



Tópico 3, Nº 23

## ESTUDIO DEL MORTERO DE REVESTIMIENTO DE UN ESTANQUE DE UNA MANSION PATRIMONIAL DE FINES DEL SIGLO XIX

Traversa, L. P.<sup>1</sup>, Coelho dos Santos G.<sup>2</sup>, Iloro, F.H.<sup>3</sup>

(1) Ingeniero. Investigador Emerito-CIC

(2) Licenciada en Geología. LEMIT-CIC

(3) Ingeniero. LEMIT-CIC

<sup>1</sup>[direccion@lemit.gov.ar](mailto:direccion@lemit.gov.ar), <sup>2</sup>[ligantes@lemit.gov.ar](mailto:ligantes@lemit.gov.ar), <sup>3</sup>[patrimonio@lemit.gov.ar](mailto:patrimonio@lemit.gov.ar)

### RESUMEN

En este trabajo se evalúa un mortero de revestimiento correspondiente al estanque de la mansión Sans Souci de la ciudad de Tandil de la provincia de Buenos Aires. Las técnicas de estudio empleadas fueron un análisis químico para determinar particularmente el contenido de Calcio (CaO) y de Sílice (SiO<sub>2</sub>), compuestos presentes en ligantes cálcicos o cementíceos. Complementariamente se realizaron observaciones bajo lupa binocular y microscopio sobre muestra cruda y molida respectivamente.

Del análisis óptico con lupa binocular y microscopio óptico de polarización, se determina que para la confección del mortero se han utilizado materiales finos de calidades físicas y estáticas óptimas, se identificaron cristales de cuarzo monomineral, cuarzo policristalino y esporádicamente, cristales fibrosos de wollastonita, piroxenos y microcristales de carbonatos. De los resultados y observaciones realizados se concluye que el mortero presenta un alto contenido de SiO<sub>2</sub> atribuido a un proceso de silificación, antigua técnica empleada para otorgar una mayor compacidad y dureza superficial, incrementando de esta manera su impermeabilidad.

Palabras-Clave: morteros impermeabilizados, sílice coloidal, petrografía.

### 1. INTRODUCCIÓN

La Mansión Sans Souci se halla ubicada en un predio de 66 hectáreas en la zona norte de Tandil, Provincia de Buenos Aires; enviada a construir por el matrimonio José Santamarina y Sarah Wilkinson; llamando a la estancia con el nombre de un hotel en Europa donde pasaban sus vacaciones (Fig. 1). Sobre esta infraestructura funcionó entre 1957 y 1976 una institución educativa modelo para la formación de maestras rurales (ISER), que dejó un legado innovador en educación. Sans Souci ha tenido muchos destinos y no ha podido mantenerse en las condiciones necesarias, por el contrario se ha deteriorado y decaído (Fig. 2).

A partir de 1976 fue blanco de saqueos y su abandono posterior dejó consecuencias que a la actualidad se tratan de revertir. Protegido por Decreto Provincial Nº 5839/89 sede del Proyecto de Parque Ecológico, declarado de interés Municipal por Res. Nº 1230 del 24 de



octubre de 2001, allí funciona el ISFT N° 75 desde marzo de 2004 dependiente de la Dirección General de Cultura y Educación-Provincia de Buenos Aires. En 2009, el predio fue declarado de "Interés Cultural, Educativo y Paisajístico" por el Senado de la provincia de Buenos Aires.

La construcción se desarrolla con un casco principal y construcciones alrededor como las viviendas para los caseros, cocheras, caballerizas, etc. La residencia principal, cuenta con decenas de habitaciones distribuidas en tres niveles. En la sala central, una inmensa estufa realizada en roca tallada que impone su presencia, como la escalera, ejecutada en cedro, con barandales torneados en espiral. La mansión contaba con servicios impactantes para la época: calefacción central, ascensor, usina propia, teléfono alarma con sirena y las instalaciones completas para una cocina moderna. Existen distintos materiales de terminación como mármoles de Carrara, mayólicas españolas y francesas, grifería bañada en plata, al igual que el mobiliario, todos traídos desde Europa.

