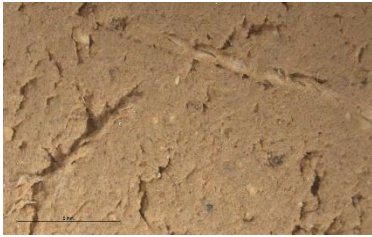


Figura 77. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-25L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 78. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-50L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 79. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-75L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 80. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-25L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 81. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-50L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 82. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-75L. Font: Fotografia de l'autora.

El comportament de les fibres amb corda de sisal incorporades al morter és paregut a l'observat en les fibres de lli. S'aprecia certa porositat en forma de canals, els quals es poden apreciar en la Figura 83, així com algunes fissures de manera puntual. En certes zones es produeix una mena de separació al voltant de la fibra quan aquesta es troba en les parts més externes de la proveta, visibles en les Figures 84 i 85. A través de la secció transversal s'observa la distribució homogènia de les fibres, com es mostra en les Figures 86 i 88. A més, aquestes mantenen units els dos fragments de la proveta, fet que s'exposa en la Figura 87.



Figura 83. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-25S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 84. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-50S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 85. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-75S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 86. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-25S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 87. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-50S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 88. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-75S. Font: Fotografia de l'autora.

Pel que fa a les dues provetes amb àrid silici no donen un bon resultat per l'escassa plasticitat que ofereixen i la dificultat que suposa mesclar els materials. La proveta M1-OL-AR està poc cohesionada i en endurir-se apareixen nombroses fissures en tota la superfície i el seu perímetre, de manera que el morter no és capaç d'aglomerar la sorra homogèniament (Figura 89). Per una altra banda, la proveta M1-OL-AR-S que inicialment havia d'incorporar el 75% de fibra de corda de sisal, només ha estat possible afegir el 44,2% perquè la barreja es troba saturada (Figura 90). En ambdós casos sembla que la proporció d'àrid afegida és excessiva per a la quantitat de morter aplicada i, com a conseqüència, el morter es disgrega al tacte.



Figura 89. Probeta M1-OL-AR. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 90. Probeta M1-OL-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.

Les últimes provetes elaborades amb oli d'oliva contenen l'àrid silici utilitzat habitualment en les intervencions del jaciment. Tant la peça M1-OL-AR com M1-OL-AR-S presenten un acabat amb nombroses fissures interconnectades formant un clivellat. Les quantitats d'àrid i les fibres de corda de sisal pareixen saturar la barreja i al tacte es disgreguen les partícules. Aquests aspectes es reflecteixen en les Figures 91-94.



Figura 91. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-AR. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 92. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-AR. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 93. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 94. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.

Per una altra banda, el morter amb oli de llinosa està ben cohesionat, però la consistència és molt més fluïda i fa més complicat poder treballar amb ell, especialment en el cas de les provetes sense fibres (Figura 95). Malgrat aquest fet, en endurir-se resulta molt més resistent que la mostra amb oli d'oliva perquè, tant aquesta com la resta de provetes amb oli de llinosa, s'han de partir amb un cisell i un martell. Totes les característiques es compilen en el quadern de camp, la síntesi de la informació es troba a l'*Annex V*<sup>126</sup>.



Figura 95. Probeta M1-LLI-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Per una altra banda, se segueix el mateix procediment per al conjunt de provetes amb oli de llinosa. La proveta sense fibres (M1-LLI-SF) aparentment té una porositat menor i les dimensions són més menudes respecte el morter amb oli d'oliva, possiblement per la capacitat de reticulació que ofereix l'oli de llinosa. Amb la intenció de determinar aquesta apreciació, les provetes realitzades posteriorment se sotmeten als assajos que proporcionen aquesta informació. No presenta fissures ni tampoc partícules disgregades en la superfície i la secció transversal, com mostren les Figures 96 i 97.

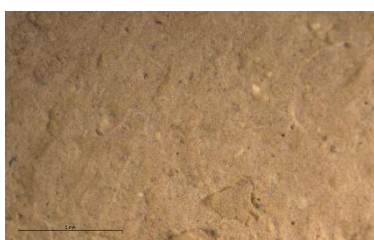


Figura 96. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-SF. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 97. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-SF. Font: Fotografia de l'autora.

<sup>126</sup> Annex V. Característiques de les provetes de morter inicials amb oli de llinosa.

Les provetes amb l'additiu de polpa de cel·lulosa es comporten d'una manera pareguda al morter amb oli d'oliva, però en aquest cas no es fissuren tant. A les peces M1-LLI-25ARB i M1-LLI-50ARB, s'observen clivells de xicotetes dimensions, mentre que a M1-LLI-75ARB, aquestes són més notables (Figures 98-100). Aquest comportament es pot haver donat perquè la textura inicial del morter de llinosa és més fluida, la qual cosa evita la retracció més exagerada del material i per tant, facilita la seua manipulació, encara que no proporciona cap millora en relació a la resistència, atenent que aquesta és semblant a la proveta sense fibres M1-LLI-SF.



Figura 98. Probeta M1-LLI-25ARB.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 99. Probeta M1-LLI-50ARB.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 100. Probeta M1-LLI-75ARB.  
Font: Fotografia de l'autora.

Les provetes amb fibres d'Arbocel® BC200 en general es fissuren menys respecte les realitzades amb morter d'oli d'oliva (Figures 101 i 102), però a la peça M1-LLI-75ARB se n'aprecien una major quantitat (Figura 103). Els porus també són més escassos, encara que s'incrementen i obtenen una forma més allargada a mesura que s'augmenta el percentatge d'additiu afegit. En la superfície i en la secció transversal no es perceben partícules disgregades del morter, com mostren les Figures 104-106.



Figura 101. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 102. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 103. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

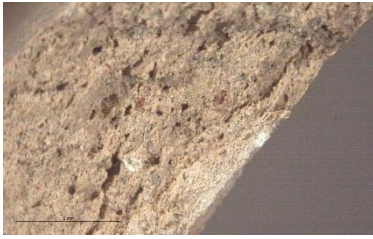


Figura 104. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 105. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 106. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

En el cas de les provetes amb fibres de lli el resultat és positiu. Les fibres redueixen la fluïdesa de la pasta de manera gradual i milloren considerablement la cohesió i la consistència, mantenint la plasticitat (Figures 107-109). Per la qual cosa permeten una manipulació còmoda respecte les provetes sense fibres M1-LLI-SF. En tractar de trencar les peces s'evidencia, tot i ser de manera subjectiva, que les fibres incrementen notablement la resistència del morter.



Figura 107. Proveta M1-LLI-25L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 108. Proveta M1-LLI-50L. Font: Fotografia de l'autora.

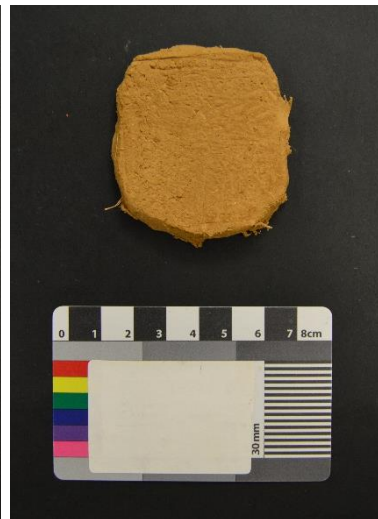


Figura 109. Proveta M1-LLI-75L. Font: Fotografia de l'autora.

Amb la incorporació de les fibres de lli (M1-LLI-25L, M1-LLI-50L i M1-LLI-75L) no es produeixen fissures en cap de les provetes, a diferència de l'exemple anterior. Es distingeixen porus de xicotetes dimensions, els quals tenen poca profunditat i no augmenten en incrementar el percentatge de fibres. Aquestes característiques s'observen en les Figures 110-112. Pel que fa a la secció transversal, en les Figures 113-114 s'aprecien restes de morter adherides als fils que creen l'entramat intern, cosa que estaria relacionada amb el grau elevat d'integració de les fibres a la matriu. En la Figura 115 es mostra la marca deixada pel cisell, ferramenta que ha estat necessària per a partir la peça, per la major resistència al trencament que aquesta ofereix.

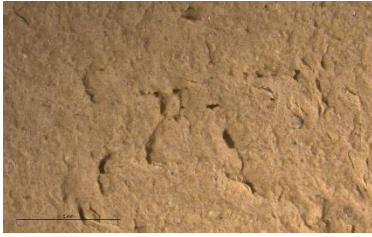


Figura 110. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-25L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 111. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 112. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-75L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 113. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-25L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 114. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.

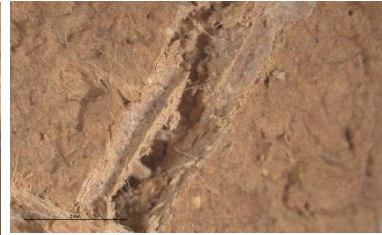


Figura 115. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-75L.  
Font: Fotografia de l'autora.

Les provetes amb fibres de corda de sisal durant la preparació es comporten de la mateixa manera que les fibres de lli, obtenint una resistència major i facilitant la manipulació respecte el morter sense fibres M1-LLI-SF (Figures 116-118). A més, s'observa que en el moment de separar els dos fragments de la proveta, les fibres arranquen part de la pasta disgregant-la, cosa que pot produir-se perquè aquestes són més rígides que el lli. No obstant, el morter no es queda adherit a les fibres com sí ocorre amb el lli, cosa que pot originar-se per la superfície més llisa que presenta.



Figura 116. Proveta M1-LLI-25S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 117. Proveta M1-LLI-50S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 118. Proveta M1-LLI-75S.  
Font: Fotografia de l'autora.

Els trets identificats en les provetes amb fibres de corda de sisal, guarden relació amb els esmentats en les peces amb fibres de lli. També es detecten porus de dimensions reduïdes i poca profunditat i només es generen microfissures en la superfície de M2-LLI-75S, mentre que no apareixen en el perímetre. Com prèviament s'exposa, amb l'addició de fibres de corda de sisal i de lli no s'augmenten les dimensions ni la forma dels porus a mesura que s'incrementa el seu percentatge. En algunes zones es troba certa separació del morter al voltant de les fibres que queden en la part més superficial, com en la Figura 119. En les Figures 120 i 121 s'exposen aquests factors originats després del procés d'assecat. A més, en les Figures 122 i 123 s'observa el morter lleugerament disgregat com a conseqüència de la separació dels fragments de la proveta, i en la Figura 124 s'aprecia l'entramat en l'interior de la peça.

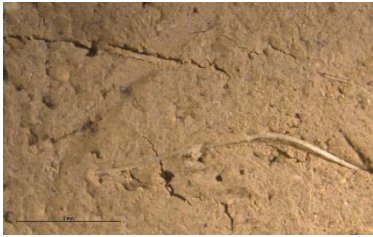


Figura 119. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-25S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 120. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-50S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 121. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-75S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 122. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-25S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 123. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-50S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 124. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-75S.  
Font: Fotografia de l'autora.

Per últim, la proveta M1-LLI-AR no dona bons resultats per la dificultat que presenta mesclar els materials en les proporcions escollides. La quantitat d'àrid satura la pasta fent que tinga poca cohesió, de manera que mentre es manipula es desprenen partícules donant lloc a una barreja molt poc plàstica (Figura 125). Les característiques de la proveta M1-LLI-AR-S són semblants per la dificultat que suposa treballar-la, perquè s'incorporen les fibres de corda de sisal fins a la saturació (Figura 126). Quan ambdues endureixen es percep que es disgreguen al tacte, cosa que s'agreuja en exercir pressió per a trencar una part i observar la secció transversal atenent que es desfà parcialment. Tot i estar més compactes que les provetes d'aquest tipus realitzades amb oli d'oliva, no suposen unes mescles massa adequades com a conseqüència de les proporcions i les granulometries utilitzades.





Figura 125. Proveta M1-LLI-AR. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 126. Proveta M1-LLI-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.

De la mateixa manera que amb els morters amb oli d'oliva i àrid, la proveta M1-LLI-AR tracta de replicar la barreja utilitzada al jaciment. En endurir-se s'aprecien nombroses fissures i intersticis entre les partícules d'àrid, com s'exposen en les Figures 127 i 128. Per últim, a aquesta mescla afegeix una quantitat de fibres de corda de sisal per a obtenir la proveta M1-LLI-AR-S, la qual pareix saturar la pasta. L'aparença final de la superfície s'observa a les Figures 129 i 130, que és igual a l'obtinguda amb les provetes de morter amb oli d'oliva i àrid.



Figura 127. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-AR. Font: Fotografia de l'autora.

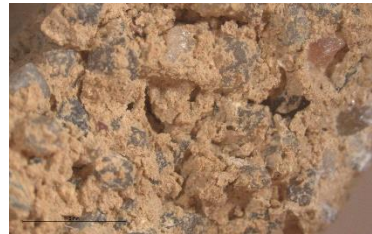


Figura 128. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-AR. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 129. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 130. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.

En resum, les mostres realitzades amb fibres de lli i fibres de corda de sisal, de la mateixa manera que en els casos anteriors, podrien donar bons resultats en el treball de camp. Ara bé, el fet que aquests morters siguin tan resistents, especialment en el cas de l'oli de llinosa, permetria la possibilitat de treballar amb proporcions inferiors d'oli, fet que es durà a terme en els següents passos de la investigació. Per contra, es descarta l'elaboració de noves provetes utilitzant l'Arbocel® BC200, així com també les proporcions anteriorment descrites d'àrid silici atenent als resultats obtinguts.

### 7.2.3 Segona fase de l'experimentació amb les provetes de morters de reposició

Com prèviament s'esmenta, es continua experimentant amb el lli i la corda de sisal, així com amb diverses proporcions d'oli d'oliva i oli de llinosa. Després de dos mesos s'estudien la totalitat de les provetes elaborades. En la Figura 131 es mostren les provetes de morter amb oli d'oliva i fibres de lli, i les peces amb fibres de corda de sisal es veuen en la Figura 132. Aquestes han endurit correctament i presenten inicialment una bona cohesió, seguidament es descriu amb detall els aspectes analitzats. Com es pot observar en les imatges, presenten diferències cromàtiques entre elles arran de la proporció d'oli afegida, és a dir, les provetes amb major percentatge obtenen una tonalitat més fosca.



Figura 131. Conjunt de provetes de morter amb oli d'oliva amb fibres de lli. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 132. Conjunt de provetes de morter amb oli d'oliva amb fibres de corda de sisal. Font: Fotografia de l'autora.

El resultat obtingut del procés d'assecat de les provetes amb oli de llinosa s'exposa en la Figura 133 per a les peces amb fibres de lli i en la Figura 134 per a les peces amb fibres de corda de sisal. A nivell macroscòpic es percep que en la majoria dels casos no presenten alteracions per l'enduriment i es mostren compactes. També destaca la seua tonalitat que, com en el cas anterior, s'enfosqueix en relació amb la incorporació de més oli.



Figura 133. Conjunt de provetes de morter amb oli de llinosa amb fibres de lli. Font: Fotografia de l'autora.

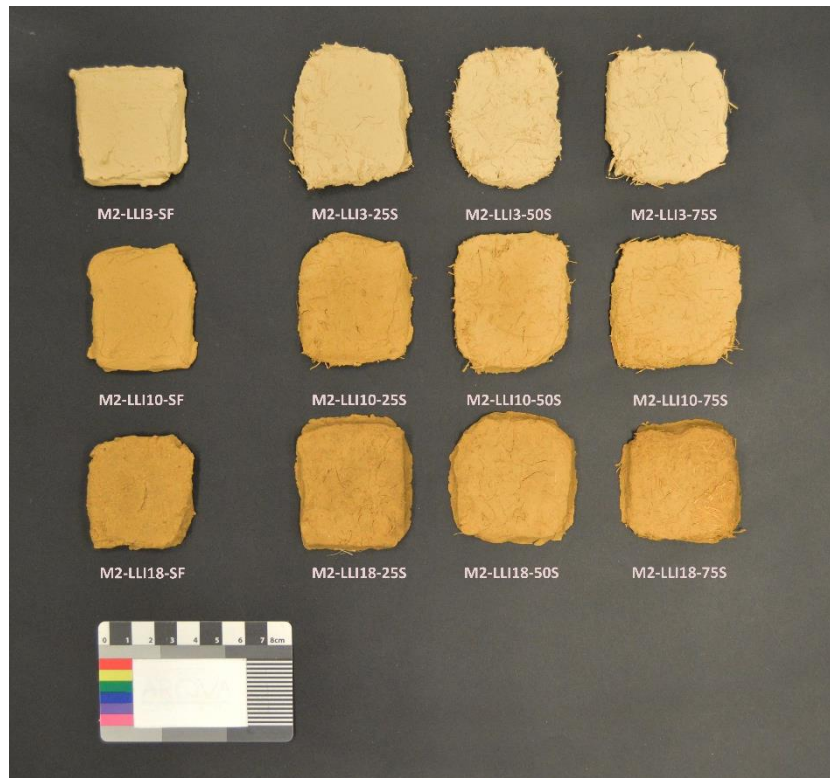


Figura 134. Conjunt de provetes de morter amb oli de llinosa amb fibres de corda de sisal. Font: Fotografia de l'autora.

### 7.2.3.1 Característiques de les provetes estudiades

Els morters elaborats amb sediment i els tres percentatges d'oli d'oliva es poden barrejar fàcilment sense que queden aglomerats<sup>127</sup>. Pel que fa a les quantitats d'aigua afegides, al morter al 3% d'oli d'oliva s'incorpora una major quantitat d'aigua per tal d'homogeneïtzar la pasta. El mateix volum d'aquesta s'usa en la barreja al 10% d'oli, encara que probablement hi ha un lleuger excedent. És per açò que en la preparació al 18% d'oli d'oliva la quantitat d'aigua es redueix, comprovant que els materials queden integrats. Després de les 24 hores de curació, s'observa que la textura del morter és prou fluida, cosa que dificulta en part poder treballar la pasta amb les mans i s'utilitza una espàtula metàl·lica. Aquesta qüestió es relaciona amb la intenció de replicar el procediment portat a terme en el jaciment, on es preveu afegir una quantitat d'aigua excedent que s'evapora durant la curació. Contràriament, en el laboratori els diferents morters es guarden en recipients amb tapadora, on, a més, la temperatura és més baixa respecte les que acostumen a donar-se en les campanyes de treball. Cal remarcar que la fluïdesa es redueix a mesura que el percentatge d'oli augmenta, fent que la textura siga més consistent.

No obstant açò, el comportament dels morters millora en afegir les fibres. En els tres percentatges de fibres testats s'observa que, sobre tot, en incorporar el 50% de fibres de lli o de corda de sisal la barreja es tornava més cohesionada i còmoda de manipular. Quan s'afegeix el 75% de fibres de lli també permet treballar la pasta fàcilment, però amb les fibres de corda de sisal pareix saturar el morter. Tanmateix, en els tres percentatges d'oli d'oliva les pastes es troben ben integrades amb les fibres a nivell cromàtic, sent més perceptibles la corda de sisal.

Les provetes al 3% d'oli d'oliva una vegada endurides presenten certa pulverulència al tacte, que minva a mesura que augmenta el volum d'oli afegit. Aquest tret és lleuger en les peces al 10% d'oli, mentre que al morter al 18% ja no és perceptible. Per tal de veure la secció transversal de les provetes, es decideix partir un fragment comprovant de manera subjectiva la resistència mecànica que ofereixen. Cal remarcar que les provetes s'analitzen entenent-les com un primer contacte amb aquest tipus de morters i no presenten un format estandarditzat. És per açò que no se sotmeten als assajos regulats que determinen aquests valors objectivament, deixant la via oberta a poder-ho fer en el desenvolupament pròxim de la investigació. Per tant, en partir amb les mans les provetes s'observa que guanyen resistència a mesura que contenen un volum d'oli d'oliva major. Aquesta resistència i cohesió s'incrementa amb la presència de fibres, la qual creix al mateix temps que augmenta la quantitat d'additiu incorporat. A més, els dos tipus de fibres ofereixen una resistència semblant, però s'intueix que el lli podria cohesionar-se més amb el morter. Quan es tracta de separar els fragments de les provetes amb menys percentatge d'oli, s'aprecia que la pasta és disgrega més corregint-se en els morters amb més quantitat d'aquest. Aquesta disgregació també es percep de manera més exagerada en les provetes amb fibres de sisal que en les provetes amb lli.