Afuera, el rol protagónico lo tiene el parque de la residencia, ornamentado con rosales y flores de todo tipo diseminadas alrededor de la casa y arboledas conformadas por distintas especies, que convierten al lugar en un verdadero jardín botánico. En la parte trasera del Palacio en medio del jardín se desarrolla un gran estanque paisajístico de forma rectangular. La planta de la mansión y el estanque, guarda una cierta similitud con los diseños de la época romana, donde las casas de las ciudades y de las villas próximas a las mismas poseían jardines con un diseño arquitectónico perfectamente definido, en los que los elementos ornamentales, el estanque (implevium) y arbustos y plantas desempeñan un papel mucho más importante que en los jardines griegos.



**Figura 1:** Mansión Sans Souci. 1935

Los estanques de la época romana tenían forma rectangular con fondo plano, diseñados para recoger agua de lluvia; se ubicaban en el vestíbulo de las antiguas casas (domus). Los materiales empleados para el revestimiento del estanque solían ser rocas para el exterior y morteros impermeabilizados para el interior. Los romanos han sido tal vez el imperio que más haya empleado a los morteros impermeabilizados, dada la magnitud de sus obras hidráulicas como las represas, acueductos, fuentes, cisternas, estanques y bebederos.

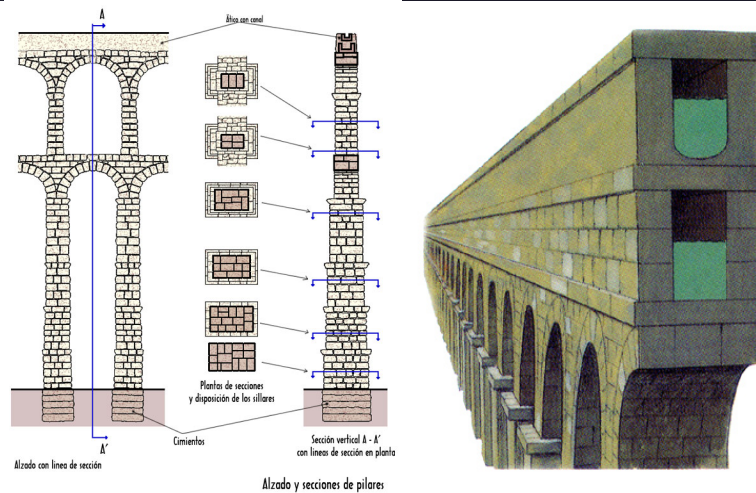


**Figura 2:** Mansión Sans Souci. 2013.

Por lo menos 40 ciudades del Imperio Romano tuvieron redes de abastecimiento de agua, y aún pueden verse las ruinas de unos 200 acueductos, entre ellos el imponente Pont du Gard, de tres niveles, que abastecía agua a Nimes, Francia, y el de Segovia, España, de 36 m de altura formado por dos series de arquerías (118 arcos en su totalidad), superpuestas en dos niveles por robustos pilares de granito (Fig. 3a). Estas estructuras se construían para salvar las depresiones existentes en el relieve. En la parte superior se ubicaba el canal cuya medidas promedios eran de 90 cm de ancho y 180 cm (Fig. 3b) de profundidad, conformado por mampostería de ladrillos o rocas y un revestimiento interior con mortero impermeabilizado, la cubierta se desarrollaba con lajas de roca. En algunas de estas obras se empleó una tecnología de “multicapa” para la aplicación del mortero lo cual favorecería el endurecimiento de cada una de ellas, como por ejemplo en el acueducto de Cesarea. En esta construcción, también se detectó una delgada capa superficial conformada por el ligante; polvo de mármol, para controlar la contracción y cerámica finamente molida (puzolanas) para asegurar el endurecimiento en agua, la impermeabilidad y su consistencia [1][2].



**Figura 3.a** - Acueducto de Segovia. España.



**Figura 3.b:** Esquema del frente y perfil de un acueducto.

Las tecnologías de los morteros como materiales ligantes y de revestimientos han ido variando a través de las distintas civilizaciones, en cuanto a la forma de aplicación, la composición, la durabilidad y calidad de las mezclas. Los primeros morteros de cal fueron empleados en Nevalı Çori (Turquía), en pavimentos, que datan del 10.000 al 8.000 A.C [1]. En otros estudios realizados en excavaciones posteriores de viviendas neolíticas, situadas en el Mediterráneo Oriental y en Europa, se han encontrado suelos similares de mortero de cal con tratamientos de la superficie y técnicas de pulimentado similares. También, en la Máscara de Jericó, calavera cubierta con mortero de cal pulido, año 7.000 A.C. (Fig. 4).

En Grecia los morteros se confeccionaban con cal para la ejecución de muros y para revestimientos de superficies (estucos y enlucidos), pero la diferencia estaba en la composición, dado que en los primeros se empleaba cal y una arena fina mientras que para los acabados se empleaba una mezcla de cal, yeso y polvo fino de mármol. Puede plantearse entonces que la permeabilidad la confería la granulometría de la arena y la forma de aplicación generando una matriz mas compacta y con mayor dureza.

El punto crucial en la historia del mortero es la adición a la mezcla de materiales que pudieran favorecer las características de la misma, y, más concretamente, el comienzo del empleo, tan extendido posteriormente, de puzolanas que reaccionaban con la cal mejorando la dureza y estabilidad del mortero. Esta incorporación confería una mayor estabilidad frente al contacto con agua debido a las reacciones de la cal con la sílice coloidal y la alúmina, contenidas en los productos mencionados, formando compuestos como hidrosilicatos e hidroaluminatos, comparables a la de los productos que se originan en la hidratación del cemento portland [2].



**Figura 4:** Máscara de Jericó

Vitruvio (I A.C.) menciona que a la mezcla de cal en proporciones adecuadas eran de 1:4 o 2:5 cal:arena, dependiendo esto de la calidad de la arena. Citando además la incorporación de aditivos que, como se ha mencionado, ya eran usados por los griegos, tales como las cenizas volcánicas o la teja triturada, tierra cocida, etc. De hecho, los romanos practicaron a gran escala en la adición a la cal de arcilla cocida y sobre todo de puzolana (roca volcánica proveniente de los yacimientos descubiertos en Pozzuoli cerca de Nápoles),

Las puzolanas podían ser naturales o artificiales dependiendo de la región, en Théra, se introducía en la mezcla cal-arena polvo de roca volcánica o “Tierra de Santorin”, obtenida en la isla. Las puzolanas artificiales surgían por la ausencia en la región de roca volcánica, como restos de materiales cerámicos molidos (tejas, ladrillos, etc.) otorgándoles propiedades diferenciales. Los romanos también desarrollaron un material “*Opus caementicium*”, amalgama conformada por piedras, cal y puzolanas, empleándolo para cubrir espacios enormes con grandes arcos y bóvedas, y liberar al diseño arquitectónico de los modelos rectilíneos que se usaron en la arquitectura griega.

La tecnología de morteros estables al agua, así como el pulimentado de superficies, fueron adoptadas también por los romanos para la construcción de cisternas y acueductos. El fenómeno quizás más importante para la larga duración de los morteros romanos, puede atribuirse a la calidad de la matriz del ligante calcáreo debido a la baja permeabilidad del mortero a los agentes agresivos, unido al desarrollo de reacciones puzolánicas y a la formación en la superficie de una costra protectora (carbonato) formada por la carbonatación natural del mortero [2].