Per una altra banda el sediment i l'oli de llinosa s'integra adequadament i de manera homogènia. Com en el cas anterior, la consistència de la barreja és major en els morters amb major volum d'oli. Pel que fa a la fluïdesa i la quantitat d'aigua usada després del temps de curació, ocorre la mateixa situació descrita prèviament, de manera que es treballa més còmodament amb una espàtula. Les fibres ajuden considerablement a millorar la textura i la cohesió de les provetes en estat humit, en especial quan s'incorpora el 50% de lli i de corda de sisal. En les provetes al 75% de fibres resulta més complex integrar-les, sobre tot la corda de sisal sembla saturar la pasta. A nivell cromàtic les dues fibres s'integren de forma correcta, sent la corda de sisal més visible en la superfície.

---

<sup>127</sup> Annex VI. Resultats del segon conjunt de provetes de morter de reposició.

Després del procés d'enduriment s'observa que a diferència del morter amb oli d'oliva, les provetes amb oli de llinosa no presenten pulverulència al tacte, sent molt poc perceptible únicament en la barreja al 3%. En partir aquest conjunt es comprova que el grau de resistència adquirit és major respecte l'anterior. La majoria de provetes es poden trencar amb les mans, tot i exercir més força a mesura que augmenta el percentatge d'oli i de fibres. No obstant, les peces al 10% d'oli de llinosa amb el 75% d'ambdues fibres i totes les provetes al 18% d'oli amb les respectives quantitat de les dues fibres (M2-LLI10-75L, M2-LLI10-75S, M2-LLI18-SF, M2-LLI18-25L, M2-LLI18-25S, M2-LLI18-50L, M2-LLI18-50S, M2-LLI18-75L i M2-LLI18-75S) es parteixen mitjançant un cisell i un martell. En aquests casos, es realitzen incisions amb les eines i s'acaba de separar amb les mans. Amb açò, es percep que el grau de disgregació disminueix en incorporar un percentatge més elevat d'aquest oli. Tot i que les dues fibres s'integren bé en les barreges, el lli sembla cohesionar-se millor i la corda de sisal en separar els fragments disgrega en major mesura la pasta.

#### 7.2.4 Anàlisi fisicoquímica dels morters elaborats en la segona fase de l'experimentació

##### 7.2.4.1 Caracterització morfològica mitjançant microscòpia òptica

Primerament, es descriuen les característiques identificades en les provetes amb oli d'oliva<sup>128</sup>. D'aquest conjunt de morter sense fibres, ninguna peça presenta cap fragmentació, fissures ni tampoc aglomerats de terra que no s'hagen integrat bé. En les Figures 135, 136 i 137, es mostren detalls de la superfície de les provetes M2-OL3-SF, M2-OL10-SF i M2-OL18-SF, aquestes presenten una superfície compacta i sense fissures. Es percep certa pulverulència en la proveta amb menys percentatge d'oli, i a mesura que s'incorpora més additiu aquesta xicoteta disgregació es corregeix. Aquest factor s'evidencia a través de les partícules soltes en la superfície de M2-OL3-SF, en contraposició a l'acabat molt més cohesionat de M2-OL10-SF i M2-OL18-SF. Com que el seu origen té relació amb el percentatge utilitzat d'oli i no amb la incorporació de fibres, el mateix patró es repeteix en els casos de les provetes amb lli i corda de sisal. Tan en l'àrea de la proveta com en la seua secció transversal es veuen xicotets porus amb forma entre arrodonida i allargada de poca profunditat, com mostren les Figures 138-140.



Figura 135. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL3-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 136. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL10-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

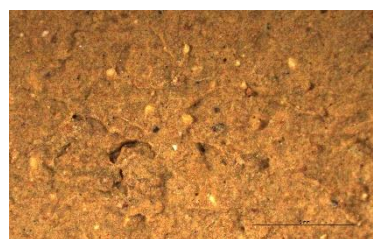


Figura 137. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL18-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

<sup>128</sup> Donada la quantitat de provetes de morter amb oli d'oliva i oli de llinosa analitzades, s'adjunten en aquest apartat les imatges més representatives.

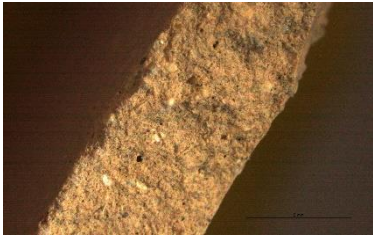


Figura 138. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL3-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

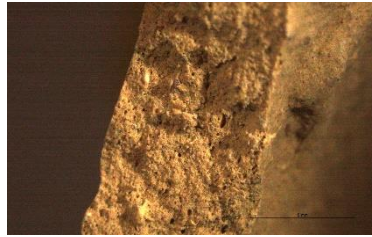


Figura 139. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL10-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

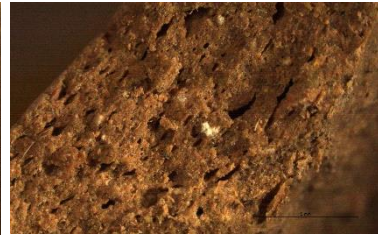


Figura 140. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL18-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

Totes les proporcions de fibres de lli s'integren adequadament al morter amb oli d'oliva en els tres percentatges d'oli experimentats. En cap cas es generen fissures com a conseqüència de la retracció del material, però sí s'identifiquen porus de característiques semblants a les anteriors. En les Figures 141-143 s'exposen detalls de la superfície de les provetes amb els diversos percentatges d'oli i al 50% de fibres (M2-OL3-50L, M2-OL10-50L i M2-OL18-50L), les quals s'observen ben cohesionades en la pasta. Ara bé, en les seccions transversals s'aprecia certa pulverulència en les provetes amb menor proporció d'oli, com s'observa en la Figura 144. Aquest fenomen minva a mesura que el contingut d'oli s'incrementa. Les partícules de morter generades en partir les provetes es queden ben adherides a les fibres, com a conseqüència de l'entramat interior que generen. Açò sumat a la distribució homogènia de les fibres es fa visible en les Figures 145 i 146.



Figura 141. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL3-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 142. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL10-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.

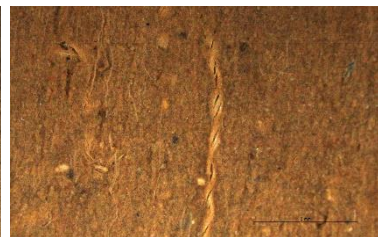


Figura 143. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL18-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 144. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL3-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 145. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL10-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 146. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL18-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.

Pel que fa a les fibres de corda de sisal, s'integren bé tant en la pasta com a nivell cromàtic. La quantitat i forma dels porus és semblant a les provetes prèviament descrites. No obstant, durant el procés d'assecat es generen fissures en la superfície de la proveta, que augmenten a mesura que la quantitat d'additiu és major. També s'identifiquen lleugeres separacions al voltant de les fibres que queden en la part més externa, que poden donar-se com a conseqüència de la retracció de la pasta. Aquestes alteracions s'exposen en les Figures 147-149 corresponents a les provetes M2-OL3-50S, M2-OL10-50S i M2-OL18-50S, però es donen també en la resta de morters amb oli d'oliva i aquest tipus de fibra. A través de la secció transversal es permet veure la pulverulència ocasionada en partir les provetes amb un percentatge menor d'oli, com és el cas de la Figura 150. A les Figures 151 i 152 es mostra la menor quantitat de partícules adherides a les fibres i l'entramat creat per l'addició d'aquestes.



Figura 147. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL3-50S.  
Font: Fotografia de l'autora.

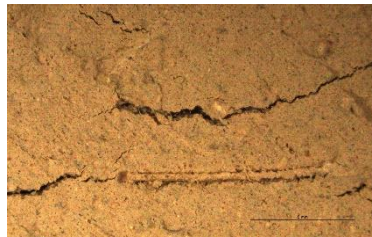


Figura 148. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL10-50S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 149. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-OL18-50S.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 150. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL3-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 151. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL10-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.



Figura 152. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL18-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.

En segon lloc, s'estudien les provetes elaborades amb oli de llinosa. Com en els casos anteriors, aquest conjunt de provetes no presenta fissures, fractures o bé aglomerats en la pasta derivats d'una barreja insuficient. La superfície de les provetes sense fibres (M2-LLI3-SF, M2-LLI10-SF i M2-LLI18-SF) es mostra ben cohesionada. Tot i haver utilitzat els mateixos percentatges que en les provetes amb oli d'oliva, en aquestes la pulverulència és molt reduïda i només es dona en la peça al 3% d'oli mínimament. En les Figures 153 i 156, corresponents a la superfície i la secció transversal de la proveta M2-LLI3-SF s'aprecien les partícules soltes. Mentre que en les Figures 154-155 i 157-158, corresponents a les peces amb major quantitat d'oli de llinosa es mostren els morters més compactes.





Figura 153. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI3-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

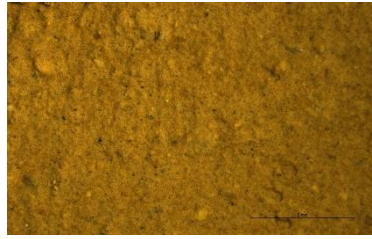


Figura 154. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI10-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

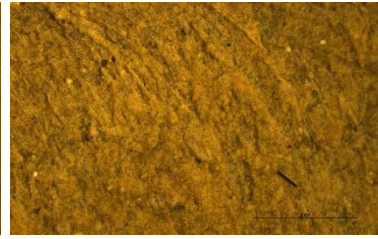


Figura 155. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI18-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

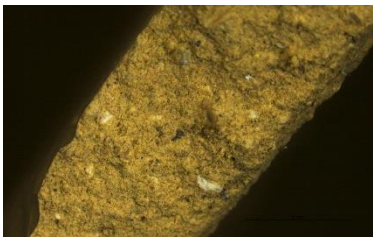


Figura 156. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI3-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

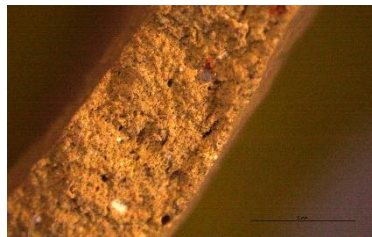


Figura 157. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI10-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

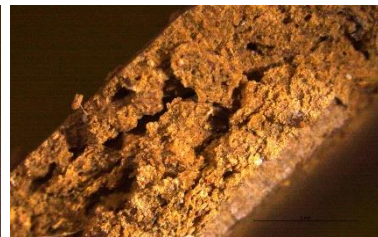


Figura 158. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI18-SF.  
Font: Fotografia de l'autora.

En les provetes d'oli de llinosa i lli, les fibres s'integren correctament en les diferents proporcions d'additius utilitzats i la seua distribució és bastant homogènia. Durant el procés d'assecat i enduriment de les peces no es generen fissures en la seua superfície ni tampoc es detecten separacions entre les fibres més externes i el morter. Els porus són puntuals en les provetes al 3% d'oli, reduint la seua quantitat gradualment a mesura que el percentatge d'oli augmenta. Aquestes apreciacions s'observen en les Figures 159-161, que fan referència a les provetes M2-LLI3-50L, M2-LLI10-50L i M2-LLI18-50L. A través de la secció transversal de les peces es veu l'entramat format per les fibres i com els fragments en separar-se disgreguen lleugerament el morter. Aquestes partícules queden adherides a les fibres, sent més evident en la proveta M2-LLI3-50L (Figura 162) perquè té una textura més pulverulenta, mentre que en les altres dues, el nombre de partícules i la disgregació és menor, com mostren les Figures 163 i 164.

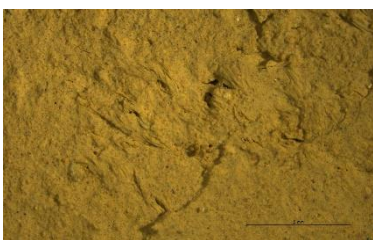


Figura 159. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI3-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.

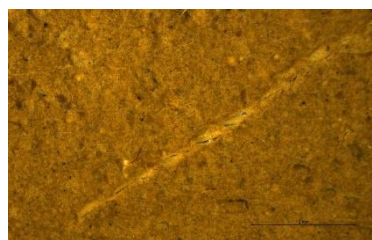


Figura 160. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI10-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.

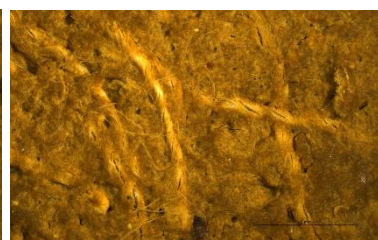


Figura 161. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI18-50L.  
Font: Fotografia de l'autora.

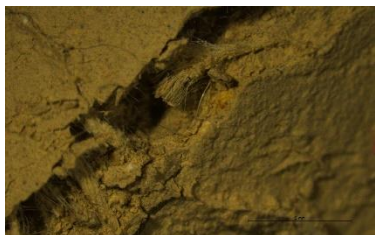


Figura 162. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI3-50L. Font: Fotografia de l'autora.

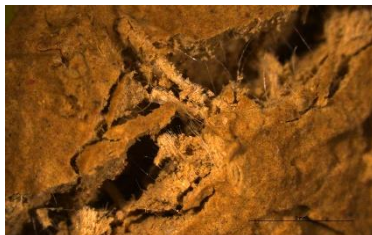


Figura 163. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI10-50L. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 164. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI18-50L. Font: Fotografia de l'autora.

En darrer lloc, les provetes amb oli de llinosa i corda de sisal s'integren bé, encara que en incorporar el 75% de fibres la pasta aparenta estar saturada d'additiu. La quantitat dels porus és puntual en les provetes al 3% d'oli i es redueix en les que contenen un percentatge major d'aquest. Després de l'assecat de les peces, apareixen fissures que es tornen més nombroses en les peces amb més volum de corda de sisal, seguint d'aquesta manera una relació directament proporcional. Tal com en altres provetes s'esmenta, es produeixen lleugers intersticis entre la pasta i les fibres situades en les parts més externes. En les Figures 165-167 es mostren aquests factors d'alteració originats durant l'assecat de les provetes M2-LLI3-50S, M2-LLI10-50S i M2-LLI18-50S. Per una altra banda, en la secció transversal de la proveta M2-LLI3-50S s'aprecia la textura lleugerament pulverulenta en haver separat els fragments (Figura 168), tret que no ocorre en la peça M2-LLI10-50S (Figura 169) pel percentatge major d'oli. En la Figura 170 es mostra l'entramat intern de la proveta M2-LLI18-50S que manté unit els dos fragments de la mateixa, així com la marca de l'eina usada per a partir-la.



Figura 165. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI3-50S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 166. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI10-50S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 167. Detall a x10 de la superfície de la proveta M2-LLI18-50S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 168. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI3-50S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 169. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI10-50S. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 170. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI18-50S. Font: Fotografia de l'autora.

#### 7.2.4.2 Assaig d'absorció d'una gota d'aigua

Com es detalla anteriorment, es cronometra el temps d'absorció de les tres gotes disposades en cada proveta i es calcula la mitjana de temps que transcorre fins a l'absorció d'aquestes. Part del procés d'aquest assaig es mostra en les Figures 171 i 172, on es veu el moment d'aplicació d'una gota i el procés d'absorció d'aquestes en la superfície d'unes provetes.

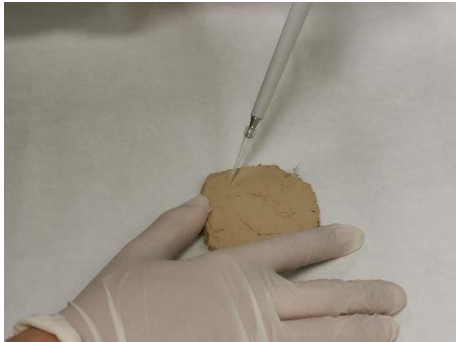


Figura 171. Disposició de les gotes d'aigua amb la micropipeta. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 172. Procés d'absorció de les gotes d'aigua. Font: Fotografia de l'autora.

En les Figures 173 i 174 s'exposen els valors obtinguts per a les provetes amb oli d'oliva i fibres de lli, i les provetes amb morter amb oli d'oliva i fibres de corda de sisal respectivament<sup>129</sup>.

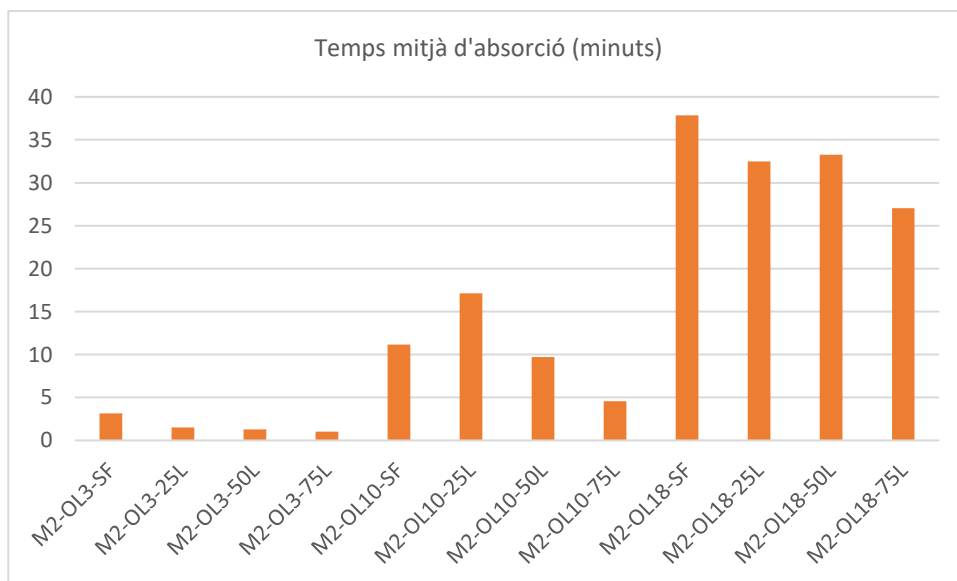


Figura 173. Resultats de l'assaig d'absorció de les gotes d'aigua de les provetes amb oli d'oliva i fibres de lli. Font: Assaig dirigit per la doctora L. Osete Cortina (Microsoft Excel).

<sup>129</sup> Veure Annex VII. Anàlisi fisicoquímica dels morters elaborats en la segona fase de l'experimentació. Taula 4. Temps mitjà d'absorció de les provetes amb oli d'oliva.

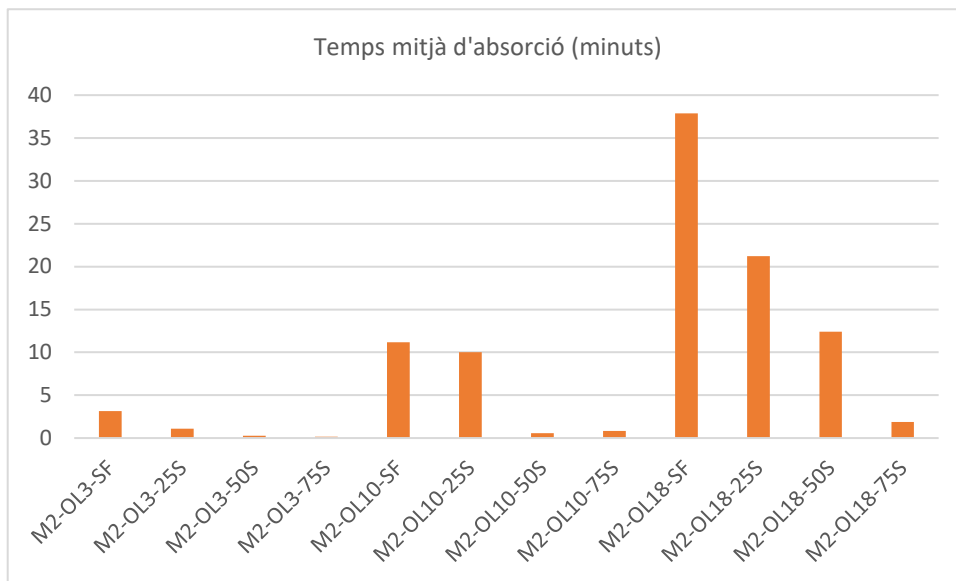


Figura 174. Resultats de l'assaig d'absorció de les gotes d'aigua de les provetes amb oli d'oliva i fibres de corda de sisal. Font: Assaig dirigit per la doctora L. Osete Cortina (Microsoft Excel).

Atenent als valors mitjans obtinguts, s'observa que el temps d'absorció de la gota d'aigua augmenta a mesura que s'incrementa el percentatge d'oli afegit al morter en els tres casos de les provetes sense fibres (M2-OL3-SF, M2-OL10-SF i M2-OL18-SF). Per tant, s'evidencia que l'ús de l'oli aporta a la terra un component hidròfob. Aquesta característica es mostra en les Figures 175-177, on les gotes dipositades en les provetes sense fibres resten en la superfície amb una forma més esfèrica, indicant un angle de contacte superior, en els morters amb major percentatge d'oli d'oliva. Fins el moment, es tracta únicament d'una observació, però el procediment estandaritzat està recollit a la norma UNE-EN 15802<sup>130</sup>, amb el qual es calcula la capacitat d'humectació de les gotes d'aigua sobre la superfície de les provetes a partir de l'angle que forma la mateixa gota respecte l'eix horitzontal.



Figura 175. Gota d'aigua dipositada en M2-OL3-SF. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 176. Gota d'aigua dipositada en M2-OL10-SF. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 177. Gota d'aigua dipositada en M2-OL18-SF. Font: Fotografia de l'autora.

<sup>130</sup> UNE. NORMALIZACIÓN ESPAÑOLA. UNE-EN 15802. Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación del ángulo de contacto estático.

En tots els casos on s'afegeixen les fibres de lli o les fibres de corda de sisal disminueix el temps d'absorció respecte les provetes sense fibres. Aparentment l'absorció és més progressiva en les fibres de lli respecte les fibres de corda de sisal, indicatiu d'un augment de la porositat del material, com es comprova en els casos on l'aigua cau sobre les fibres donant aquest resultat. Aquesta situació es veu recolzada per les fissures que presenten les provetes amb corda de sisal, a través de les quals l'aigua és absorbida amb rapidesa.

Per una altra banda, els resultats obtinguts del mateix assaig efectuat sobre les provetes amb oli de llinosa es mostren en les Figures 178 i 179<sup>131</sup>.

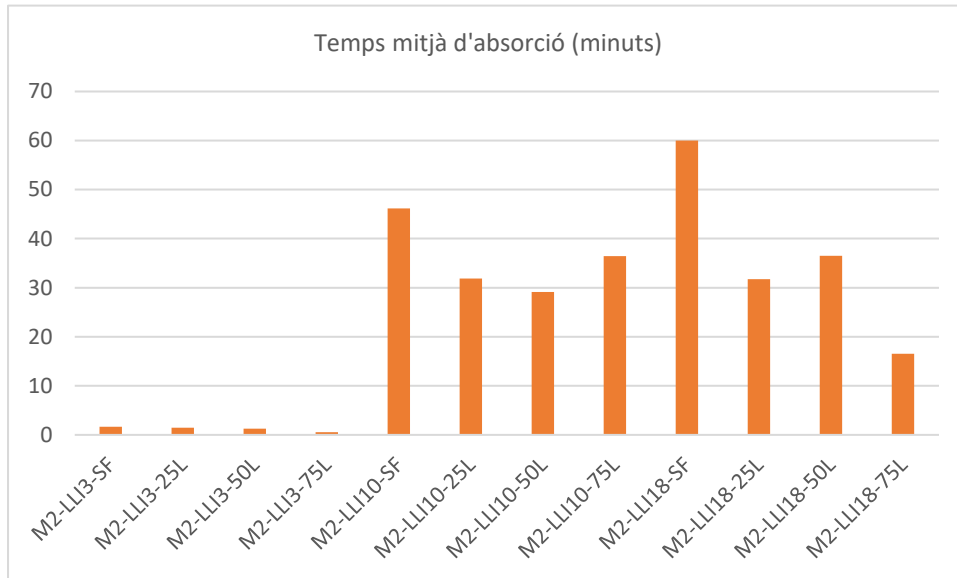


Figura 178. Resultats de l'assaig d'absorció de les gotes d'aigua de les provetes amb oli de llinosa i fibres de lli. Font: Assaig dirigit per la doctora L. Osete Cortina (Microsoft Excel).

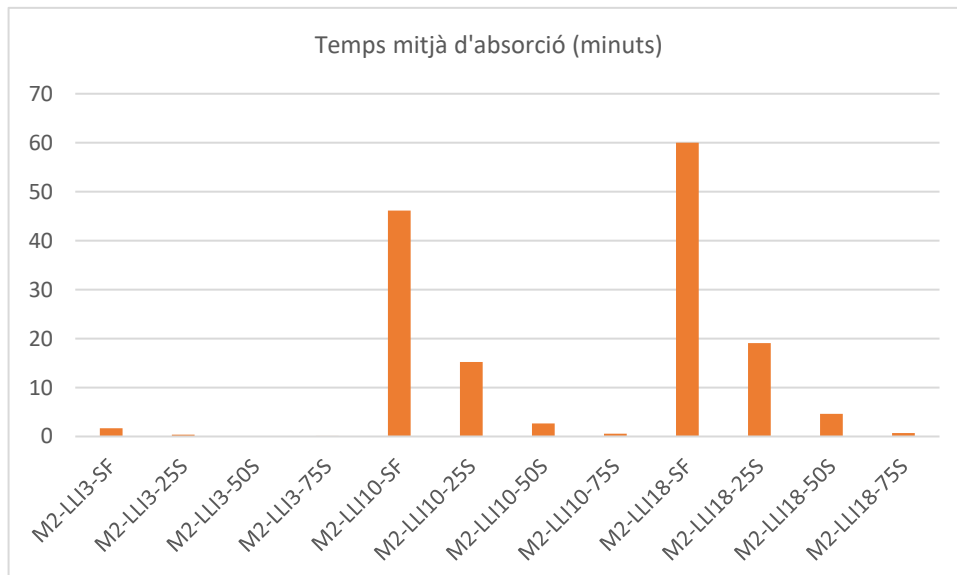


Figura 179. Resultats de l'assaig d'absorció de les gotes d'aigua de les provetes amb oli de llinosa i fibres de corda de sisal. Font: Assaig dirigit per la doctora L. Osete Cortina (Microsoft Excel).

<sup>131</sup> Veure Annex VII. Anàlisi fisicoquímica dels morters elaborats en la segona fase de l'experimentació. Taula 5. Temps mitjà d'absorció de les provetes amb oli de llinosa.

Gràcies als valors obtinguts, s'observa que el temps transcorregut mentre s'absorbeix la gota d'aigua és major a mesura que la quantitat d'oli afegit augmenta, aportant un component hidròfob al morter. Tal com ocorre en el cas anterior, les provetes amb fibres de lli i fibres de corda de sisal presenten un temps d'absorció menor respecte les provetes de morter sense fibres. De la mateixa manera que ocorre amb les mostres amb oli d'oliva, les provetes amb fibres de lli ofereixen una absorció més progressiva respecte les fibres de corda de sisal atenent al temps transcorregut.

Comparant els resultats, el morter amb oli de llinosa presenta una mitjana de temps d'absorció més elevada en relació amb les provetes amb oli d'oliva, arribant en alguns casos a assolir el temps màxim de 60 minuts establert en l'assaig. Aquest fet també es relaciona amb la forma de les gotes d'aigua dipositades en les peces, les quals presenten una superfície de contacte aparentment menor com mostren les Figures 180-182.



Figura 180. Gota d'aigua dipositada en M2-LLI3-SF. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 181. Gota d'aigua dipositada en M2-LLI10-SF. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 182. Gota d'aigua dipositada en M2-LLI18-SF. Font: Fotografia de l'autora.

#### 7.2.4.3 Determinació de la duresa superficial

Després de prendre les mesures de diferents punts de cada proveta, es calcula el valor mitjà per tal de conèixer la seua duresa superficial. En la Taula 11 es mostren els resultats obtinguts del morter amb oli d'oliva, on s'assenyalen els valors més elevats.

Taula 11. Valor mitjà de la determinació de la duresa superficial de les provetes amb oli d'oliva.

| MORTER AMB OLI D'OLIVA I FIBRES DE LLI | VALOR MITJÀ (u. de duresa HD) | MORTER AMB OLI D'OLIVA I FIBRES DE CORDA DE SISAL | VALOR MITJÀ (u. de duresa HD) |
|----------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| M2-OL3-SF                              | 30,25                         | M2-OL3-SF                                         | 30,25                         |
| M2-OL3-25L                             | 42,05                         | M2-OL3-25S                                        | 31,85                         |
| M2-OL3-50L                             | 30,50                         | M2-OL3-50S                                        | 30,50                         |
| M2-OL3-75L                             | 24,25                         | M2-OL3-75S                                        | 25,95                         |
| M2-OL10-SF                             | 29,50                         | M2-OL10-SF                                        | 29,60                         |
| M2-OL10-25L                            | 28,55                         | M2-OL10-25S                                       | 21,70                         |
| M2-OL10-50L                            | 27,80                         | M2-OL10-50S                                       | 19,30                         |
| M2-OL10-75L                            | 29,35                         | M2-OL10-75S                                       | 17,10                         |
| M2-OL18-SF                             | 28,25                         | M2-OL18-SF                                        | 28,25                         |
| M2-OL18-25L                            | 19,75                         | M2-OL18-25S                                       | 14,30                         |
| M2-OL18-50L                            | 26,35                         | M2-OL18-50S                                       | 17,35                         |
| M2-OL18-75L                            | 25,10                         | M2-OL18-75S                                       | 14,90                         |

Si es comparen els valors mitjans obtinguts de les provetes d'oli d'oliva sense fibres en els tres percentatges testats, no s'aprecia una diferència massa destacable entre ells. No obstant, es detecta una lleugera disminució de la duresa a mesura que la quantitat d'oli augmenta.

Els resultats de l'assaig entre les provetes sense fibres i les provetes amb fibres de lli mantenen uns valors prou semblants. En el cas de les peces al 3% d'oli d'oliva s'observa un augment més considerable de la duresa superficial, especialment en M2-OL3-25L i M2-OL3-50L. Mentre que en els morters al 10% no es produeix un canvi massa acusat, mantenint uns valors pròxims entre ells. Les provetes al 18% d'oli d'oliva amb fibres presenten una reducció lleugera de la duresa superficial, mostrant que possiblement a major quantitat de fibres, menor és la duresa superficial oferida. De manera que, aparentment, s'intueix una relació inversament proporcional entre l'addició de fibres i aquest valor.

Pel que fa a les provetes amb corda de sisal, els valors també presenten una disminució de la duresa respecte les peces sense fibres. Els morters al 3% d'oli d'oliva mantenen uns valors més semblants en M2-OL3-25L i M2-OL3-50L, mentre que en M2-OL3-75L la reducció és més acusada. En el conjunt de les provetes al 10% d'oli d'oliva mostren uns valors que minven de manera progressiva. El descens del valor de la duresa superficial entre la peça de morter al 18% d'oli d'oliva sense fibres i les provetes amb fibres és destacable, però entre aquestes el resultat és paregut.

Per tant, comparant les provetes amb oli d'oliva amb fibres de lli i les provetes amb fibres de corda de sisal s'observa que els valors de la duresa superficial són entre 5 i 11 unitats de duresa HD més elevats en les peces amb lli. D'entre totes les provetes amb oli d'oliva, obtenen una major duresa superficial les que estan elaborades amb el 3% d'oli tant en el cas de les fibres de lli com en les fibres de corda de sisal. Concretament, els valors més elevats corresponen a les provetes al 3% d'oli amb fibres de lli.

Per una altra banda, a la Taula 12 s'exposen es resultats corresponents al morter amb oli de llinosa, remarcant els valors mitjans més grans.

Taula 12. Valor mitjà de la determinació de la duresa superficial de les provetes amb oli de llinosa.

| MORTER AMB OLI DE LLINOSA I FIBRES DE LLI | VALOR MITJÀ (u. de duresa HD) | MORTER AMB OLI DE LLINOSA I FIBRES DE CORDA DE SISAL | VALOR MITJÀ (u. de duresa HD) |
|-------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|
| M2-LLI3-SF                                | 45,20                         | M2-LLI3-SF                                           | 45,20                         |
| M2-LLI3-25L                               | 40,35                         | M2-LLI3-25S                                          | 43,30                         |
| M2-LLI3-50L                               | 50,10                         | M2-LLI3-50S                                          | 35,90                         |
| M2-LLI3-75L                               | 42,75                         | M2-LLI3-75S                                          | 40,10                         |
| M2-LLI10-SF                               | 44,30                         | M2-LLI10-SF                                          | 44,30                         |
| M2-LLI10-25L                              | 35,80                         | M2-LLI10-25S                                         | 37,70                         |
| M2-LLI10-50L                              | 39,50                         | M2-LLI10-50S                                         | 31,65                         |
| M2-LLI10-75L                              | 39,50                         | M2-LLI10-75S                                         | 34,40                         |
| M2-LLI18-SF                               | 38,35                         | M2-LLI18-SF                                          | 38,35                         |
| M2-LLI18-25L                              | 32,25                         | M2-LLI18-25S                                         | 33,20                         |
| M2-LLI18-50L                              | 34,55                         | M2-LLI18-50S                                         | 33,65                         |
| M2-LLI18-75L                              | 31,80                         | M2-LLI18-75S                                         | 31,40                         |

Els valors mitjans de les provetes elaborades amb oli de llinosa sense fibres mostren una disminució lleugera de la duresa superficial a mesura que s'augmenta la quantitat d'oli, tal com també ocorria amb les barreges amb oli d'oliva.

Els resultats que presenten la proveta sense fibres i les provetes amb fibres de lli són semblants entre ells, és a dir, no hi ha diferències significatives. En el morter al 3% d'oli de llinosa amb lli s'observa una reducció de la duresa en M2-LLI3-25L i M2-LLI3-75L, mentre que augmenta de manera notable en M2-LLI3-50L. En el cas de les provetes al 10% d'oli de llinosa, les tres provetes amb fibres tenen menor duresa que la proveta sense fibres. Aquest fet es repeteix en els morters al 18% d'oli de llinosa amb lli.

Aquesta reducció de la duresa superficial també ocorre en les provetes amb corda de sisal en relació amb les provetes sense fibres. En els morters al 3% d'oli, M2-LLI3-25S i M2-LLI3-75S presenten una disminució gradual, sent M2-LLI3-50S la peça amb menys duresa d'aquest conjunt. Les provetes amb el 10% d'oli de llinosa mostren menys duresa a mesura que s'afegeix més quantitat de fibres, sent M2-LLI10-25S la peça amb el valor més elevat. Aquesta relació inversament proporcional ocorre en les provetes al 18% d'oli de llinosa, on la reducció és més gradual.

Si es comparen les provetes d'oli de llinosa amb fibres de lli i amb fibres de corda de sisal s'observen que els valors són prou semblants entre ells. En general, hi ha una diferència que varia d'1 a 5 u. de duresa HD entre les provetes d'aquestes fibres. En dos casos concrets es troba una diferència major d'entre 7 i 15 u. de duresa HD, entre M2-LL10-50L i M2-LL10-50S, i entre M2-LLI3-50L i M2-LLI3-50S.

Per últim, comparant les proporcions de fibres de lli entre el morter d'oli d'oliva i el d'oli de llinosa, les provetes amb oli de llinosa tenen entre 8 i 15 unitats de duresa HD més. En el cas de d'aquestes proporcions amb fibres de corda de sisal, les provetes amb oli de llinosa tenen entre 14 i 17 unitats de duresa HD més respecte les provetes amb oli d'oliva.

#### 7.2.4.4 Assaig de determinació de la porositat

Per la realització d'aquest procediment se seleccionen les provetes següents atenent als resultats dels assajos realitzats prèviament, les quals s'esmenten en la Taula 13.

Taula 13. Identificació de les provetes analitzades en l'assaig de determinació de la porositat.

| REFERÈNCIA | TIPUS DE PROVETA |
|------------|------------------|
| 1          | M2-OL3-SF        |
| 2          | M2-OL3-50L       |
| 3          | M2-OL3-50S       |
| 4          | M2-OL10-SF       |
| 5          | M2-OL10-50L      |
| 6          | M2-OL10-50S      |
| 7          | M2-LLI3-SF       |
| 8          | M2-LLI3-50L      |
| 9          | M2-LLI3-50S      |
| 10         | M2-LLI10-SF      |
| 11         | M2-LLI10-50L     |
| 12         | M2-LLI10-50S     |



L'estat previ dels fragments utilitzats en la realització de l'assaig dels fragments es mostra en la Figura 183.

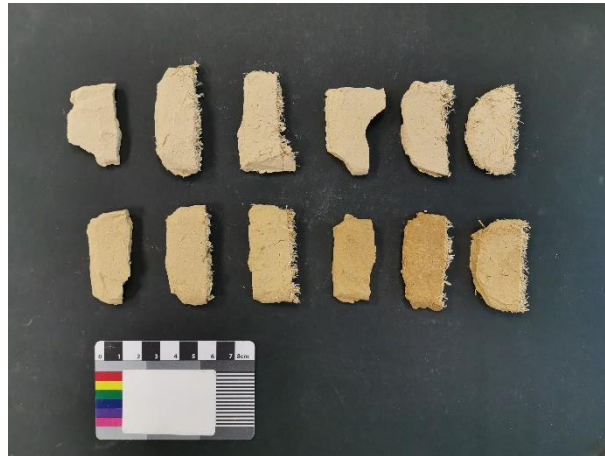


Figura 183. Estat inicial de les provetes seleccionades. Primera fila d'esquerra a dreta: M2-OL3-SF, M2-OL3-50L, M2-OL3-50S, M2-OL10-SF, M2-OL10-50L, M2-OL10-50S. Segona fila d'esquerra a dreta: M2-LLI3-SF, M2-LLI3-50L, M2-LLI3-50S, M2-LLI10-SF, M2-LLI10-50L i M2-LLI10-50S. Font: Fotografia de l'autora.

Les provetes es col·loquen en la càmera de buit en l'ordre que es descriu en la Figura 184, on s'indica la referència exposada en la Taula 13. Després de 24 hores, es comprova que les peces elaborades amb morter amb oli d'oliva no superen l'assaig, així com la proveta M2-LLI-50S elaborada amb oli de llinosa. El contacte durant aquest període de temps propicia que es disgreguen les pastes, fent impossible la seua manipulació. En la Figura 185 es mostra l'aspecte les provetes descartades en finalitzar l'assaig.



Figura 184. Estat inicial de les provetes seleccionades en la càmera de buit. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 185. Resultat de les provetes descartades després de l'assaig. Font: Fotografia de l'autora.

Per tant, les provetes que sí superen l'assaig mantenen la seua cohesió, encara que presentaven una textura més blana respecte el seu estat sec, les quals són: M2-LLI3-SF, M2-LLI3-50L, M2-LLI10-SF, M2-LLI10-50L i M2-LLI10-50S. Les provetes al 10% d'oli de llinosa tenien una millor consistència respecte el morter al 3%, el qual es mostrava més fràgil a la manipulació. L'estat d'aquestes cinc provetes en extreure-les es pot observar en la Figura 186.



Figura 186. Resultat de les provetes que superen l'assaig. Primera fila d'esquerra a dreta: M2-LLI3-SF i M2-LLI3-50L. Segona fila d'esquerra a dreta: M2-LLI10-SF, M2-LLI10-50L i M2-LLI10-50S  
 Font: Fotografia de l'autora.

Amb aquestes es determina el seu pes en estat de saturació d'aigua i el pes hidrostàtic per tal de calcular la porositat, els valors obtinguts s'exposen en la Taula 14.

Taula 14. Resultats de l'assaig de determinació de la porositat.

|                     | PES SEC<br>(g) | PES SATURACIÓ<br>(g) | PES HIDROSTÀTIC<br>(g) | POROSITAT<br>(%) |
|---------------------|----------------|----------------------|------------------------|------------------|
| <b>M2-LLI3-SF</b>   | 9,54           | 9,29                 | 4,43                   | -                |
| <b>M2-LLI3-50L</b>  | 8,86           | 10,74                | 4,86                   | 31,97            |
| <b>M2-LLI10-SF</b>  | 7,31           | 8,28                 | 4,23                   | 23,95            |
| <b>M2-LLI10-50L</b> | 10,07          | 12,10                | 4,91                   | 28,23            |
| <b>M2-LLI10-50S</b> | 10,14          | 12,57                | 5,82                   | 36,00            |

D'entre les provetes resultants es descarta també M2-LLI3-SF, perquè es produeix una pèrdua considerable del material. S'interpreta que el motiu de l'alteració d'aquesta deriva possiblement de l'absència de fibres en la seua composició, les quals aporten cohesió a la barreja. El percentatge de porositat en M2-LLI3-50L és prou elevat, sent prou semblant a M2-LLI10-SF i M2-LLI10-50L. En les tres provetes al 10% d'oli de llinosa es detecta un augment gradual del percentatge de porositat a mesura que el volum de fibres s'incrementa, obtenint la xifra més elevada la proveta M2-LLI10-50S. Per tant, s'estima que els morters amb fibres són més porosos, però amb baixes proporcions ajuda a mantindre la consistència.