El mejoramiento de la impermeabilización de los morteros se produce por la reducción del tamaño de poros, ya sea por las reacciones químicas o por el efecto de compactación, en particular los poros capilares que participan en los procesos difusivos de gases y líquidos agresivos. En los morteros más modernos se realizaban tratamientos superficiales incorporando sustancias químicas antes del fraguado o durante el mezclado. Una de las técnicas más empleadas fue aquella en la que se incorporaba sílice coloidal que es una suspensión de finas partículas de sílice en una fase líquida. Las partículas son amorfas con una densidad de las partículas es de 2.1 a 2.3 g/cm<sup>3</sup>.



En este trabajo se estudia la composición del mortero de revestimiento del interior estanque paisajístico del Palacio Sans Souci mediante análisis químico, observaciones con lupa binocular sobre secciones pulidas y muestra triturada, y con microscopio petrográfico el residuo insoluble en solución de ácido clorhídrico, además de una sección delgada del mortero en cuestión.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS Y MATERIALES

### 2.1 Análisis visual de la muestra

La muestra del mortero del estanque está constituida por dos morteros fuertemente adheridos entre sí. El mortero externo presenta una tonalidad blanquecina con una intensa suciedad superficial cuyo origen puede atribuirse al depósito de material particulado y/o al crecimiento de microorganismos. Además, se observan pequeñas oquedades en la superficie; este mortero posee un espesor aproximado de  $3 \pm 1$  mm. El otro mortero, revoque del sustrato, presenta una tonalidad similar a la del mortero exterior, observándose un porcentaje elevado de una arena o agregado fino compuesto por partículas líticas (rocas) de tamaños variables, mayores a las observadas en el mortero de revestimientos.

En observaciones realizadas con lupa binocular se aprecia un mortero exterior compuesto por una matriz blanquecina extremadamente compacta y partículas de arena de tamaño de grano muy fino, mientras que el mortero del sustrato, también de una matriz blanquecina, se observan partículas de granulometría mayor de una arena lítica de trituración (Fig. 5).



Figura 5: Corte pulido transversal de la muestra.

### 2.2- Identificación de la patina superficial

Para la identificación de la patina superficial del mortero de revestimiento se procedió a un raspado en las zonas donde se observaban los depósitos de color oscuro. En las observaciones al microscopio se determinó que la patina es de origen biológico detectándose la presencia de hongos, células muertas y quistes, estos últimos pueden causar la atracción de bacterias y favorecen la acumulación de material pulverulento (tierra) creando un medio propicio para el desarrollo de otros microorganismos de mayor tamaño (Fig. 6). Los organismos detectados fueron:



---

## - Cyanobacterias

Chroococcus: organismos bicelulares, reunidos por una vaina mucilaginosa transparente.

Rivulariaceae: filamentosos, con heterocisto (célula donde se produce la fijación del nitrógeno) en el extremo basal y el extremo opuesto que se afina.

## - Chlorophyta

Haematococcus pluvialis: algas verdes unicelulares distribuidas en las zonas templadas de todo el mundo que en su fase activa están protegidas por una gruesa pared celular y nadan impulsadas por dos flagelos y que al secarse el ambiente forman quistes esféricos, con el contenido de color rojo-anaranjado intenso (debido a la astaxantina) y el borde del citoplasma verdoso. Es un alga común de ser observada en las piletas abandonadas, y el pigmento rojo sería un filtro protector ante la radiación UV.

## - Fungi imperfecti

Se observaron conidios (esporas) de *Alternaria*, característicos por su color pardo y sus divisiones longitudinales y transversales que le dan aspecto de un racimo.



**Figura 6:** Imagen con lupa.

Se observa el estado de la superficie del mortero de revestimiento

## 2.3. Análisis químico de los morteros

Para determinar en morteros endurecidos las proporciones del ligante y de los agregados se siguieron los lineamientos generales, especificados en la Norma DIN 52170 [3]. Las muestras fueron trituradas hasta pasar por el Tamiz IRAM N° 80 ya que una mayor finura del material triturado origina una mayor lixiviación de los compuestos silíceos y de calcio de los agregados [4]. En el ensayo químico se determinó el contenido porcentual de Oxido de Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y Oxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) y el residuo insoluble en ácido clorhídrico. La determinación de Sílice se realizó de acuerdo a los lineamientos de la Norma IRAM 1504 y la determinación del contenido de Calcio por titulación con EDTA. En la Tabla 1 se informan los resultados obtenidos.