### 7.2.5 Divulgació de la investigació

En general, la conservació dels béns culturals en qualsevol de les seues expressions es tracta d'un acte de cures i interdependència, segons la investigadora Hèlia Marçal. Aquesta idea fa referència a la tasca que tenen les persones encarregades de conservar i preservar una manifestació històrica i artística mitjançant l'establiment d'una relació entre el passat i el futur d'aquesta<sup>132</sup>. Es tracta, doncs, de tindre un paper actiu que permeta dialogar entre les creadores del bé i les generacions que el gaudiran posteriorment. Per tal d'aconseguir-ho, la investigadora posa en relleu la importància de la transmissió del coneixement a través de la cooperació i la participació de la societat per a aconseguir i mantindre en el temps l'activació patrimonial de l'objecte d'estudi<sup>133</sup>.

Amb el propòsit de donar a conèixer i valorar el Complex Sant Jaume, el Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica realitza diferents activitats adaptant el registre a cada tipus de públic. A mesura que s'avança en els treballs arqueològics, es confirmen o es rebaten les hipòtesis relacionades amb la interpretació dels assentaments donant lloc a la publicació d'articles en revistes científiques, congressos i jornades d'àmbit internacional i territorial. Recentment es va participar en el X Congrés Internacional d'Estudis Fenicis i Púnics a Eivissa i a les II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre, on es van presentar diverses comunicacions sobre les novetats de les últimes campanyes arqueològiques i estudis específics de Sant Jaume, Ferradura i Cogula (Figures 187 i 188). En aquest últim, com a membre del GRAP es va realitzar una comunicació al voltant dels resultats preliminars obtinguts de l'examen morfològic de les primeres provetes elaborades, qüestió que es desenvolupa al transcurs d'aquest treball.



Figura 187. Cartell del X Congrés Internacional d'Estudis Fenicis i Púnics, Eivissa (2022). Font: Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera.

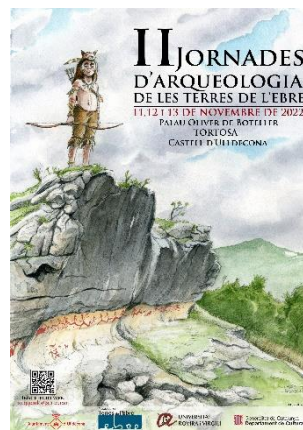


Figura 188. Cartell de les II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre, Tortosa (2022). Font: II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre.

A nivell local, s'organitzen xerrades i excursions als jaciments dirigides als veïns i a les escoles dels municipis propers, les quals poden estar emmarcades en jornades culturals. En aquest tipus de xerrades, sovint es mostren reproduccions de les peces recuperades dels jaciments per a facilitar la comprensió del seu ús. A més, durant les campanyes es contacta amb les mitjans de comunicació de televisió i ràdio locals per tal de mostrar part del procés de treball in situ (Figura 189). Cal destacar, l'organització de les visites

<sup>132</sup> MARÇAL, H. *Participation and care*. València: Universitat Politècnica de València, 2021.

<sup>133</sup> Ídem.

guiades al jaciment de Sant Jaume que realitza el GRAP en el tram final de les campanyes, on les arqueòlogues exposen de primera mà la història de l'assentament, el procés d'excavació i de conservació-restauració de les estructures fent un recorregut per l'interior de la residència fortificada (Figura 190). Per tant es tracta d'una experiència més visual i propera per als visitants, que pot generar el seu interès per la matèria i afavorir la seua conservació.

Campanya d'excavacions arqueològiques 24/2022 al jaciment de Sant Jaume, d'Alcanar



04 nov. 2022 | Cultura  
Engany: els arqueòlegs del Grup de Recerca en Arqueologia Prehistòrica (GRAP) de la Universitat de Barcelona hem tornat a Alcanar i hem realitzat la 24a campanya d'excavacions arqueològiques a Sant Jaume (residència fortificada de la primera edat del ferro, s. VIII-VI a.C.). Després d'aquests anys de pandèmia en què no hem pogut investigar però sí que hem treballat el ritme de les excavacions—no es va excavar el 2020 i l'any passat es va fer amb un espai més reduït del que es habitual—, hem tornat a fer una intervenció de tot un mes (del 22 de juliol al 21 d'agost) amb dos torns d'un grup de persones: cadascun

intenció que s'ha pogut seguir. Fent gràcies al suport del Ajuntament de Sant Jaume i d'Alcanar.  
Aquesta campanya tenia la intenció de tornar a la normalitat i seguir excavant els àmbits que ja teníem en mans. D'aquesta manera, s'ha continuat actuant en dos àmbits del jaciment que ens han seguit donant informació sobre la construcció d'aquesta residència i ara ens han proporcionat més materials de la vida que s'hi feia. Per exemple, en un dels àmbits, en que ens trobem encara al nivell de l'enderroc del primer pis, hem pogut recuperar quatre molins de pedra, que originalment devien estar guardats en el pis superior de l'edifici i que es van fer servir per a moler el gra. També en aquest àmbit s'hi han trobat grans recipients ceràmics i hem anat al nombre de pesos de teler, que també devien estar emmagatzegats per a poder-los fer servir quan calgués per a teixer i fer la roba.



Figura 189. Article de la 24a campanya d'excavacions arqueològiques a Sant Jaume.  
Font: Ajuntament d'Alcanar.

Figura 190. Visita guiada de la 24a campanya d'excavacions arqueològiques a Sant Jaume.  
Font: Arxiu del GRAP.

Per últim, el GRAP col·labora i assessora altres organitzacions en la preparació d'activitats culturals de caire més lúdiques. En concret, es vol posar l'exemple de Tyrika, el festival ibèr del municipi d'Alcanar on es realitzen visites teatralitzades, concerts que tracten de recrear moments viscuts pels pobladors de l'assentament, tallers de manufactura de productes (alimentació, ceràmica, foc, teixits), demostracions bèl·liques i recreacions d'espais domèstics (Figura 191). El conjunt d'activitats és divers, per la qual cosa pot aproximar nombrosos perfils de públic, i permet fer una idea aproximada de com seria la vida durant aquest període cronocultural.



Figura 191. Cartell de Tyrika, Alcanar (2022). Font: Alcanar Turisme.

Com a resum, totes les activitats esmentades tenen com a intenció transmetre el coneixement al voltant del Complex Sant Jaume i sensibilitzar a la població. La seua divulgació és una peça fonamental per a la preservació i, com es pot veure, es realitza de maneres diverses adaptant el contingut i el registre per tal d'implicar a la major part de la comunitat en la tasca de valorar i conservar les restes arqueològiques.



## 8. DISCUSSIÓ

## 8 DISCUSSIÓ

En aquest apartat es relacionen els resultats obtinguts de les provetes elaborades durant la fase experimental de la investigació, formada per les anàlisis dels morters originals dels murs de Sant Jaume i l'elaboració i estudi fisicoquímic de les provetes. Les observacions morfològiques i els resultats dels assajos efectuats a les provetes es registren al quadern de camp i es sintetitzen en rúbriques, les quals es poden consultar en l'Annex VIII i l'Annex IX<sup>134</sup>.

Primerament, amb la caracterització de les mostres del morter de construcció es prenen les referències que orienten el disseny dels morters de reposició. D'aquesta manera s'identifiquen com a fraccions granulomètriques més abundants les d'1 mm i 0,250 mm, les quals estarien compreses entre àrids de talla mitjana (sorra). La seua composició químic-mineralògica indica la combinació de material carbonàtic i silícic, format per calcita, quars, caolinita i montmoril·lonita principalment. La presència de components silícics i minerals argilosos oscil·la entre el 22,57% i el 30%, fent que aquest material tinga la capacitat d'aglutinar necessària en un morter<sup>135</sup>.

Prenent com a base aquests resultats i l'experimentació realitzada en els darrers anys al jaciment, s'utilitza com a material principal dels morters de reposició un sediment de tonalitat groguenca extret de les capes d'enderroc. Aquest està compost principalment per les fraccions granulomètriques d'1 mm i 0,250 mm, i presenta bones capacitats d'aglutinar atenent als resultats obtinguts in situ. Per la qual cosa, a falta d'efectuar més anàlisis per a caracteritzar-lo de manera més acurada, presenta trets similars als oferits pel morter original. No obstant, en evaporar-se l'aigua d'amassat la terra sol presentar retracció lineal, la qual pot oscil·lar entre el 3-12%, motiu pel qual cal afegir additius que regulen el procés d'assecat<sup>136</sup>. Per tal d'evitar aquesta alteració s'elegeixen les fibres de polpa de cel·lulosa d'Arbocel® BC200, el lli i les cordes de sisal. A més, la terra és sensible als factors hídrics i, en cas d'estar exposada a aquests, es recomana protegir-la. Com a mesura de resistència front l'acció de l'aigua, s'experimenta amb l'ús d'oli d'oliva i oli de llinosa. Altres factors relacionats amb l'obtenció d'un bon morter de terra estan relacionats amb la distribució granulomètrica, el contingut d'aigua, l'amassat i la curació<sup>137</sup>.

Prèviament, es preparen un conjunt de provetes amb les quals tindrem uns resultats preliminars. A través d'aquesta experimentació es valora que l'Arbocel® BC200 té propietats que ajuden a regular la humitat de les provetes a través d'una absorció ràpida provocant la generació de nombroses fissures per la retracció del material. Així mateix, es tracta d'un material que no aporta resistència ni cohesió al morter, per tant es descarta el seu ús en aquest format. En canvi, s'obtenen bons resultats amb les provetes que incorporen les fibres de lli i la corda de sisal, i com a conseqüència, es decideix continuar utilitzant-les.

A continuació, es prepara el segon conjunt de provetes amb el mateix sediment groc, oli d'oliva, oli de llinosa, lli i corda de sisal. Com que es pretén aprofundir en el comportament dels olis per aconseguir un equilibri entre la resistència i la transpiració del mur, s'utilitzen tres percentatges diferents (3%, 10% i 18%) mantenint les anteriors proporcions de fibres (25%, 50% i 75%). Les barreges del sediment, l'oli i l'aigua en els sis percentatges són fluïts, s'integren correctament i guanyen consistència amb l'increment del volum d'oli incorporat. L'addició de fibres facilita la manipulació i millora la cohesió de les provetes, concretament afegint el 25% de fibres l'absorció de la humitat és lenta i el canvi en la textura respecte el

<sup>134</sup> Annex VIII. Característiques del segon conjunt de provetes de morter amb oli d'oliva.

Annex IX. Característiques del segon conjunt de provetes de morter amb oli de llinosa.

<sup>135</sup> MINKE, Gernot. *Manual de construcció en terra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. 2ª edició. Uruguay: Editorial Fin de Siglo, 2005. pàg. 23-24

<sup>136</sup> Íbid. pàg. 16

<sup>137</sup> CASTILLA PASCUAL, Francisco Javier. *Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra*. Maldonado Ramos, Luis (dir.). Tesi doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2004. pàg. 35

morter sense fibres és lleuger. Tanmateix, les mescles amb el 50% de fibres en ambdós tipus d'oli presenten una absorció gradual millorant la consistència. No obstant, les provetes amb el 75% de fibres de lli ofereixen encara un bon comportament en humit, mentre que la corda de pita resulta més complicada d'homogeneïtzar i l'absorció d'humitat és més ràpida.

L'aparença de les provetes després del procés d'assecat dels morters deixa a la vista altres diferències entre les dues fibres. Tal com s'aprecia durant la barreja dels materials, el lli manté una superfície llisa i bastant homogènia mentre que la corda de sisal genera fissures, fruit de la retracció. Aquest fet juntament amb els resultats obtinguts a través de l'assaig d'absorció d'una gota d'aigua assenyalen que el morter amb lli pren l'aigua i s'aseca de manera més gradual, per contra, el que conté la corda de sisal realitza aquest procediment amb major rapidesa.

Per una altra banda, s'observa que l'oli de llinosa dona un resultat més cohesionat, atenent a la mínima pulverulència que presenta i l'elevada resistència oferida per a tractar de fragmentar una part de la peça. En aquest procés s'evidencia que probablement el lli quedi més integrat i mostra major quantitat de partícules adherides en les fibres. Aquesta qüestió podria relacionar-se amb la morfologia de la fibra, que està formada pels filaments que es mantenen units i retorçats en l'interior de la proveta aportant una superfície irregular amb major capacitat d'adhesió. La corda de sisal quan es talla en seccions, se separa en filaments d'un únic cap amb una textura més uniforme que afectaria en la seua integració. A més, el lli és més blava i s'adapta a la forma modelada de la proveta fàcilment, factor que resulta més complex en la corda de sisal perquè presenta una major rigidesa. Per tractar de revertir o millorar el resultat es podrien fer proves tallant aquestes fibres en seccions més menudes.

En relació amb la cohesió i la resistència mecànica s'observa que és major en les provetes amb més quantitat d'oli i de fibres, sent especialment destacable l'oli de llinosa per sobre de l'oli d'oliva. Altrament, els resultats de la determinació de la duresa superficial indiquen que són els percentatges més baixos d'oli qui tenen més duresa. A banda, les fibres redueixen la duresa superficial respecte les provetes sense fibres. Aquesta situació es pot donar perquè per a mesurar aquesta duresa s'aplica la força a través d'una agulla penetrant en el material, mentre que la resistència que ofereix un material s'exerceix a través de la força de flexió. Per tant, açò indicaria que en les provetes amb major quantitat d'oli, aquest crea una pel·lícula superficial polimeritzada de caràcter plàstic. De manera que a nivell intern estaria actuant d'una forma pareguda a la d'un consolidant, reforçant l'estructura i dificultant la seua fragmentació.

Certament l'addició d'olis als morters de terra reforça la seua estructura interna, fent-los més resistents als factors ambientals i les alteracions derivades de l'acció de l'aigua. La incorporació de les fibres afavoreix la regulació de la humitat i la transpiració dels morters, els revestiments i els murs, atenent a la reducció del temps d'absorció de la gota d'aigua i l'augment del percentatge de porositat durant els respectius assajos. Amb aquesta combinació de materials s'aconseguiria un morter resistent i amb el grau necessari de permeabilitat, per tal de garantir la conservació correcta de les estructures sense generar nous deterioraments. Per tant, es podrien utilitzar percentatges d'oli més elevats als aplicats fins ara en les intervencions, oferint una textura més cohesionada, resistent i amb una consistència més senzilla de manipular sense el risc d'impermeabilitzar la superfície.

Per últim, la comparació dels comportaments i els resultats de les provetes de cada tipus d'oli indiquen que l'oli de llinosa ofereix una major resistència mecànica i hídrica, sent d'aquest tipus les úniques provetes que superen l'assaig de determinació de la porositat. També ofereixen una capacitat hidròfoba major, atenent a la disposició de les gotes d'aigua en la superfície d'aquestes. Aquest fet s'explica perquè l'oli de llinosa és un oli assecant, per la qual cosa té la capacitat de formar una pel·lícula sòlida a través d'un procés d'oxidació i polimerització.

En base als resultats, els dos tipus de fibres podrien funcionar correctament afegint-se el 50% i, en cas de ser necessari, es podria augmentar al 75% del volum de morter en el cas del lli. Pel que fa als olis, s'estima que amb una quantitat reduïda d'entre el 3% i el 10% d'oli de llinosa s'obtidria un morter que podria assolir de manera adequada la preservació del morter i del revestiment d'un mur. Per tant en termes d'aprofitament dels materials es comportaria de manera més eficient que l'oli d'oliva.





## 9. CONCLUSIONS

## 9 CONCLUSIONS

Històricament la terra ha estat molt utilitzada com a element constructiu tal com es pot observar en els murs de Sant Jaume. Gràcies a les anàlisis de les mostres extretes del morter original es caracteritza a nivell químic i mineralògic, determinant la presència d'un percentatge considerable d'argiles. Açò facilita en gran mesura el treball amb aquest material, atenent a la plasticitat que ofereix quan es treballa en humit. Per a l'elaboració de les provetes s'utilitza el propi sediment obtingut de certes capes del nivell d'enderroc dels àmbits, el qual és ric en argiles, aporta bones capacitats com a aglomerant i la seua distribució granulomètrica és semblant a la del morter de construcció original. No obstant açò, aquest no és impermeable, per la qual cosa requereix d'algun additiu, com és l'oli vegetal, que el faria més resistent als factors hídrics.

Els resultats preliminars obtinguts mostren bones prestacions dels morters, al mateix temps se seleccionen les peces que es continuen desenvolupant i es rebutgen aquelles que no ofereixen una millora. A partir d'aquest punt, s'elaboren noves provetes introduint diferents percentatges d'olis, que s'analitzen a través de diferents assajos per a determinar les seues característiques fisicoquímiques. Amb tot, es valora que les provetes amb un percentatge comprés entre el 3% i el 10% d'oli de llinosa barrejat amb una proporció de fibres de lli d'entre el 50% i el 75% funcionarien correctament com a morter de reposició. En el cas de les fibres de corda de sisal, l'interval del percentatge s'emmarcaria entre el 25% i el 50%, atenent a la generació de fissures per la ràpida absorció de la humitat de la peça. A fi de comprovar l'efectivitat in situ dels morters, el treball realitzat al laboratori es tractarà de posar en pràctica al jaciment durant les pròximes campanyes.

Per tant, aquestes característiques extretes de la preparació i l'examen de les provetes de morter de terra amb olis vegetals es corresponen amb l'objectiu general proposat per al treball, el qual consisteix en establir l'estudi comparatiu entre diverses opcions de morters de reposició per a l'aplicació in situ. Per tal d'assolir aquest propòsit ha estat necessari la revisió bibliogràfica, així com la documentació elaborada a partir del treball de camp i l'experimentació duta a terme al mateix jaciment.

Al mateix temps, les metes dels Objectius de Desenvolupament Sostenible alineades amb aquest treball sobre la protecció del patrimoni, la gestió sostenible, l'ús eficient dels recursos i la reducció de la generació de residus es relacionen amb la selecció del sediment del mateix jaciment com a component principal del morter de reposició. Aquest fet ajuda a estalviar un volum considerable de material, perquè pretén aprofitar la terra que s'extrau de l'interior dels àmbits i donar-li un nou ús. La resta de materials experimentats, com són l'oli d'oliva i l'oli de llinosa, són productes bastant assequibles i no generarien un impacte destacable. Especialment el cas de l'oli de llinosa suposaria una bona opció per a l'elaboració de morters perquè ofereix bons resultats amb menor quantitat respecte les provetes de morter amb oli d'oliva, de manera que tindria un rendiment més elevat, atenent que es podria preparar un volum major de morter.

En aquesta mateixa línia, es vol tindre present que un dels objectius d'aquesta investigació és l'ús de materials amb un cost baix de producció per tal de fer més accessibles els morters. Com que el lli té un cost més elevat que el sisal, caldria valorar altres opcions com pogueren ser la humectació prèvia de les fibres d'aquesta corda per tal de revertir la retracció derivada del procés d'assecat. Amb la intenció d'aconseguir aquest propòsit també es planteja experimentar amb altres fibres vegetals, les característiques de les quals permeten obtenir morters resistents i assequibles econòmicament. De la mateixa manera, es complementaria amb l'experimentació utilitzant diversos olis per a trobar intervals de proporcions adequades, garantint la protecció i la transpiració de les estructures. Amb tot, es pretén obtenir morters amb la resistència suficient per a conservar de manera adequada l'arquitectura de

l'assentament, tractant d'utilitzar materials amb el mínim impacte a través de l'ús de recursos que estiguen fàcilment a l'abast o bé, que provenguen de l'aprofitament de residus de certes indústries.

Durant els últims anys l'ús dels morters de terra de caràcter tradicional han perdut rellevància en substitució pels morters de calç, llevat dels corrents derivats de la bioconstrucció. Malgrat açò, es considera interessant seguir aprofundint en la seua aplicació atenent a la compatibilitat amb els materials originals. Concretament, es vol ampliar el coneixement en la incorporació d'additius com els olis i les fibres vegetals, els quals combinant-los milloren les seues prestacions tal com s'ha vist en alguns dels casos exposats a través de l'increment de la resistència hídrica i la creació d'un entramat intern. Amb açò, es pretén deixar la via oberta a futures línies d'investigació amb la voluntat d'incloure l'experimentació amb materials de rebuig derivats de la producció tèxtil i agrícola. També es vol incloure la realització d'assajos d'envelliment, com ara els cicles d'humidificació-assecat, determinació de la resistència als cicles de gel-desgel i a la cristallització de sals, amb la finalitat de comprovar la durabilitat d'aquests materials.