**Tabla 1:** Análisis químico

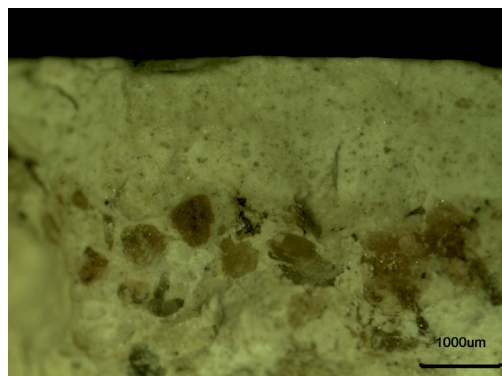
Determinaciones (%)	Mortero	
	Revestimiento	Sustrato
Residuo insoluble	59.9	70.0
CaO	18.0	18.9
SiO <sub>2</sub>	13.6	3.3

### 3. ANÁLISIS ÓPTICO

Para la identificación mineralógica del material que constituye a los morteros en estudio se procedió a la molienda con mortero de cerámica y al ataque parcial con ácido clorhídrico. Se observó mesoscópicamente con lupa binocular (Olympus SZ61) y luego con microscopio óptico de polarización (Olympus BH2-UMA). Bajo microscopio también se analizó una sección delgada del mortero de revestimiento. El estudio y la descripción petrográfica se realizan siguiendo las pautas establecidas según las norma ASTM C 856 [5].

#### 3.1 Muestra cruda

En las observaciones con lupa binocular se observan dos capas bien diferenciadas, una inferior (sustrato) conformada por una pasta y agregado fino cuarzo lítico y una superior (revestimiento) compuesta por una pasta fina blanca en donde se observan inmersos pequeñas partículas de arena muy fina. El contacto entre ambas capas es irregular observándose algunos granos del mortero inferior incluidos en la pasta del mortero superior de revestimiento (Fig. 7).



**Figura 7:** Interface mortero de sustrato-revestimiento.

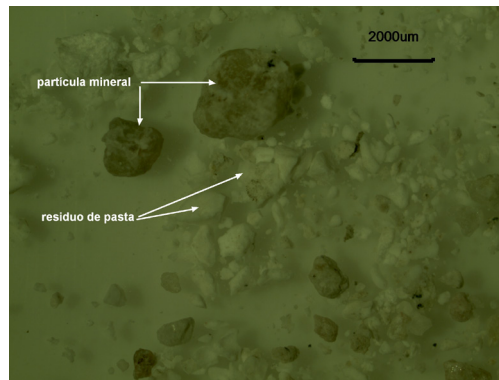
#### 3.2 Análisis del residuo

**Análisis mesoscópico:** Después de la disolución de la capa superior del mortero observamos partículas blancas de diverso tamaño que se rompen bajo la mínima presión (deleznales) pertenecientes al residuo de la pasta atacada con el ácido y partículas minerales de tamaño muy fino (Fig 8). También están presentes las partículas minerales o líticas (de roca) del mortero inferior (Fig. 9).