La informació extreta de la fase d'investigació experimental i anàlisi podria incorporar-se en el contingut les activitats de difusió realitzades pel Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica, tal com recentment s'ha fet amb l'article exposant els resultats inicials. A més, es podria valorar altres opcions de difusió a través de l'arqueologia experimental i les dades obtingudes d'altres projectes de recerca complementaris, com puguera ser la recreació d'una construcció d'aquest període. En el cas concret de Sant Jaume, els resultats comprenen una part del procés de conservació de les estructures dut a terme fins ara, on es fa èmfasi en la caracterització de les provetes. Aquesta investigació suposaria una opció de desenvolupament d'altres tipus de morters de reposició que puguen ser aplicats en aquest assentament. Com també podria replicar-se en altres jaciments amb trets constructius semblants, on el factor majoritàriament determinant per a seguir el procés d'elaboració seria disposar d'un tipus de terra amb un percentatge òptim d'argiles.

Com a conclusió, es vol posar en valor la importància en la investigació en l'àmbit de la conservació-restauració, per a desenvolupar diferents formes de protegir els murs dels jaciments de manera respectuosa i adaptar-les a les característiques de cada lloc.



## 10. BIBLIOGRAFIA

## 10 BIBLIOGRAFIA

AGÈNCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA. *Resums climatològics. Catalunya. Avenç climatològic mensual agost 2021*. [Consulta: 15 d'abril de 2023]. Disponible a: [https://www.aemet.es/ca/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/resumenes?w=1&datos=-1&n=2&k=cat](https://www.aemet.es/ca/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes?w=1&datos=-1&n=2&k=cat)

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (AENOR). *UNE-EN 1015-1. Mètodes d'assaig del morters per a l'obra. Part 1: Determinació de la distribució granulomètrica (per tamisat)*. Madrid: AENOR, 1999.

ALONSO-EGUÍLUZ, Mónica, ALBERT, Rosa María. Procesos postdeposicionales y actividades antrópicas en la cueva de Arenaza I (Galdames, Vizcaya). Una aproximación desde la microarqueología. A: *Kobie: Serie Bizkaiko Arkeologi Indusketak-Excavaciones Arqueológicas en Bizkaia*, 2021. Núm 9. ISSN: 0214-7971 [Consulta: 4 de maig de 2023]. Disponible a: [https://www.bizkaia.eus/fitxategiak/04/ondarea/Kobie/PDF/7/KOBIE\\_BAI\\_9\\_web-10.pdf?hash=24d1001ba2781581bfd438666e96fcd9](https://www.bizkaia.eus/fitxategiak/04/ondarea/Kobie/PDF/7/KOBIE_BAI_9_web-10.pdf?hash=24d1001ba2781581bfd438666e96fcd9)

ÁLVAREZ, Laura, ARNÓ, Mariona, BOTERO, Jorge A., FONT, Laia, GARCIA I RUBERT, David, MATEU, Marta, RODÉS, Margarita, TORTRAS, Maria, SAORIN, Carme, SERRANO, Ana. Productive power during the Early Iron Age (c. 650-575 BC) at the Sant Jaume Complex (Alcanar, Catalonia, Spain). A: GLEBA, Margarita, MARÍN-AGUILERA, Beatriz i DIMOVA, Bela. *Making cities. Economies of production and urbanization in Mediterranean Europe, 1000-500 BC*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, 2021. ISBN: 978-1-913344-06-1

ÁLVAREZ, Laura, ARNÓ, Mariona, BOTERO, Jorge A., CARBONELL, SONIA, FONT, Laia, FREIXAS, Tania, GARCIA I RUBERT, David, MATEU, Marta, RODÉS, Margarita, ROCA, Mercé, SAORIN, Carme, SERRANO, Ana, TORTRAS, Maria. Estat de la qüestió sobre els assentaments de la primera edat del ferro d'Uldecona (Montsià): la Ferradura-els Castelletts i la Cogula. A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

ÁLVAREZ, Laura, ARNÓ, Mariona, BOTERO, Jorge A., CARBONELL, SONIA, FONT, Laia, FREIXAS, Tania, GARCIA I RUBERT, David, MATEU, Marta, RODÉS, Margarita, ROCA, Mercé, SAORIN, Carme, SERRANO, Ana, TORTRAS, Maria. Una possible interpretació alternativa de l'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume d'Alcanar (Montsià). A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

ARNÓ OTÍN, Mariona. *Primera aproximació interpretativa de l'àmbit A7 de la residència fortificada de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Garcia i Rubert, David (dir.). Treball de Fi de Grau. Grau en Arqueologia, Universitat de Barcelona, 2020. [Consulta: 1 de març de 2022]. Disponible a: <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/171614>

ASTM. *ASTM D2250-15 (2021). Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness*. [Consulta: 13 de maig de 2023]. Disponible a: <https://www.astm.org/d2240-15r21.html>

BEA, David, DILOLI, Jordi, GARCIA I RUBERT, David, GRACIA, Francesc, MORENO, Isabel, RAFEL, Núria, SARDÀ, Samuel. Contacte i interacció entre indígenes i fenicis a les terres de l'Ebre i del Sénia durant la primera edat del Ferro. A: *Contactes. Indígenes i fenicis a la Mediterrània occidental entre els segles VIII i VI a. n. e. Simposi d'Arqueologia d'Alcanar, 24-26 de novembre de 2006*. GARCIA I RUBERT, David; MORENO, Isabel i GRACIA, Francesc. Barcelona: GRAP, Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica, 2008. ISBN: 978-84-612-2894-2

BELARTE FRANCO, Maria Carme. Arquitectura domèstica al bronze final i primera edat del ferro a Catalunya: habitacions construïdes amb materials duradors: estat de la qüestió. A: *Pyrenae: Revista de*

*Prehistòria i Antiguitat de la Mediterrània Occidental*, 1993. Vol. 24. ISSN: 0079-8215 [Consulta: 4 de febrer de 2023]. Disponible a: <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/23831>

BELARTE FRANCO, Maria Carme. El espacio doméstico y su lectura social en la protohistoria de Cataluña (s. VII-II/I aC). A: *De la estructura doméstica al espacio social. Lecturas arqueológicas del uso del espacio*. Alacant: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2013. ISBN: 978-84-9717-287-5 [Consulta: 4 de febrer de 2023]. Disponible a: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5655417>

BIGMAT®. *Malla antigerminadora*. [Consulta: 5 de març de 2023]. Disponible a: <https://www.bigmat.es/storage/ProductAttachmentsB2C/5394351.FICHA%20TECNICA%20TEJIDO%20ANTIHIERBAS.pdf>

BIGMAT®. *Lámina bajoteja 135 g. Judach BigMat*. [Consulta: 13 de maig de 2023]. Disponible a: <https://www.bigmat.es/es/b2c/p/tienda-de-la-construccion/lamina-bajoteja-135gr-jutadach-bigmat-1>

BLASCO CALATAYUD, Raquel. *El aljibe de El Castellar. Análisis de un mortero de reposición*. Carrascosa Moliner, Begoña (dir.). Treball de Fi de Màster. Màster en Conservació i Restauració de Béns Culturals, Universitat Politècnica de València, 2015. [Consulta: 23 de setembre de 2022]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/10251/76171>

BUENO FERRER, Carmen. *Bio-compuestos termoplásticos basados en aceites vegetales. Estudio de su aplicabilidad al envasado de alimentos*. Jiménez Migallón, Alfonso i Garrigós Selva, María del Carmen (dir.). Tesis doctoral, Universitat d'Alacant, 2012. [Consulta: 3 de febrer de 2023]. Disponible a: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/26479/1/Tesis\\_Bueno\\_Ferrer.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/26479/1/Tesis_Bueno_Ferrer.pdf)

CASTILLA PASCUAL, Francisco Javier. Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra. A: *XI CIATTI, Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra. Investigación y Documentación*. Cuenca de Campos, Valladolid, 2014. JOVÉ SANDOVAL, Félix, SÁINZ GUERRA, José Luis. ISBN: 978-84-606-9543-1 [Consulta: 16 de febrer de 2023]. Disponible a: <https://oa.upm.es/8826/>

CASTILLA PASCUAL, Francisco Javier. *Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra*. Maldonado Ramos, Luis (dir.). Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2004. [Consulta: 16 de maig de 2023]. Disponible a: [https://oa.upm.es/8826/4/FRANCISCO\\_JAVIER\\_CASTILLA\\_PASCUAL\\_II.pdf](https://oa.upm.es/8826/4/FRANCISCO_JAVIER_CASTILLA_PASCUAL_II.pdf)

CHIARI, Giacomo. Caracterización del adobe como material de construcción. Técnicas de preservación. A: Proyecto regional de patrimonio cultural y desarrollo PNUD/UNESCO. *El adobe. Simposio internacional y curso-taller sobre conservación del adobe. Informe final y ponencias principales*. Lima: Centro internacional de estudios para la conservación y la restauración de los bienes culturales (ICCROM-Roma), 1983.

CLIMATE DATA. *Alcanar*. [Consulta: 1 de juny de 2023]. Disponible a: <https://es.climate-data.org/europe/espana/cataluna/alcanar-56851/>

CLIMENT, María Teresa, GARCÍA, Begoña. Cálculos estequiométricos: reacción entre carbonato de calcio y ácido clorhídrico. *Servei de Formació Permanent i Innovació Educativa (Universitat de València)*, 2012. [Consulta: 14 de febrer de 2023]. Disponible a: <https://www.uv.es/uvweb/quimica/es/facultad-quimica/aacute-lculos-estequiom-eacute-tricos-reacci-oacute-carbonato-calcio-aacute-cido-clorh-iacute-drico-1285849471169/Recurs.html?id=1285936938612>

COMMISSIONE NORMATIVA MANUFATTI LAPIDEI. *NORMAL 33/89: Misura dell'angolo di contatto*.

CTS®. *Estel 1000*. [Consulta: 13 de maig de 2023]. Disponible a: <https://shop-espana.ctseurope.com/170-estel-1000-consolidante-a-base-de-silicato-de-etilo>

CTS®. *Estel 1100*. [Consulta: 13 de maig de 2013]. Disponible a: <https://shop-espana.ctseurope.com/171-estel-1100-consolidante-e-hidrofugante-a-base-de-silicato-de-etilo-y-polisiloxanos-oligomericos>

DOMÉNECH CARBÓ, María Teresa. Espectroscopía molecular. A: DOMÉNECH CARBÓ, María Teresa. *Análisis químico y examen científico de patrimonio cultural*. Madrid: Editorial Síntesis, 2018. ISBN: 978-84-9171-247-3

DOMÉNECH CARBÓ, María Teresa. *Principios físico-químicos de los materiales integrantes de los bienes culturales*. València: Editorial Universitat Politècnica de València, 2013. ISBN: 978-84-8363-996-2

EUROLAB. LABORATORY SERVICES. *DIN 53505 Caucho y elastómeros-Prueba de dureza Shore A y Shore D*. [Consulta: 13 de maig de 2023]. Disponible a: <https://www.laboratuar.com/es/testler/mekanik-testleri/din-53505-kaucuk-ve-elastomerler---shore-a-ve-shore-d-sertlik-testi/>

GÁNDARA VÁZQUEZ, Manuel, MOSCO JAIMES, Alejandra, PÉREZ CASTELLANOS, Leticia, TRIANA MORENO, Andrés, GÓMEZ PADILLA, Luis Fernando. Metodología para la evaluación de la divulgación en sitios patrimoniales y museos. Primeros resultados. A: *Estudios sobre conservación, restauración y museología*. México D.F.: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía del Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2015. Vol. 2. ISBN: 978-607-484-649-2. [Consulta: 20 de febrer de 2023]. Disponible a: <https://www.revistas.inah.gob.mx/index.php/estudiosconservacion/article/view/5464>

GARCIA I RUBERT, David. Nuevas aportaciones al estudio de los patrones de asentamiento en el nordeste de la Península Ibérica durante la Primera Edad del Hierro. El caso del Complejo Sant Jaume. A: *Trabajos de Prehistoria*, 2011. Vol. 68, núm. 2. ISSN: 0082-5638

GARCIA I RUBERT, David i GRACIA ALONSO, Francesc. Les darreres campanyes d'excavació al jaciment de la Primera Edat del Ferro de Sant Jaume-Mas d'en Serrà (Alcanar, Montsià). A: *Tribuna d'Arqueologia*, 2005. Vol. 2001-2002. [Consulta: 25 d'abril de 2022] Disponible a: <http://hdl.handle.net/2445/168479>

GARCIA I RUBERT, David. Jefes del Sénia. Sobre la emergencia de jefaturas durante la primera Edad del Hierro en el nordeste de la Península Ibérica. A: *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 2015. Núm. 66. ISSN: 1132-2217.

GARCIA I RUBERT, David. Localització i accessos. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

GARCIA I RUBERT, David. El medi físic i l'entorn natural: les Terres del Sénia. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

GARCIA I RUBERT, David. Història dels treballs d'excavació del sector 1: campanyes 1/1997-18/2015. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

GARCIA I RUBERT, David. Espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2: descripció estructural, seqüència estratigràfica i proposta d'interpretació funcional. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

GARCIA I RUBERT, David i MATEU, Marta. Disseny de l'assentament i aspectes arquitectònics i constructius. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

GARCIA I RUBERT, David. Elements mobles. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

GARCIA I RUBERT, David. Interpretació global i contextualització històrica. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

GARCIA I RUBERT, David, MORENO MARTÍNEZ, Isabel, FONT VALENTÍN, Laia, SAORIN, Carme, BOTERO BESADALOMBANA, Jorge Andrés. La residència fortificada aïllada de la Primera Edat del Ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). A: *I Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre, vol. I*. Tortosa, Tarragona, 2016. MARTÍNEZ, Joan, DILOLI, Jordi, VILLALBÍ, Maria del Mar. Tortosa: Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre, 2016. ISBN: 978-84-945741-1-5

GARCIA I RUBERT, David, MORENO MARTÍNEZ, Isabel, FONT VALENTÍN, Laia, SAORIN, Carme, BOTERO BESADALOMBANA, Jorge Andrés. L'assentament de la Primera Edat del Ferro de la Ferradura (Ulldecona, Montsià). A: *I Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre, vol. I*. Tortosa, Tarragona, 2016. MARTÍNEZ, Joan, DILOLI, Jordi, VILLALBÍ, Maria del Mar. Tortosa: Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre, 2016. ISBN: 978-84-945741-1-5

GRUP DE RECERCA EN ARQUEOLOGIA PROTOHISTÒRICA. *Fitxes d'intervenció del jaciment de Sant Jaume, 2015-2022*.

GRUP DE RECERCA EN ARQUEOLOGIA PROTOHISTÒRICA. *Fitxes d'inventari de morters i formigons de Sant Jaume, 2018-2022*.

GRUPO ESPAÑOL DE CONSERVACIÓN (GE-IIC). *Arbocel® BC 1000, BC 200, BWW 40*. [Consulta: 23 de febrer de 2023]. Disponible a: <https://www.ge-iic.com/fichas-tecnicas/gelificantes-espesantes/arbocel-bc-1000-bc-200-bww-40/>

GRUPO ESPAÑOL DE CONSERVACIÓN (GE-IIC). *Tejidos y fibras populares*. [Consulta: 23 de febrer de 2023]. Disponible a: [https://www.ge-iic.com/files/Publicaciones/tejidos\\_y\\_fibras\\_populares.pdf](https://www.ge-iic.com/files/Publicaciones/tejidos_y_fibras_populares.pdf)

LOPEZ CACHERO, Francisco Javier. *Aproximació a la societat durant el bronze final i la primera edat: el cas de la necròpolis de Can Piteu-Can Roqueta (Sabadell, Vallès Occidental, Barcelona)*. Barcelona: Societat Catalana d'Arqueologia, 2006. ISBN: 84-930844-9-2. [Consulta: 7 de febrer de 2022]. Disponible a: <https://www.researchgate.net/publication/286936445>

LÓPEZ CACHERO, Francisco Javier. *Aproximació a la societat del nord-est peninsular durant el bronze final i la primera edat del ferro. El cas de la necròpolis de Can Piteu-Can Roqueta (Sabadell, Vallès Occidental, Barcelona)*. Barcelona: Societat Catalana d'Arqueologia, 2006. ISBN: 978-84-930844-9-3

LOSADA ARANGUREN, José María i ESBERT ALEMANY, Rosa María. Criterios de intervención en materiales pétreos. A: *Bienes Culturales*, 2003. Núm. 2. ISSN: 1695-9698. [Consulta: 25 de febrer de 2023] Disponible a: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1183367>



MARÇAL, Hèlia. Participation and care. A: *II Congreso Internacional ESHID. Estéticas híbridas de la imagen en movimiento: Identidad y patrimonio*. València: Universitat Politècnica de València, 2021. [Consulta: 22 març de 2022]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=-tHfrhIT04U>

MARTÍN SENDRA, Aida. *Estudio comparativo de fibras naturales para reforzar hormigón*. Vercher Sanchís, José María (dir.). Treball de Fi de Grau. Grau en Fonaments de l'Arquitectura, Universitat Politècnica de València, 2020. [Consulta: 12 de febrer de 2023] Disponible: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/160345/>

MAS I BARBERÀ, Xavier. *Conservación y restauración de materiales pétreos. Diagnóstico y tratamiento*. 2ª ed. València: Editorial Universitat Politècnica de València, 2010. ISBN: 978-84-8363-583-4

MATEU SAGUÉS, Marta. *Estudi de la terra crua durant la primera edat del ferro al nord-est de la península ibèrica des de les perspectives micromorfològica i tipològica. Els materials del jaciment de Sant Jaume (Alcanar, Montsià)*. Bergadà i Zapata, M. Mercè, Garcia i Rubert, David i Fullola Pericot, Josep Maria. Tesi doctoral, Universitat de Barcelona, 2015. [Consulta: 10 de febrer de 2023]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2445/103728>

MINKE, Gernot. *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. 2ª edició. Uruguay: Editorial Fin de Siglo, 2005. ISBN: 9974-49-347-1

MORENILLA VICENTE, José Luis, MARTÍNEZ GÓMEZ, Francisco José. Materiales para la bioconstrucción. A: *Cercha*, 2011. Núm. 108. ISSN: 2484-1048. [Consulta: 14 de maig de 2023]. Disponible a: <https://www.riarte.es/handle/20.500.12251/458>

MORENO MARTÍNEZ, Isabel. Els treballs de conservació a l'assentament. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

ONTIVEROS ORTEGA, Esther, ÁLVAREZ GALINDO, José Ignacio. Recomendaciones técnicas para el estudio de morteros. A: *PH. Programa de normalización de estudios previos aplicado a bienes inmuebles*. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2006. ISBN: 84-8266-588-X. [Consulta: 21 de maig de 2023]. Disponible a: <https://repositorio.iaph.es/bitstream/11532/327657/1/Morteros.pdf>

ORGANITZACIÓ DE LES NACIONS UNIDES. *Objectius de desenvolupament sostenible*. [Consulta: 28 febrer de 2022] Disponible a : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

OSETE CORTINA, Laura. Espectroscòpia infraroja FTIR. *Polimedia (Universitat Politècnica de València)*, 2018. [Consulta: 5 de juliol de 2022]. Disponible a: <https://media.upv.es/#/portal/video/faa62810-b775-11e8-a361-599725480ca3>

PCE INSTRUMENTS. *Durómetro PCE-D (Shore D). Ficha técnica*. [Consulta: 15 de maig de 2023]. Disponible a: <https://www.pce-iberica.es/hoja-datos/hoja-datos-pce-ddd-10.pdf>

PIQUÉ I HUERTA, Raquel, LÓPEZ, Dani, FONT VALENTIN, Laia, NADAL LORENZO, Jordi, SARDÀ, Samuel. Estudis, anàlisis i treballs específics. A: GARCIA I RUBERT, David, GRACIA ALONSO, Francesc i MORENO MARTÍNEZ, Isabel. *L'assentament de la primera edat del ferro de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). Els espais A1, A3, A4, C1, Accés i T2 del sector I*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona. ISBN: 978-84-475-3904-8

RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS DES MATÉRIAUX. *Recommandations provisoires. Essais recommandés pour mesurer l'altération des pierres et évaluer l'efficacité des*

méthodes de traitement. A : RILEM TC 25-PEM. *Matériaux et Construction*, vol. 13, No. 75, 1980. ISSN: 1359-5997

ROCA CABEDO, Mercé. Estudi comparatiu de morters de reposició per a la conservació i restauració in situ a la residència fortificada de Sant Jaume (Alcanar, Montsià). A: *II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre*. Tortosa, Tarragona, 2022. Serveis Territorials de Cultura de les Terres de l'Ebre. Publicació inèdita.

UNE. NORMALIZACIÓN ESPAÑOLA. *UNE-EN 15802. Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación del ángulo de contacto estático*. [Consulta: 13 de maig de 2023]. Disponible a: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046040>

UNE. NORMALIZACIÓN ESPAÑOLA. *UNE 53130:1971. Materiales plásticos. Determinación de la dureza shore A y D de los materiales plásticos y elastómeros vulcanizados*. [Consulta: 13 de maig de 2023]. Disponible a: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0020065>

UNE. NORMALIZACIÓN ESPAÑOLA. *UNE-EN 1936. Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la densidad real y aparente y de la porosidad abierta y total*.

WEINER, Stephen. *Microarchaeology. Beyond the visible archaeological record*. New York: Cambridge University Press, 2010. ISBN: 978-0-521-70584-4



## 11. ÍNDEX D'IMATGES

## 11 ÍNDEX D'IMATGES

### FIGURES

Figura 1. Diagrama de flux de les fases metodològiques del treball. Font: Imatge de l'autora (*Piktochart*).

Figura 2. Percentatge de la massa retinguda parcial del sediment groc del jaciment. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).

Figura 3. Procés de tamisat del sediment groc del jaciment. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 4. Divisió del sediment groc del jaciment en fraccions granulomètriques. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 5. Fibres vegetals: corda de sisal, lli i Arbocel® BC200. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 6. Fibres de corda de sisal tallades. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 7. Fibres de lli tallades. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 8. Procés d'elaboració de provetes: làmina de morter amb oli d'oliva. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 9. Procés d'elaboració de provetes: tallat en peces de 5 x 5 cm de morter amb oli d'oliva. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 10. Localització dels jaciments de les Terres del Sènia. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 11. Turó on s'ubica la residència fortificada de Sant Jaume. Font: Arxiu del GRAP. [Consulta: 19 de maig de 2023]. Disponible a: <http://www.ub.edu/grap/index.php/yaciments/la-residencia-fortificada-de-sant-jaume-alcanar-montsia>

Figura 12. Croquis dels jaciments del Complex Sant Jaume: a) Sant Jaume, b) la Ferradura, c) Moleta del Remei. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 13. Vista aèria de la Ferradura. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 14. Vista aèria de Cogula. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 15. Castell d'Ulldecona. Font: Turisme d'Ulldecona. [Consulta: 23 de maig de 2023]. Disponible a: <https://turismeulldecona.cat/el-castell/>

Figura 16. Vista aèria de la Moleta del Remei. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 17. Vista aèria de Sant Jaume. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 18. Planimetria general de Sant Jaume. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 19. Torre T2, localitzada en la zona nord-oest del jaciment. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 20. Forn UE6024 situat fora de la muralla en la zona nord del jaciment, usat per a la cocció de grans quantitats d'aliments. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 21. Zona nord del jaciment: àmbits A5 (esquerra) i A4 (dreta). Font: Arxiu del GRAP.

Figura 22. Vista aèria de l'àmbit A7. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 23. Conjunt de vasos de ceràmica a mà, procedents dels àmbits A3 i A4. Restauració i fotografia: I. Moreno. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 24. Àmfores elaborades a torn d'origen fenici. Restauració i fotografia: I. Moreno. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 25. Àmbit A5 en procés d'excavació, on s'observen fragments de ceràmica, revestiments i *pondera*. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 26. Àmbits de Sant Jaume coberts amb malles antigerminadores. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 27. Protecció amb teixits de polipropilè de les estructures més delicades. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 28. Cessió dels murs de les façanes que comuniquen amb el carrer C1. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 29. Àmbits A18, on l'aigua ha erosionat el sediment en el tall transversal i afloren els materials de l'espai. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 30. Mur UE1011 de l'àmbit A4, el qual presenta un enfosquiment del formigó de calç en la part superior. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 31. Àmbits A3 el primer dia de campanya, on s'aprecia la cessió del mur mitger entre els àmbits A3 i A4, la tonalitat rogenca de les pedres i el creixement de la vegetació. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 32. Estat actual de conservació de la façana interior del mur UE0005 de l'àmbit A5. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 33. Dibuix tècnic amb les mesures de la façana interior del mur UE0005 de l'àmbit A5. Font: Imatge de l'autora (*Adobe Illustrator* i *Adobe Photoshop*).

Figura 34. Detall de la separació entre el revestiment i el mur, i les fissures en la capa de revestiment. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 35. Detall de les restes del morter d'oli aplicat en el bisellat del revestiment. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 36. Detall del resultat del bisellat del revestiment situat a la part esquerra del mur. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 37. Detall del resultat del bisellat del revestiment situat a la part dreta del mur. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 38. Mapa dels deterioraments principals de la façana interior del mur UE0005 de l'àmbit A5. Font: Imatge de l'autora (*Adobe Illustrator* i *Adobe Photoshop*).

Figura 39. Mapa de les principals intervencions efectuades en la façana interior del mur UE0005 de l'àmbit A5. Font: Imatge de l'autora (*Adobe Illustrator* i *Adobe Photoshop*).

Figura 40. Superfície del jaciment de l'últim dia de campanya. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 41. Situació de l'àmbit A7 en la planta de Sant Jaume. Font: Arxiu del GRAP (modificada).

Figura 42. Localització de la zona d'extracció de les mostres de morter a l'àmbit A7. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 43. Zona d'extracció de la mostra a la UE2002 de l'àmbit A7. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 44. Detall de la zona d'extracció de les mostres de morter. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 45. Mostra de Morter exterior A7 (dreta) i mostra de Morter interior A7 (esquerra). Font: Fotografia de l'autora.

Figura 46. Percentatge de la massa retinguda parcial de la mostra de Morter exterior d'A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).

Figura 47. Percentatge de la massa retinguda parcial de la mostra de Morter interior d'A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).

Figura 48. Representació del percentatge de la massa retinguda parcial de la mostra de Morter exterior d'A7 i del Morter interior d'A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).

Figura 49. Espectre infraroig obtingut per la fracció de 0,250 mm de la Mostra exterior A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina.

Figura 50. Espectre infraroig obtingut per la fracció de 0,250 mm de la Mostra de morter interior A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina.

Figura 51. Espectre infraroig obtingut per la fracció de <63 µm de la Mostra de morter exterior A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina.

Figura 52. Espectre infraroig obtingut per la fracció de <63 µm de la Mostra de morter interior A7. Font: Anàlisi dirigida per la doctora L. Osete Cortina.

Figura 53. (a-c). Aplicació de morter de terra al 3% d'oli d'oliva durant la campanya de l'any 2022: a) Detall de l'estat inicial del revestiment, b) Aplicació del morter amb oli, c) Detall de l'estat del revestiment sis mesos després de l'aplicació. Font: Fotografies de l'autora.

Figura 54. Provetes inicials de morter amb oli d'oliva amb fibres i àrid silici acabades de preparar. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 55. Provetes inicials de morter amb oli de llinosa amb fibres i àrid silici acabades de preparar. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 56. Conjunt de provetes inicials de morter amb oli d'oliva amb fibres i àrid silici després del procés d'assecat. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 57. Conjunt de provetes inicials de morter amb oli de llinosa amb fibres i àrid silici després del procés d'assecat. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 58. Proвета M1-OL-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 59. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 60. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 61. Detall a x10 de la superfície de la proveta de morter de terra al 3% d'oli d'oliva usada durant la campanya de l'any 2022 a Sant Jaume. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 62. Proвета M1-OL-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 63. Proвета M1-OL-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 64. Proвета M1-OL-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 65. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 66. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 67. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 68. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 69. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 70. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

- Figura 71. Proveta M1-OL-25L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 72. Proveta M1-OL-50L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 73. Proveta M1-OL-75L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 74. Proveta M1-OL-25S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 75. Proveta M1-OL-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 76. Proveta M1-OL-75S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 77. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-25L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 78. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-50L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 79. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-75L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 80. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-25L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 81. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-50L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 82. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-75L. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 83. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-25S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 84. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 85. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-75S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 86. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-25S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 87. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 88. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-75S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 89. Proveta M1-OL-AR. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 90. Proveta M1-OL-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 91. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-AR. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 92. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-AR. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 93. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-OL-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 94. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-OL-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 95. Proveta M1-LLI-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 96. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 97. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 98. Proveta M1-LLI-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 99. Proveta M1-LLI-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 100. Proveta M1-LLI-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 101. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 102. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 103. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 104. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-25ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 105. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-50ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 106. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-75ARB. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 107. Proveta M1-LLI-25L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 108. Proveta M1-LLI-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 109. Proveta M1-LLI-75L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 110. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-25L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 111. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 112. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-75L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 113. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-25L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 114. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 115. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-75L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 116. Proveta M1-LLI-25S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 117. Proveta M1-LLI-50S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 118. Proveta M1-LLI-75S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 119. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-25S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 120. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-50S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 121. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-75S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 122. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-25S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 123. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-50S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 124. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-75S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 125. Proveta M1-LLI-AR. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 126. Proveta M1-LLI-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 127. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-AR. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 128. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-AR. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 129. Detall a x10 de la superfície de la proveta M1-LLI-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 130. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M1-LLI-AR-S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 131. Conjunt de provetes de morter amb oli d'oliva amb fibres de lli. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 132. Conjunt de provetes de morter amb oli d'oliva amb fibres de corda de sisal. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 133. Conjunt de provetes de morter amb oli de llinosa amb fibres de lli. Font: Fotografia de l'autora.



Figura 134. Conjunt de provetes de morter amb oli de llinosa amb fibres de corda de sisal. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 135. Detall a x10 de la proveta M2-OL3-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 136. Detall a x10 de la proveta M2-OL10-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 137. Detall a x10 de la proveta M2-OL18-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 138. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL3-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 139. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL10-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 140. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL18-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 141. Detall a x10 de la proveta M2-OL3-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 142. Detall a x10 de la proveta M2-OL10-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 143. Detall a x10 de la proveta M2-OL18-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 144. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL3-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 145. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL10-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 146. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL18-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 147. Detall a x10 de la proveta M2-OL3-50S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 148. Detall a x10 de la proveta M2-OL10-50S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 149. Detall a x10 de la proveta M2-OL18-50S. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 150. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL3-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 151. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL10-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 152. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-OL18-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 153. Detall a x10 de la proveta M2-LLI3-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 154. Detall a x10 de la proveta M2-LLI10-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 155. Detall a x10 de la proveta M2-LLI18-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 156. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI3-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 157. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI10-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 158. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI18-SF. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 159. Detall a x10 de la proveta M2-LLI3-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 160. Detall a x10 de la proveta M2-LLI10-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 161. Detall a x10 de la proveta M2-LLI18-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 162. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI3-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 163. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI10-50L. Font: Fotografia de l'autora.

Figura 164. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI18-50L. Font: Fotografia de l'autora.

- Figura 165. Detall a x10 de la proveta M2-LLI3-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 166. Detall a x10 de la proveta M2-LLI10-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 167. Detall a x10 de la proveta M2-LLI18-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 168. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI3-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 169. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI10-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 170. Detall a x10 de la secció transversal de la proveta M2-LLI18-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 171. Disposició de les gotes d'aigua amb la micropipeta. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 172. Procés d'absorció de les gotes d'aigua. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 173. Resultats de l'assaig d'absorció de les gotes d'aigua de les provetes amb oli d'oliva i fibres de lli. Font: Assaig dirigit per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).
- Figura 174. Resultats de l'assaig d'absorció de les gotes d'aigua de les provetes amb oli d'oliva i fibres de corda de sisal. Font: Assaig dirigit per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).
- Figura 175. Gota d'aigua dipositada en M2-OL3-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 176. Gota d'aigua dipositada en M2-OL10-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 177. Gota d'aigua dipositada en M2-OL18-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 178. Resultats de l'assaig d'absorció de les gotes d'aigua de les provetes amb oli de llinosa i fibres de lli. Font: Assaig dirigit per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).
- Figura 179. Resultats de l'assaig d'absorció de les gotes d'aigua de les provetes amb oli de llinosa i fibres de corda de sisal. Font: Assaig dirigit per la doctora L. Osete Cortina (*Microsoft Excel*).
- Figura 180. Gota d'aigua dipositada en M2-LLI3-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 181. Gota d'aigua dipositada en M2-LLI10-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 182. Gota d'aigua dipositada en M2-LLI18-SF. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 183. Estat inicial de les provetes seleccionades. Primera fila d'esquerra a dreta: M2-OL3-SF, M2-OL3-50L, M2-OL3-50S, M2-OL10-SF, M2-OL10-50L, M2-OL10-50S. Segona fila d'esquerra a dreta: M2-LLI3-SF, M2-LLI3-50L, M2-LLI3-50S, M2-LLI10-SF, M2-LLI10-50L i M2-LLI10-50S. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 184. Estat inicial de les provetes seleccionades en la càmera de buit. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 185. Resultat de les provetes descartades després de l'assaig. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 186. Resultat de les provetes que superen l'assaig. Font: Fotografia de l'autora.
- Figura 187. Cartell del X Congrés Internacional d'Estudis Fenicis i Púnics, Eivissa (2022). Font: Museu Arqueològic d'Eivissa i Formentera. [Consulta: 10 de juliol de 2023]. Disponible a: <https://maef.eu/events/x-congres-internacional-destudis-fenicis-i-punics-eivissa-2022/>
- Figura 188. Cartell les II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre, Tortosa (2022). Font: II Jornades d'Arqueologia de les Terres de l'Ebre. [Consulta: 10 de juliol de 2023]. Disponible a: <https://arqueologia.tte.cat/2022-ii-jornades-darqueologia>
- Figura 189. Article de la 24a campanya d'excavacions arqueològiques a Sant Jaume. Font: Ajuntament d'Alcanar. [Consulta: 10 de juliol de 2023]. Disponible a: <https://www.alcanar.cat/noticies/campanya->

d%E2%80%99excavacions-arqueol%C3%B2giques-242022-al-jaciment-de-sant-jaume-  
d%E2%80%99alcanar

Figura 190. Visita guiada de la 24a campanya d'excavacions arqueològiques a Sant Jaume. Font: Arxiu del GRAP.

Figura 191. Cartell de Tyrika, Alcanar (2022). Font: Alcanar Turisme. [Consulta: 10 de juny de 2023]. Disponible a: <https://www.alcanarturisme.es/tyrika-festival-iber-dalcanar/>

## TAULES

Taula 1. Contingut d'àcids grassos en l'oli d'oliva i l'oli de llinosa. Font: Bueno Ferrer, Carmen. (2012). *Bio-compuestos termoplásticos basados en aceites vegetales. Estudio de su aplicabilidad al envasado de alimentos.*

Taula 2. Materials i proporcions de les matrius de morters inicials de terra amb oli d'oliva i oli de llinosa.

Taula 3. Materials i proporcions de les provetes inicials de morter de terra amb oli d'oliva, fibres vegetals i àrid silici.

Taula 4. Materials i proporcions de les provetes inicials de morter de terra amb oli de llinosa, fibres vegetals i àrid silici.

Taula 5. Materials i proporcions de les matrius de morters de terra amb oli d'oliva i oli de llinosa usades en la segona fase de l'experimentació.

Taula 6. Materials i proporcions de les provetes de morter de terra amb oli d'oliva i fibres vegetals usades en la segona fase de l'experimentació.

Taula 7. Materials i proporcions de les provetes de morter de terra amb oli de llinosa i fibres vegetals usades en la segona fase de l'experimentació.

Taula 8. Resum dels materials i proporcions utilitzats en els morters de terra per al bisellat perimetral del revestiment situat al mur UE0005 de l'àmbit A5.

Taula 9. Resultats de l'assaig de l'atac àcid en la mostra exterior d'A7.

Taula 10. Resultats de l'assaig de l'atac àcid en la mostra interior d'A7.

Taula 11. Valor mitjà de la determinació de la duresa superficial de les provetes amb oli d'oliva.

Taula 12. Valor mitjà de la determinació de la duresa superficial de les provetes amb oli de llinosa.

Taula 13. Identificació de les provetes analitzades en l'assaig de determinació de la porositat.

Taula 14. Resultats de l'assaig de determinació de la porositat.



## 12. ANNEXOS

## 12 ANNEXOS

### 12.1 Annex I. Relació del treball amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA



FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

#### ANEXO I. RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030

Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster: Relación del trabajo con los  
Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

| Objetivos de Desarrollo Sostenible               | Alto                                | Medio                    | Bajo                     | No<br>procede                       |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| ODS 1. Fin de la pobreza.                        | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| ODS 2. Hambre cero.                              | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 3. Salud y bienestar.                        | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 4. Educación de calidad.                     | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 5. Igualdad de género.                       | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 6. Agua limpia y saneamiento.                | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 7. Energía asequible y no contaminante.      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras. | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 10. Reducción de las desigualdades.          | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| ODS 12. Producción y consumo responsables.       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| ODS 13. Acción por el clima.                     | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 14. Vida submarina.                          | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.          | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.   | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.          | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Descripción de la alineación del TFG/TFM con los ODS con un grado de relación más alto.



**Anexo al Trabajo de Fin de Grado y Trabajo de Fin de Máster:  
Relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.**

L'objectiu general d'aquest treball de fi de màster és l'estudi comparatiu de les característiques fisicoquímiques dels morters de reposició aplicats en el jaciment Sant Jaume (Alcanar, Montsià). A més, aquesta investigació està alineada amb les metes dels ODS relacionats amb l'àmbit de la conservació-restauració dels béns culturals i la sostenibilitat. Concretament amb els objectius:

- 11.4. Ciutats i comunitats sostenibles. Augmentar els esforços per a protegir i tindre cura del patrimoni natural i cultural del món.
- 12.2. Producció i consum responsables. Aconseguir la gestió sostenible i l'ús eficient dels recursos naturals.
- 12.5. Producció i consum responsables. Reduir considerablement la generació de residus mitjançant activitats de prevenció, reducció, reciclat i reutilització.

En relació amb la protecció del patrimoni, aquesta investigació se centra en la recerca i anàlisi de diverses propostes de morter de reposició, els quals estan elaborats amb materials que tinguen un baix impacte en el medi ambient. Així, es pretén afavorir a una gestió dels recursos més responsable a través de l'aprofitament de productes de rebuig que provenen de les indústries tèxtils i agrícola.