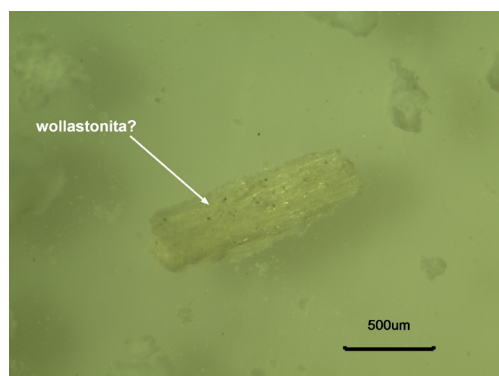
La matriz del mortero de sustrato presenta una coloración similar pero se observa una presencia significativa de partículas con tamaños pasa tamiz IRAM N° 4 retenido tamiz IRAM N° 100 (480µm - 149µm) con un modulo de finura 3,68. La arena empleada en el sustrato es una arena natural, de color blanquecino rosado pálido, integrada por clastos subangulosos, escasos subangulosos y subredondeados. Se halla compuesta por abundante cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, litoclastos y cristales minerales fibrosos de wollastonita, (silicato de Ca) aportado por rocas calcosilicáticas (Fig. 10).



**Figura 8:** Residuo luego del ataque con HCl.



**Figura 9:** Matriz del revestimiento (residuo de la pasta), clasto lítico y de cuarzo del mortero del sustrato.

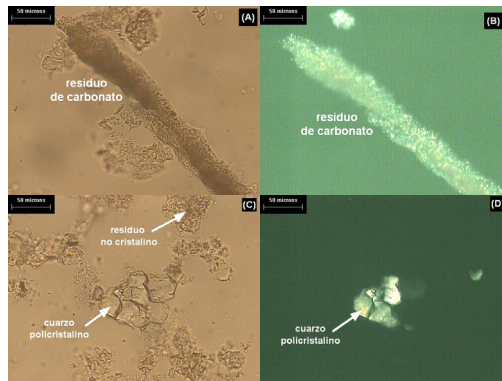


**Figura 10:** Cristal fibroso de wollastonita.

**Análisis microscópico:** Sobre el preparado a grano suelto del material molido del mortero de revestimiento se identificó un residuo compuesto por microcristales de calcita (Fig. 11A-B), y abundantes partículas de cuarzo y cuarzo policristalino (Fig. 11C-D).



Esporádicamente aparecen cristales fibrosos y otras partículas cristalinas de minerales no identificables.



**Figura 11:** Imágenes tomadas bajo microscopio óptico de polarización. A y C, luz paralela; B y D luz con doble polarización.

### 3.3 Análisis petrográfico de la sección delgada

**Análisis microscópico:** En la sección delgada realizada sobre el mortero impermeabilizado (revestimiento), se puede observar en detalle la pasta o matriz del mismo. La pasta cementícea se observa constituida por sectores oscuros y sectores más claros (Fig. 12A). Las zonas más oscuras se mantienen isótropas con polarizadores cruzados, mientras que las más claras poseen birrefringencia alta característica de los cristales de carbonato (Fig. 12B). Por lo tanto se deduce que los sectores oscuros están constituidos por material amorfo y los claros por material carbonático como producto de una carbonatación posterior de la pasta cementícea [6]. También, es importante destacar que todos los poros del mortero están totalmente obliterados (reellenos) por sílice y/o en algunos casos por cristales de calcita. La sílice que rellena los poros es cristalina, más explícitamente cuarzo, y presenta hábito fibroso o microcristalino (Fig. 12).



**Figura 12:** Se distingue una zona clara (ZC) y otra oscura (ZO) y sílice cristalina (esferas) taponando a los poros



#### 4. DISCUSIÓN

La patina superficial que presenta el mortero de revestimiento corresponde a un biofilm integrado por distintas especies de microorganismos (cianobacterias, hongos, etc.) y por depósitos de material particulado.

El análisis químico del mortero de revestimiento revela un alto contenido de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) respecto de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), superior a los existentes en calces y cementos, con lo cual puede suponerse que una parte de la sílice corresponde a una incorporación. El contenido del residuo insoluble es bajo indicando la existencia de carbonatos naturales, verificados en el análisis mesoscópico realizado sobre muestra molida y sin atacar.