## 12.2 Annex II. Anàlisi granulomètrica del sediment groc del jaciment

Taula 1. Anàlisi granulomètrica desglossada del sediment groc del jaciment.

| TAMÍS (mm)   | PES RETINGUT (g) | FRACCIÓ RETINGUDA PARCIAL (%) | FRACCIÓ RETINGUDA ACUMULADA (%) | FRACCIÓ QUE PASSA ACUMULADA (%) |
|--------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 8            | 92,17            | 9,06                          | 9,06                            | 90,94                           |
| 4            | 77,59            | 7,62                          | 16,68                           | 83,32                           |
| 2,5          | 79,60            | 7,82                          | 24,50                           | 75,50                           |
| 1            | 220,30           | 21,64                         | 46,14                           | 53,86                           |
| 0,8          | 64,68            | 6,35                          | 52,49                           | 47,51                           |
| 0,250        | 346,54           | 34,04                         | 86,54                           | 13,46                           |
| 0,125        | 104,33           | 10,25                         | 96,79                           | 3,21                            |
| 0,100        | 19,22            | 1,89                          | 98,68                           | 1,32                            |
| 0,080        | 7,84             | 0,77                          | 99,45                           | 0,55                            |
| 0,063        | 3,23             | 0,32                          | 99,77                           | 0,23                            |
| <0,063       | 2,39             | 0,23                          | 100                             | 0,00                            |
| <b>TOTAL</b> | <b>1017,89</b>   | <b>100,00</b>                 |                                 |                                 |

## 12.3 Annex III. Caracterització del morter original

Taula 2. Anàlisi granulomètrica desglossada del morter exterior d'A7.

| TAMÍS (mm)   | PES RETINGUT (g) | FRACCIÓ RETINGUDA PARCIAL (%) | FRACCIÓ RETINGUDA ACUMULADA (%) | FRACCIÓ QUE PASSA ACUMULADA (%) |
|--------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 8            | 0,41             | 0,75                          | 0,75                            | 99,25                           |
| 4            | 3,57             | 6,54                          | 7,29                            | 92,71                           |
| 2,5          | 4,27             | 7,82                          | 15,10                           | 84,90                           |
| 1            | 14,69            | 26,89                         | 42                              | 58                              |
| 0,8          | 4,19             | 7,67                          | 49,67                           | 50,33                           |
| 0,250        | 15,14            | 27,72                         | 77,39                           | 22,61                           |
| 0,125        | 6,39             | 11,70                         | 89,09                           | 10,91                           |
| 0,100        | 0,18             | 0,33                          | 89,42                           | 10,58                           |
| 0,080        | 3,12             | 5,71                          | 95,13                           | 4,87                            |
| 0,063        | 1,49             | 2,73                          | 97,86                           | 2,14                            |
| <0,063       | 1,17             | 2,14                          | 100                             | 0,00                            |
| <b>TOTAL</b> | <b>54,62</b>     | <b>100,00</b>                 |                                 |                                 |

Taula 3. Anàlisi granulomètrica desglossada del morter interior d'A7.

| TAMÍS<br>(mm) | PES RETINGUT<br>(g) | FRACCIÓ<br>RETINGUDA<br>PARCIAL<br>(%) | FRACCIÓ<br>RETINGUDA<br>ACUMULADA<br>(%) | FRACCIÓ QUE<br>PASSA<br>ACUMULADA<br>(%) |
|---------------|---------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 8             | 0                   | 0,00                                   | 0,00                                     | 100                                      |
| 4             | 1,07                | 3,07                                   | 3,07                                     | 96,93                                    |
| 2,5           | 2,39                | 6,86                                   | 9,93                                     | 90,07                                    |
| 1             | 9,18                | 26,33                                  | 36,26                                    | 63,74                                    |
| 0,8           | 2,36                | 6,77                                   | 43,03                                    | 56,97                                    |
| 0,250         | 12,48               | 35,80                                  | 78,83                                    | 21,17                                    |
| 0,125         | 3,60                | 10,33                                  | 89,16                                    | 10,84                                    |
| 0,100         | 0,32                | 0,92                                   | 90,07                                    | 9,93                                     |
| 0,080         | 2,12                | 6,08                                   | 96,16                                    | 3,84                                     |
| 0,063         | 0,39                | 1,12                                   | 97,27                                    | 2,73                                     |
| <0,063        | 0,95                | 2,73                                   | 100                                      | 0,00                                     |
| <b>TOTAL</b>  | <b>34,86</b>        | <b>100,00</b>                          |                                          |                                          |



12.4 Annex IV. Característiques de les provetes de morter inicials amb oli d'oliva

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER      |                                           | TIPUS DE MORTER D'OLI D'OLIVA |             |             |             |              |              |              |           |                   |                   |            |            |            |
|----------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-------------------|-------------------|------------|------------|------------|
|                                  |                                           | M1-OL-SF                      | M1-OL-25ARB | M1-OL-50ARB | M1-OL-75ARB | M1-OL-25L    | M1-OL-50L    | M1-OL-75L    | M1-OL-25S | M1-OL-50S         | M1-OL-50S         | M1-OL-AR   | M1-OL-AR-S |            |
| PREPARACIÓ DE LA MOSTRA          | Integració del sediment i l'oli           | Adequada                      | Adequada    | Adequada    | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada  | Adequada          | Adequada          | Adequada   | Adequada   |            |
|                                  | Integració de les fibres al morter        | -                             | Adequada    | Inadequada  | Inadequada  | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada  | Adequada          | Adequada          | Inadequada | Inadequada |            |
|                                  | Tipus d'absorció de les fibres            | -                             | Gradual     | Ràpida      | Ràpida      | Lenta        | Gradual      | Gradual      | Lenta     | Gradual           | Gradual           | Gradual    | Gradual    |            |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN HUMIT | Cohesió del morter                        | Adequada                      | Inadequada  | Inadequada  | Inadequada  | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada  | Adequada          | Adequada          | Inadequada | Inadequada |            |
|                                  | Plasticitat                               | Adequada                      | Inadequada  | Inadequada  | Inadequada  | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada  | Adequada          | Adequada          | Inadequada | Inadequada |            |
|                                  | Adherència a les mans                     | Adequada                      | Adequada    | Adequada    | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada  | Adequada          | Adequada          | Inadequada | Inadequada |            |
|                                  | Facilitat en la manipulació               | Adequada                      | Adequada    | Adequada    | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada  | Adequada          | Adequada          | Inadequada | Inadequada |            |
|                                  | Aspecte                                   | Humit                         | Humit       | Semi-sec    | Semi-sec    | Humit        | Humit        | Humit        | Humit     | Humit             | Humit             | Humit      | Semi-sec   | Sec        |
|                                  | Tipus de textura                          | Llimosa                       | Llimosa     | Llimosa     | Llimosa     | Llimosa      | Llimosa      | Llimosa      | Llimosa   | Llimosa           | Llimosa           | Llimosa    | Grava      | Grava      |
|                                  | Capacitat d'aconseguir superfícies llises | Adequada                      | Adequada    | Adequada    | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada  | Adequada          | Adequada          | Adequada   | Inadequada | Inadequada |
|                                  | Presència d'aglomerats en la pasta        | No                            | No          | No          | No          | No           | No           | No           | No        | No                | No                | No         | -          | No         |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN SEC   | Acabat de la superfície                   | Mate                          | Mate        | Mate        | Mate        | Mate         | Mate         | Mate         | Mate      | Mate              | Mate              | Mate       | Mate       |            |
|                                  | Observació de porus                       | Sí                            | Sí          | Sí          | Sí          | Sí           | Sí           | Sí           | Sí        | Sí                | Sí                | Sí         | Sí         |            |
|                                  | Fissures                                  | No                            | Sí          | Sí          | Sí          | Sí (puntual) | Sí (puntual) | Sí (puntual) | No        | Sí (superficials) | Sí (superficials) | Sí         | Sí         |            |
|                                  | Fragmentació                              | No                            | No          | No          | No          | No           | No           | No           | No        | No                | No                | No         | No         |            |
|                                  | Pulverulència                             | No                            | No          | No          | No          | No           | No           | No           | No        | No                | No                | No         | Sí         | Sí         |

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER     |                                                          | TIPUS DE MORTER D'OLI D'OLIVA |             |             |             |           |           |           |           |           |           |          |            |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
|                                 |                                                          | M1-OL-SF                      | M1-OL-25ARB | M1-OL-50ARB | M1-OL-75ARB | M1-OL-25L | M1-OL-50L | M1-OL-75L | M1-OL-25S | M1-OL-50S | M1-OL-50S | M1-OL-AR | M1-OL-AR-S |
| OBSERVACIÓ AMB MICROSCOPI ÒPTIC | Presència d'agregats de les fibres en la superfície      | -                             | Sí          | Sí          | Sí          | No        | No        | No        | No        | No        | No        | -        | Sí         |
|                                 | Presència d'agregats de les fibres en secció transversal | -                             | Sí          | Sí          | Sí          | No        | No        | No        | No        | No        | No        | -        | Sí         |

12.5 Annex V. Característiques de les provetes de morter inicials amb oli de llinosa

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER      |                                           | TIPUS DE MORTER D'OLI DE LLINOSA |              |              |              |              |              |              |              |            |            |            |             |            |
|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
|                                  |                                           | M1-LLI-SF                        | M1-LLI-25ARB | M1-LLI-50ARB | M1-LLI-75ARB | M1-LLI-25L   | M1-LLI-50L   | M1-LLI-75L   | M1-LLI-25S   | M1-LLI-50S | M1-LLI-75S | M1-LLI-AR  | M1-LLI-AR-S |            |
| PREPARACIÓ DE LA MOSTRA          | Integració del sediment i l'oli           | Adequada                         | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada   | Adequada   | Adequada   | Adequada    |            |
|                                  | Integració de les fibres al morter        | -                                | Adequada     | Adequada     | Inadequada   | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada   | Adequada   | Adequada   | Inadequada  |            |
|                                  | Tipus d'absorció de les fibres            | -                                | Gradual      | Gradual      | Ràpida       | Gradual      | Gradual      | Gradual      | Gradual      | Gradual    | Gradual    | Gradual    | Gradual     |            |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN HUMIT | Cohesió del morter                        | Inadequada                       | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada   | Adequada   | Inadequada | Inadequada  |            |
|                                  | Plasticitat                               | Inadequada                       | Adequada     | Adequada     | Inadequada   | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada   | Adequada   | Inadequada | Inadequada  |            |
|                                  | Adhesió a les mans                        | Inadequada                       | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada   | Adequada   | Inadequada | Inadequada  |            |
|                                  | Facilitat en la manipulació               | Inadequada                       | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada   | Adequada   | Inadequada | Inadequada  |            |
|                                  | Aspecte                                   | Humit                            | Humit        | Humit        | Semi-sec     | Humit        | Humit        | Humit        | Humit        | Humit      | Humit      | Humit      | Semi-sec    | Semi-sec   |
|                                  | Tipus de textura                          | Llimosa                          | Llimosa      | Llimosa      | Llimosa      | Llimosa      | Llimosa      | Llimosa      | Llimosa      | Llimosa    | Llimosa    | Llimosa    | Grava       | Grava      |
|                                  | Capacitat d'aconseguir superfícies llises | Inadequada                       | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada   | Adequada   | Adequada   | Inadequada  | Inadequada |
|                                  | Presència d'aglomerats en la pasta        | No                               | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No         | No         | No         | No          | No         |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN SEC   | Acabat de la superfície                   | Mate                             | Mate         | Mate         | Mate         | Mate         | Mate         | Mate         | Mate         | Mate       | Mate       | Mate       | Mate        |            |
|                                  | Observació de porus                       | Sí (puntual)                     | Sí (puntual) | Sí (puntual) | Sí           | Sí (puntual) | Sí (puntual) | Sí (puntual) | Sí (puntual) | Sí         | Sí         | Sí         | Sí          |            |
|                                  | Fissures                                  | No                               | No           | No           | Sí           | No           | No           | No           | No           | No         | Sí         | Sí         | Sí          |            |
|                                  | Fragmentació                              | No                               | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No         | No         | No         | No          |            |
|                                  | Pulverulència                             | No                               | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No         | No         | No         | Sí          |            |

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER     |                                                             | TIPUS DE MORTER D'OLI DE LLINOSA |              |              |              |            |            |            |            |            |            |           |             |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|
|                                 |                                                             | M1-LLI-SF                        | M1-LLI-25ARB | M1-LLI-50ARB | M1-LLI-75ARB | M1-LLI-25L | M1-LLI-50L | M1-LLI-75L | M1-LLI-25S | M1-LLI-50S | M1-LLI-75S | M1-LLI-AR | M1-LLI-AR-S |
| OBSERVACIÓ AMB MICROSCOPI ÒPTIC | Presència d'agregats de les fibres en la superfície         | -                                | Sí           | Sí           | Sí           | No         | No         | No         | No         | Sí         | Sí         | -         | Sí          |
|                                 | Presència d'agregats de les fibres en la secció transversal | -                                | No           | Sí           | Sí           | No         | No         | No         | No         | Sí         | Sí         | -         | Sí          |

## 12.6 Annex VI. Resultats del segon conjunt de provetes de morter de reposició

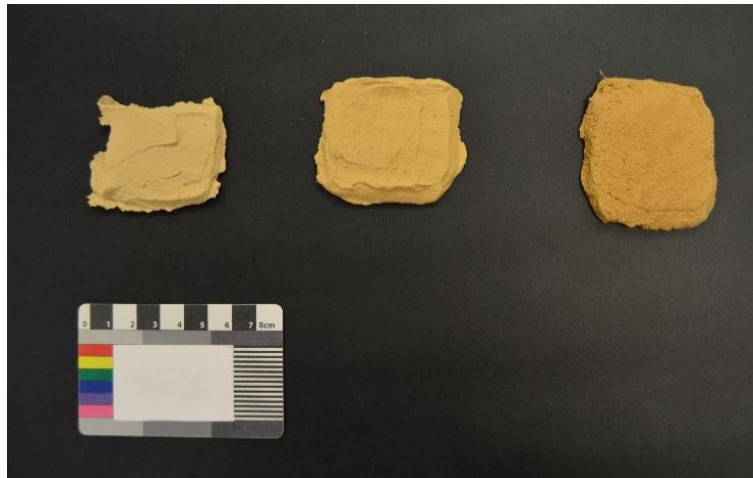


Figura 1. Provetes M2-OL3-SF, M2-OL10-SF i M2-OL18-SF (esquerra a dreta).

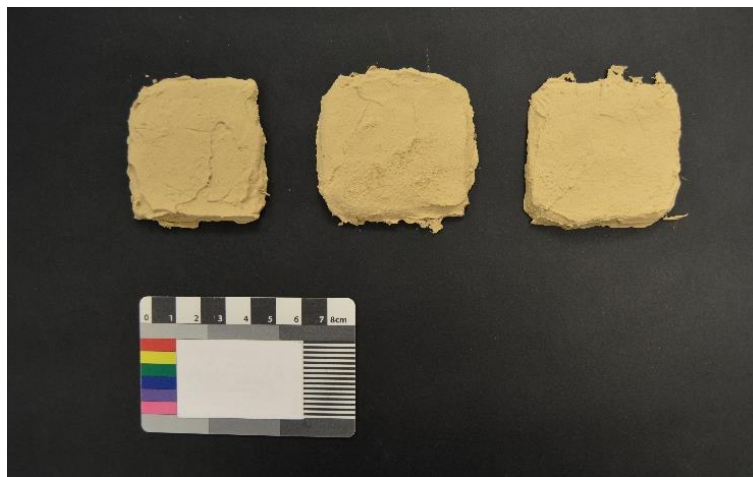


Figura 2. Provetes M2-OL3-25L, M2-OL3-50L i M2-OL3-75L (esquerra a dreta).

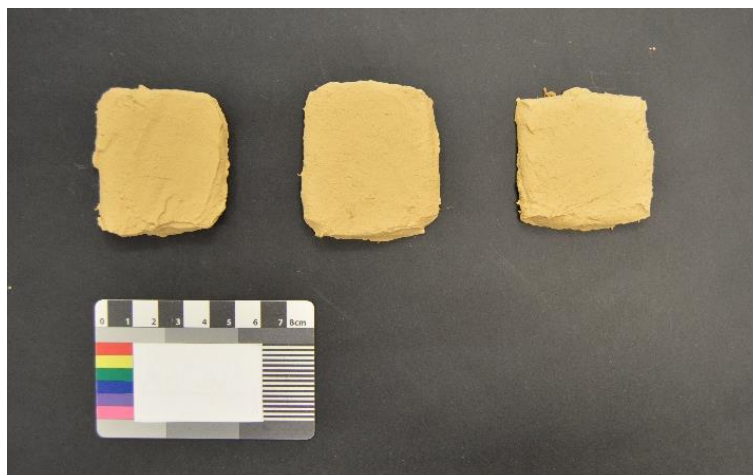


Figura 3. Provetes M2-OL10-25L, M2-OL10-50L i M2-OL10-75L (esquerra a dreta).



Figura 4. Provetes M2-OL18-25L, M2-OL18-50L i M2-OL18-75L (esquerra a dreta).



Figura 5. Provetes M2-OL3-25S, M2-OL3-50S i M2-OL3-75S (esquerra a dreta).



Figura 6. Provetes M2-OL10-25S, M2-OL10-50S i M2-OL10-75S (esquerra a dreta).

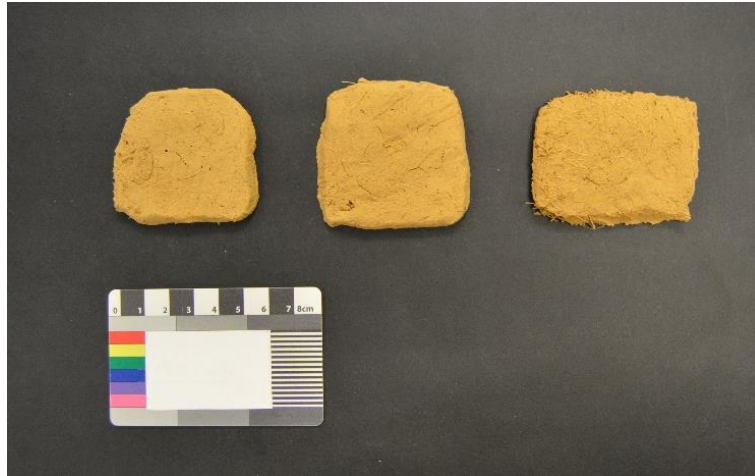


Figura 7. Provetes M2-OL18-25S, M2-OL10-50S i M2-OL18-75S (esquerra a dreta).



Figura 8. Provetes M2-LLI3-SF, M2-LLI10-SF i M2-LLI18-SF (esquerra a dreta).



Figura 9. Provetes M2-LLI3-25L, M2-LLI3-50L i M2-LLI3-75L (esquerra a dreta).



Figura 10. Provetes M2-LLI10-25L, M2-LLI10-50L i M2-LLI10-75L (esquerra a dreta).



Figura 11. Provetes M2-LLI18-25L, M2-LLI18-50L i M2-LLI18-75L (esquerra a dreta).



Figura 12. Provetes M2-LLI3-25S, M2-LLI3-50S i M2-LLI3-75S (esquerra a dreta).





Figura 13. Provetes M2-LLI10-25S, M2-LLI10-50S i M2-LLI10-75S (esquerra a dreta).

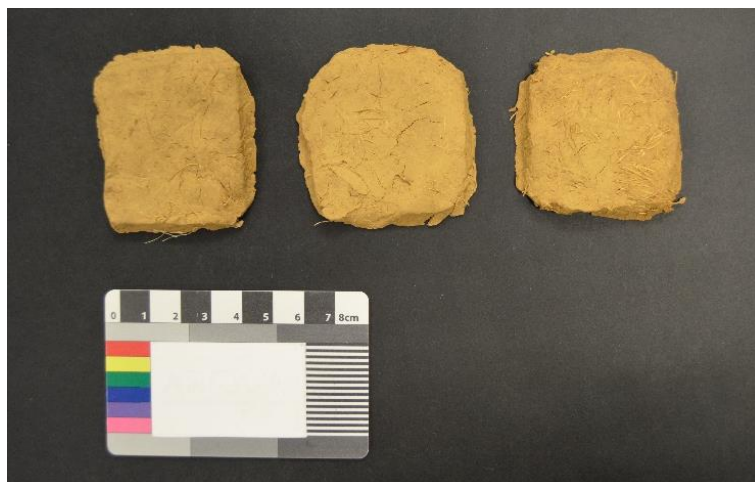


Figura 14. Provetes M2-LLI18-25S, M2-LLI18-50S i M2-LLI18-75S (esquerra a dreta).

## 12.7 Annex VII. Anàlisi fisicoquímica dels morters elaborats en la segona fase de l'experimentació

Taula 4. Temps mitjà d'absorció de les provetes amb oli d'oliva.

| MORTER AMB OLI D'OLIVA I FIBRES DE LLI | TEMPS MITJÀ D'ABSORCIÓ | MORTER AMB OLI D'OLIVA I FIBRES DE CORDA DE SISAL | TEMPS MITJÀ D'ABSORCIÓ |
|----------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|------------------------|
| M2-OL3-SF                              | 3'09"                  | M2-OL3-SF                                         | 3'09"                  |
| M2-OL3-25L                             | 1'30"                  | M2-OL3-25S                                        | 1'04"                  |
| M2-OL3-50L                             | 1'18"                  | M2-OL3-50S                                        | 0'15"                  |
| M2-OL3-75L                             | 1'01"                  | M2-OL3-75S                                        | 0'09"                  |
| M2-OL10-SF                             | 11'09"                 | M2-OL10-SF                                        | 11'09"                 |
| M2-OL10-25L                            | 17'06"                 | M2-OL10-25S                                       | 10'01"                 |
| M2-OL10-50L                            | 9'43"                  | M2-OL10-50S                                       | 0'33"                  |
| M2-OL10-75L                            | 4'34"                  | M2-OL10-75S                                       | 0'50"                  |
| M2-OL18-SF                             | 37'51"                 | M2-OL18-SF                                        | 37'51"                 |
| M2-OL18-25L                            | 32'30"                 | M2-OL18-25S                                       | 21'12"                 |
| M2-OL18-50L                            | 33'16"                 | M2-OL18-50S                                       | 12'24"                 |
| M2-OL18-75L                            | 27'03"                 | M2-OL18-75S                                       | 1'51"                  |

Taula 5. Temps mitjà d'absorció de les provetes amb oli de llinosa.

| MORTER AMB OLI DE LLINOSA I FIBRES DE LLI | VALOR MITJÀ | MORTER AMB OLI DE LLINOSA I FIBRES DE CORDA DE SISAL | VALOR MITJÀ |
|-------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------|-------------|
| M2-LLI3-SF                                | 1'39"       | M2-LLI3-SF                                           | 1'39"       |
| M2-LLI3-25L                               | 1'28"       | M2-LLI3-25S                                          | 0'24"       |
| M2-LLI3-50L                               | 1'15"       | M2-LLI3-50S                                          | 0'04"       |
| M2-LLI3-75L                               | 0'35"       | M2-LLI3-75S                                          | 0'07"       |
| M2-LLI10-SF                               | 46'09"      | M2-LLI10-SF                                          | 46'09"      |
| M2-LLI10-25L                              | 31'52"      | M2-LLI10-25S                                         | 15'11"      |
| M2-LLI10-50L                              | 29'09"      | M2-LLI10-50S                                         | 2'40"       |
| M2-LLI10-75L                              | 36'28"      | M2-LLI10-75S                                         | 0'35"       |
| M2-LLI18-SF                               | 60'         | M2-LLI18-SF                                          | 60'         |
| M2-LLI18-25L                              | 31'43"      | M2-LLI18-25S                                         | 19'03"      |
| M2-LLI18-50L                              | 36'31"      | M2-LLI18-50S                                         | 4'36"       |
| M2-LLI18-75L                              | 16'31"      | M2-LLI18-75S                                         | 0'43"       |

## 12.8 Annex VIII. Característiques del segon conjunt de provetes de morter amb oli d'oliva

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER      |                                           | TIPUS DE MORTER D'OLI D'OLIVA AMB FIBRES DE LLI |               |               |               |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|----------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                  |                                           | M2-OL3-SF                                       | M2-OL3-25L    | M2-OL3-50L    | M2-OL3-75L    | M2-OL10-SF        | M2-OL10-25L       | M2-OL10-50L       | M2-OL10-75L       | M2-OL18-SF        | M2-OL18-25L       | M2-OL18-50L       | M2-OL18-75L       |
| PREPARACIÓ DE LA MOSTRA          | Integració del sediment i l'oli           | Adequada                                        | Adequada      | Adequada      | Adequada      | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          |
|                                  | Integració de les fibres al morter        | -                                               | Adequada      | Adequada      | Adequada      | -                 | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | -                 | Adequada          | Adequada          |
|                                  | Tipus d'absorció de les fibres            | -                                               | Lenta         | Gradual       | Gradual       | -                 | Lenta             | Gradual           | Gradual           | Gradual           | -                 | Lenta             | Gradual           |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN HUMIT | Cohesió del morter                        | Adequada                                        | Adequada      | Adequada      | Adequada      | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) |
|                                  | Plasticitat                               | Inadequada                                      | Adequada      | Adequada      | Adequada      | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) |
|                                  | Adherència a les mans                     | Sí                                              | Sí            | No            | No            | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
|                                  | Facilitat en la manipulació               | Inadequada                                      | Inadequada    | Adequada      | Adequada      | Adequada (poc)    | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          |
|                                  | Aspecte                                   | Humit                                           | Humit         | Humit         | Humit         | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             |
|                                  | Tipus de textura                          | Llimós                                          | Llimós        | Llimós        | Llimós        | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            |
|                                  | Capacitat d'aconseguir superfícies llises | Adequada                                        | Adequada      | Adequada      | Adequada      | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          |
|                                  | Presència d'aglomerats en la pasta        | No                                              | No            | No            | No            | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN SEC   | Acabat de la superfície                   | Mate                                            | Mate          | Mate          | Mate          | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              |
|                                  | Observació de porus                       | Sí (xicotets)                                   | Sí (xicotets) | Sí (xicotets) | Sí (xicotets) | Sí (xicotets)     | Sí (xicotets)     | Sí (xicotets)     | Sí (xicotets)     | Sí (xicotets)     | Sí (xicotets)     | Sí (xicotets)     | Sí (xicotets)     |
|                                  | Fissures                                  | No                                              | No            | No            | No            | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
|                                  | Fragmentació                              | No                                              | No            | No            | No            | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
|                                  | Disgregació/Pulverulència                 | Sí                                              | Sí            | Sí            | Sí            | Sí (lleuger)      | Sí (lleuger)      | Sí (lleuger)      | Sí (lleuger)      | Sí (lleuger)      | No                | No                | No                |

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER     |                                                          | TIPUS DE MORTER D'OLI D'OLIVA AMB FIBRES DE LLI |            |            |                |            |             |             |                |            |             |             |                |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|------------|----------------|------------|-------------|-------------|----------------|------------|-------------|-------------|----------------|
|                                 |                                                          | M2-OL3-SF                                       | M2-OL3-25L | M2-OL3-50L | M2-OL3-75L     | M2-OL10-SF | M2-OL10-25L | M2-OL10-50L | M2-OL10-75L    | M2-OL18-SF | M2-OL18-25L | M2-OL18-50L | M2-OL18-75L    |
| OBSERVACIÓ AMB MICROSCOPI ÒPTIC | Presència d'agregats de les fibres en la superfície      | -                                               | No         | No         | No             | -          | No          | No          | No             | -          | No          | No          | No             |
|                                 | Presència d'agregats de les fibres en secció transversal | -                                               | No         | No         | Sí (entra-mat) | -          | No          | No          | Sí (entra-mat) | -          | No          | No          | Sí (entra-mat) |
| ASSAJOS FÍSICO-QUÍMICS          | Assaig de l'absorció de la gota d'aigua                  | 3'09"                                           | 1'30"      | 1'18"      | 1'01"          | 11'09"     | 17'06"      | 9'43"       | 4'34"          | 37'51"     | 32'30"      | 33'16"      | 27'03"         |
|                                 | Duròmetre (u. duresa HD)                                 | 30,25                                           | 42,05      | 30,50      | 34,25          | 29,6       | 28,55       | 27,80       | 29,35          | 28,25      | 19,75       | 26,35       | 25,10          |
|                                 | Assaig de determinació de la porositat                   | -                                               | -          | -          | -              | -          | -           | -           | -              | -          | -           | -           | -              |

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER      |                                           | TIPUS DE MORTER D'OLI D'OLIVA AMB FIBRES DE CORDA DE SISAL |                |              |              |                |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                  |                                           | M2-OL3-SF                                                  | M2-OL3-25S     | M2-OL3-50S   | M2-OL3-75S   | M2-OL10-SF     | M2-OL10-25S  | M2-OL10-50S  | M2-OL10-75S  | M2-OL18-SF   | M2-OL18-25S  | M2-OL18-50S  | M2-OL18-75S  |
| PREPARACIÓ DE LA MOSTRA          | Integració del sediment i l'oli           | Adequada                                                   | Adequada       | Adequada     | Adequada     | Adequada       | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     |
|                                  | Integració de les fibres al morter        | -                                                          | Adequada       | Adequada     | Inadequada   | -              | Adequada     | Adequada     | Inadequada   | -            | Adequada     | Adequada     | Inadequada   |
|                                  | Tipus d'absorció de les fibres            | -                                                          | Lenta          | Gradual      | Gradual      | -              | Lenta        | Gradual      | Gradual      | -            | Lenta        | Gradual      | Gradual      |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN HUMIT | Cohesió del morter                        | Adequada                                                   | Adequada       | Adequada     | Adequada     | Adequada       | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Adequada     |
|                                  | Plasticitat                               | Inadequada                                                 | Adequada       | Adequada     | Inadequada   | Adequada       | Adequada     | Adequada     | Inadequada   | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Inadequada   |
|                                  | Adherència a les mans                     | Sí                                                         | Sí             | No           | No           | No             | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No           |
|                                  | Facilitat en la manipulació               | Inadequada                                                 | Adequada (poc) | Adequada     | Inadequada   | Adequada (poc) | Adequada     | Adequada     | Inadequada   | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Inadequada   |
|                                  | Aspecte                                   | Humit                                                      | Humit          | Humit        | Humit        | Humit          | Humit        | Humit        | Humit        | Humit        | Humit        | Humit        | Humit        |
|                                  | Tipus de textura                          | Llimós                                                     | Llimós         | Llimós       | Llimós       | Llimós         | Llimós       | Llimós       | Llimós       | Llimós       | Llimós       | Llimós       | Llimós       |
|                                  | Capacitat d'aconseguir superfícies llises | Adequada                                                   | Adequada       | Adequada     | Inadequada   | Adequada       | Adequada     | Adequada     | Inadequada   | Adequada     | Adequada     | Adequada     | Inadequada   |
|                                  | Presència d'aglomerats en la pasta        | No                                                         | No             | No           | No           | No             | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No           |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN SEC   | Acabat de la superfície                   | Mate                                                       | Mate           | Mate         | Mate         | Mate           | Mate         | Mate         | Mate         | Mate         | Mate         | Mate         | Mate         |
|                                  | Observació de porus                       | Sí (xicotet)                                               | Sí (xicotet)   | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) | Sí (xicotet)   | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) |
|                                  | Fissures                                  | No                                                         | Sí (poc)       | Sí (més)     | Sí (més)     | No             | Sí (poc)     | Sí (més)     | Sí (més)     | No           | Sí (poc)     | Sí (més)     | Sí (més)     |
|                                  | Fragmentació                              | No                                                         | No             | No           | No           | No             | No           | No           | No           | No           | No           | No           | No           |
|                                  | Disgregació/Pulverulència                 | Sí                                                         | Sí             | Sí           | Sí           | Sí (lleuger)   | Sí (lleuger) | Sí (lleuger) | Sí (lleuger) | No           | No           | No           | No           |

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER     |                                                          | TIPUS DE MORTER D'OLI D'OLIVA AMB FIBRES DE CORDA DE SISAL |            |            |              |            |             |             |              |            |             |             |             |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------|------------|--------------|------------|-------------|-------------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|                                 |                                                          | M2-OL3-SF                                                  | M2-OL3-25S | M2-OL3-50S | M2-OL3-75S   | M2-OL10-SF | M2-OL10-25S | M2-OL10-50S | M2-OL10-75S  | M2-OL18-SF | M2-OL18-25S | M2-OL18-50S | M2-OL18-75S |
| OBSERVACIÓ AMB MICROSCOPI ÒPTIC | Presència d'agregats de les fibres en la superfície      | -                                                          | No         | No         | Sí (puntual) | -          | No          | No          | Sí (puntual) | -          | No          | No          | Sí          |
|                                 | Presència d'agregats de les fibres en secció transversal | -                                                          | No         | No         | Sí           | -          | No          | No          | Sí           | -          | No          | No          | Sí          |
| ASSAJOS FÍSICO-QUÍMICS          | Assaig de l'absorció de la gota d'aigua                  | 3'09"                                                      | 1'04"      | 0'15"      | 0'09"        | 11'09"     | 10'01"      | 0'33"       | 0'50"        | 37'51"     | 21'12"      | 12'24"      | 1'51"       |
|                                 | Duròmetre (u. duresa HD)                                 | 30,25                                                      | 31,85      | 30,60      | 25,95        | 29,60      | 21,70       | 19,30       | 17,10        | 28,25      | 14,30       | 17,35       | 14,90       |
|                                 | Assaig de determinació de la porositat                   | -                                                          | -          | -          | -            | -          | -           | -           | -            | -          | -           | -           | -           |

12.9 Annex IX. Característiques del segon conjunt de provetes de morter amb oli de llinosa

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER      |                                           | TIPUS DE MORTER D'OLI DE LLINOSA AMB FIBRES DE LLI |              |              |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|----------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                  |                                           | M2-LLI3-SF                                         | M2-LLI3-25L  | M2-LLI3-50L  | M2-LLI3-75L       | M2-LLI10-SF       | M2-LLI10-25L      | M2-LLI10-50L      | M2-LLI10-75L      | M2-LLI18-SF       | M2-LLI18-25L      | M2-LLI18-50L      | M2-LLI18-75L      |
| PREPARACIÓ DE LA MOSTRA          | Integració del sediment i l'oli           | Adequada                                           | Adequada     | Adequada     | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          |
|                                  | Integració de les fibres al morter        | -                                                  | Adequada     | Adequada     | Adequada          | -                 | Adequada          | Adequada          | Adequada          | -                 | Adequada          | Adequada          | Adequada          |
|                                  | Tipus d'absorció de les fibres            | -                                                  | Lenta        | Gradual      | Gradual           | -                 | Lenta             | Gradual           | Gradual           | -                 | Lenta             | Gradual           | Gradual           |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN HUMIT | Cohesió del morter                        | Adequada                                           | Adequada     | Adequada     | Adequada          | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) |
|                                  | Plasticitat                               | Inadequada                                         | Adequada     | Adequada     | Adequada (millor) | Adequada          | Adequada          | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) |
|                                  | Adherència a les mans                     | Sí                                                 | Sí           | No           | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
|                                  | Facilitat en la manipulació               | Inadequada                                         | Inadequada   | Adequada     | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) | Adequada (millor) |
|                                  | Aspecte                                   | Humit                                              | Humit        | Humit        | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             | Humit             |
|                                  | Tipus de textura                          | Llimós                                             | Llimós       | Llimós       | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            | Llimós            |
|                                  | Capacitat d'aconseguir superfícies llises | Adequada                                           | Adequada     | Adequada     | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          | Adequada          |
|                                  | Presència d'aglomerats en la pasta        | No                                                 | No           | No           | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
|                                  | PROPIETATS DE LA MOSTRA EN SEC            | Acabat de la superfície                            | Mate         | Mate         | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              | Mate              |
| Observació de porus              |                                           | Sí (puntual)                                       | Sí (puntual) | Sí (puntual) | Sí (puntual)      | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
| Fissures                         |                                           | No                                                 | No           | No           | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
| Fragmentació                     |                                           | No                                                 | No           | No           | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |
| Disgregació/Pulverulència        |                                           | No                                                 | No           | No           | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                | No                |

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER     |                                                          | TIPUS DE MORTER D'OLI DE LLINOSA AMB FIBRES DE LLI |             |             |               |             |              |              |               |             |              |              |               |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
|                                 |                                                          | M2-LLI3-SF                                         | M2-LLI3-25L | M2-LLI3-50L | M2-LLI3-75L   | M2-LLI10-SF | M2-LLI10-25L | M2-LLI10-50L | M2-LLI10-75L  | M2-LLI18-SF | M2-LLI18-25L | M2-LLI18-50L | M2-LLI18-75L  |
| OBSERVACIÓ AMB MICROSCOPI ÒPTIC | Presència d'agregats de les fibres en la superfície      | -                                                  | No          | No          | No            | -           | No           | No           | No            | -           | No           | No           | No            |
|                                 | Presència d'agregats de les fibres en secció transversal | -                                                  | No          | No          | Sí (entramat) | -           | No           | No           | Sí (entramat) | -           | No           | No           | Sí (entramat) |
| ASSAJOS FÍSICO-QUÍMICS          | Assaig de l'absorció de la gota d'aigua                  | 1'39"                                              | 1'28"       | 1'15"       | 0'35"         | 46'09"      | 31'52"       | 29'09"       | 36'28"        | 60'         | 31'43"       | 36'31"       | 16'31"        |
|                                 | Duròmetre (u. duresa HD)                                 | 45,20                                              | 40,35       | 50,10       | 42,75         | 44,30       | 35,80        | 39,50        | 39,50         | 38,35       | 32,25        | 34,55        | 31,80         |
|                                 | Assaig de determinació de la porositat                   | -                                                  | -           | 31,97%      | -             | 23,95%      | -            | 28,23%       | -             | -           | -            | -            | -             |



| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER      |                                           | TIPUS DE MORTER D'OLI DE LLINOSA AMB FIBRES DE CORDA DE SISAL |                |              |              |             |              |                   |              |             |              |              |              |
|----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|                                  |                                           | M2-LLI3-SF                                                    | M2-LLI3-25S    | M2-LLI3-50S  | M2-LLI3-75S  | M2-LLI10-SF | M2-LLI10-25S | M2-LLI10-50S      | M2-LLI10-75S | M2-LLI18-SF | M2-LLI18-25S | M2-LLI18-50S | M2-LLI18-75S |
| PREPARACIÓ DE LA MOSTRA          | Integració del sediment i l'oli           | Adequada                                                      | Adequada       | Adequada     | Adequada     | Adequada    | Adequada     | Adequada          | Adequada     | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Adequada     |
|                                  | Integració de les fibres al morter        | -                                                             | Adequada       | Adequada     | Inadequada   | -           | Adequada     | Adequada          | Inadequada   | -           | Adequada     | Adequada     | Inadequada   |
|                                  | Tipus d'absorció de les fibres            | -                                                             | Lenta          | Gradual      | Gradual      | -           | Lenta        | Gradual           | Gradual      | -           | Lenta        | Gradual      | Gradual      |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN HUMIT | Cohesió del morter                        | Adequada                                                      | Adequada       | Adequada     | Adequada     | Adequada    | Adequada     | Adequada          | Adequada     | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Adequada     |
|                                  | Plasticitat                               | Inadequada                                                    | Adequada       | Adequada     | Inadequada   | Adequada    | Adequada     | Adequada          | Inadequada   | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Inadequada   |
|                                  | Adherència a les mans                     | Sí                                                            | Sí             | No           | No           | No          | No           | No                | No           | No          | No           | No           | No           |
|                                  | Facilitat en la manipulació               | Inadequada                                                    | Adequada (poc) | Adequada     | Inadequada   | Adequada    | Adequada     | Adequada (millor) | Inadequada   | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Inadequada   |
|                                  | Aspecte                                   | Humit                                                         | Humit          | Humit        | Humit        | Humit       | Humit        | Humit             | Humit        | Humit       | Humit        | Humit        | Humit        |
|                                  | Tipus de textura                          | Llimós                                                        | Llimós         | Llimós       | Llimós       | Llimós      | Llimós       | Llimós            | Llimós       | Llimós      | Llimós       | Llimós       | Llimós       |
|                                  | Capacitat d'aconseguir superfícies llises | Adequada                                                      | Adequada       | Adequada     | Inadequada   | Adequada    | Adequada     | Adequada          | Inadequada   | Adequada    | Adequada     | Adequada     | Inadequada   |
|                                  | Presència d'aglomerats en la pasta        | No                                                            | No             | No           | No           | No          | No           | No                | No           | No          | No           | No           | No           |
| PROPIETATS DE LA MOSTRA EN SEC   | Acabat de la superfície                   | Mate                                                          | Mate           | Mate         | Mate         | Mate        | Mate         | Mate              | Mate         | Mate        | Mate         | Mate         | Mate         |
|                                  | Observació de porus                       | Sí (puntual)                                                  | Sí (puntual)   | Sí (puntual) | Sí (puntual) | No          | No           | No                | No           | No          | No           | No           | No           |
|                                  | Fissures                                  | No                                                            | Sí (xicotet)   | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) | No          | Sí (xicotet) | Sí (xicotet)      | Sí (xicotet) | No          | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) | Sí (xicotet) |
|                                  | Fragmentació                              | No                                                            | No             | No           | No           | No          | No           | No                | No           | No          | No           | No           | No           |
|                                  | Disgregació/Pulverulència                 | No                                                            | No             | No           | No           | No          | No           | No                | No           | No          | No           | No           | No           |

| CARACTERÍSTIQUES DEL MORTER     |                                                          | TIPUS DE MORTER D'OLI DE LLINOSA AMB FIBRES DE CORDA DE SISAL |             |             |             |             |              |              |              |             |              |              |              |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|                                 |                                                          | M2-LLI3-SF                                                    | M2-LLI3-25S | M2-LLI3-50S | M2-LLI3-75S | M2-LLI10-SF | M2-LLI10-25S | M2-LLI10-50S | M2-LLI10-75S | M2-LLI18-SF | M2-LLI18-25S | M2-LLI18-50S | M2-LLI18-75S |
| OBSERVACIÓ AMB MICROSCOPI ÒPTIC | Presència d'agregats de les fibres en la superfície      | -                                                             | No          | No          | Sí          | -           | No           | No           | Sí           | -           | No           | No           | Sí           |
|                                 | Presència d'agregats de les fibres en secció transversal | -                                                             | No          | No          | Sí          | -           | No           | No           | Sí           | -           | No           | No           | Sí           |
| ASSAJOS FÍSICO-QUÍMICS          | Assaig de l'absorció de la gota d'aigua                  | 1'39"                                                         | 0'24"       | 0'04"       | 0'07"       | 46'09"      | 15'11"       | 2'40"        | 0'35"        | 60'         | 19'03"       | 4'36"        | 0'43"        |
|                                 | Duròmetre (u. duresa HD)                                 | 45,20                                                         | 43,30       | 25,90       | 40,10       | 44,30       | 37,70        | 31,65        | 34,40        | 38,35       | 33,20        | 33,65        | 31,40        |
|                                 | Assaig de determinació de la porositat                   | -                                                             | -           | -           | -           | 23,95%      | -            | 36,00%       | -            | -           | -            | -            | -            |



## 13. AGRAÏMENTS

## 13 AGRAÏMENTS

Aquests treball de fi de màster ha estat possible gràcies a moltes persones que, d'una manera o altra, han ajudat a poder-lo dur a terme. En primer lloc, vull agrair a Begoña Carrascosa Moliner i Laura Osete Cortina la seua implicació i orientació que han oferit aquests anys a nivell docent i com a tutores durant aquest procés. També vull donar les gràcies a l'equip del Grup de Recerca en Arqueologia Protohistòrica pel suport, l'aprenentatge i la confiança prestada des de la primera campanya on vaig tindre l'oportunitat de participar i ampliar any rere any el meu coneixement i experiències. Finalment, vull agrair a la meua família, a les amigues i als amics pels consells, l'ajuda, la il·lusió i els ànims que he rebut en tot moment.