Los resultados del análisis químico del mortero de sustrato ponen de manifiesto que el ligante empleado corresponde a una cal hidráulica debido a la relación de los óxidos de calcio y de sílice [4]

El análisis mesoscópico y microscópico sobre la muestra en crudo, de los residuos insolubles y sobre la sección delgada, demuestran que en el mortero de revestimiento se ha empleado como árido una mezcla de rocas carbonáticas finamente trituradas y una arena natural fina, mientras que en el mortero del sustrato se empleó una arena lítica de mayor granulometría. Por las características mineralógicas de las arenas empleadas podrían corresponder a depósitos fluviales explotados antiguamente en el subsuelo de la ciudad de Tandil [7].

#### 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de los estudios y ensayos realizados sobre la muestra de revoques pertenecientes al estanque paisajístico ubicado en el predio Sans Souci, ciudad de Tandil, provincia de Buenos Aires, surgen las siguientes conclusiones:

- a- El mortero de revestimiento muestra un alto contenido de sílice respecto al contenido de calcio. Esta situación estaría indicando que un porcentaje de sílice se ha incorporado para otorgar una mayor compacidad con lo cual se incrementa la impermeabilidad y la dureza superficial. Esto se correspondería con una tecnología de antigua data que empleaba para impermeabilizar sustratos cálcicos, una solución con base en sílice coloidal provocando reacción con la cal libre del sustrato, formando compuestos insolubles que obturan los poros y capilares del mortero. Su empleo es ideal para impermeabilizar morteros de recubrimiento en cimentaciones, sótanos, tanques para agua, albercas y muros. La composición potencial del mortero de revestimiento poseería una proporción en peso (ligante/material inerte) de 1:3.5.
- b- El material inerte empleado en el mortero de revestimiento estaría conformado por una mezcla de mármol molido y una arena natural lítica de granulometría fina. En el mortero de sustrato, el árido corresponde a una arena natural lítica con tamaño comprendido entre pasa tamiz IRAM N° 4 y retenido tamiz IRAM N° 100 ( $480\mu\text{m}$  a  $149\mu\text{m}$ ). Las arenas corresponden de acuerdo a su mineralogía a depósitos fluviales existentes en el subsuelo de la ciudad de Tandil. Para la época de



---

construcción de Sans Souci se han muestreados otros morteros ubicados en el Cementerio Municipal y en una vivienda del centro de la ciudad de Tandil que presentan de acuerdo a los estudios realizados características similares

- c- En apoyo a lo expresado al punto b, las observaciones realizadas sobre la sección delgada del mortero de revestimiento corroboran la existencia de sílice cristalina relleno y obliterando la mayoría de los poros existentes en el mortero.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a las autoridades del Instituto ISFT N° 75 por la información suministrada y a la Dra. Vilma Rosatto por la identificación de los microorganismos..

### REFERENCIAS

- [1] Malinowski, R. "Concretes and mortars in ancient aqueducts". *Concrete International*. 1979; 1: 66-76.
- [2] Malinowski R, "Ancient Mortars and concretes: Aspects of their durability. *Histoire of Technology*". 7th Annual Volume, Marsell. UK. 1982: 89-101.
- [3] Norma DIN 52170 "
- [4] Traversa L. P., Iloro F., Marquez S. O. "Determinación de la composición de morteros endurecidos de cal, híbridos y de cemento portland.". 2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano y X Jornada "Técnicas de restauración y conservación del patrimonio". LEMIT. La Plata. Argentina. 2011.
- [5] ASTM C 856. (2008), Standard practice for petrographic examination of hardened concrete. *Annual Books of ASTM Standards*. Concrete and Aggregates. Section four construction. Vol. 04.02: 438-454.
- [6] St John, Donald A., Poole, Alan W., Sims, Ian., "Concrete Petrography. A handbook of Investigative techniques". Arnold publishers, 474 pág. (1998)
- [7] Gentile R.O, Ribot A. M. "Caracterización preliminar de depósitos fluviales utilizados antiguamente en la construcción, Tandil (Prov. De Buenos Aires)". 9° Simposio de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. Mar del Plata. Octubre.2009