



# Manual Básico de Conservación para las Misiones Jesuíticas Guaraníes

*Manual Básico de Conservação para as Missões Jesuíticas dos Guaraní*

Programa de Capacitación para la Conservación, Gestión y Desarrollo Sustentable de las Misiones Jesuíticas Guaraníes

*Programa de Capacitação para a Conservação, Gestão e Desenvolvimento Sustentável das Missões Jesuíticas dos Guaraní*



Argentina . Brasil . Paraguay . Uruguay



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# MANUAL BÁSICO DE CONSERVACIÓN PARA LAS MISIONES JESUÍTICAS GUARANÍES

---

## *MANUAL BÁSICO DE CONSERVAÇÃO PARA AS MISSÕES JESUÍTICAS DOS GUARANI*

Argentina . Brasil . Paraguay . Uruguay



2009

**Instituciones** | *Instituições*

**World Monuments Fund – WMF**

**Presidenta**

Bonnie Burnham

**Directora de Programas para América Latina,  
España y Portugal**

Norma Barbacci

**UNESCO**

**Director del Centro de Patrimonio Mundial**

Francesco Bandarín

**Director de la Oficina Regional de Cultura de la  
UNESCO**

Herman van Hooff

**Editores** | *Editores*

A. Elena Charola

Marcelo L. Magadán

**Autores** | *Autores*

A. Elena Charola

Gisela M. A. Korth

Marcela L. Cedrola

Marcelo L. Magadán

María Isabel Kanan

M. Matilde Villegas Jaramillo

**Organización** | *Organização*

Luiz Antônio Bolcato Custodio

**Traducción, revisión** | *Tradução, revisão*

Kelly Fahrion

Luiz Antônio Bolcato Custódio

M. Matilde Villegas Jaramillo

Mariana Bogarín

**Fotografías** | *Fotografias*

A. Elena Charola

Ana Carolina Boclin

Marcela L. Cedrola

Marcelo L. Magadán

María Isabel Kanan

M. Matilde Villegas Jaramillo

**Proyecto Gráfico** | *Projeto Gráfico*

Raruti Comunicação e Design - Cristiane Dias

**Fotografías da Capa**

São Miguel das Missões e San Ignacio Mini

[www.unesco.org](http://www.unesco.org)

[www.wmf.org](http://www.wmf.org)



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# MANUAL BÁSICO DE CONSERVACIÓN PARA LAS MISIONES JESUÍTICAS GUARANÍES

---

## *MANUAL BÁSICO DE CONSERVAÇÃO PARA AS MISSÕES JESUÍTICAS DOS GUARANI*

Argentina . Brasil . Paraguay . Uruguay



2009

# ÍNDICE

<b>Introducción   Introdução</b>	<b>07</b>
Norma Barbacci – WMF	
<b>Presentación   Apresentação</b>	<b>09</b>
Herman van Hooff – UNESCO	
<b>1. Conceptos básicos de conservación   Conceitos básicos de conservação</b>	<b>11</b>
A. ELENA CHAROLA Y MARCELO L. MAGADÁN	
<b>2. Método simplificado para relevamientos en campo   Método simplificado para levantamentos em campo</b>	<b>14</b>
MARCELO L. MAGADÁN	
<b>3. Principales materiales utilizados en las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes   Principais materiais utilizados nas Missões Jesuíticas dos Guarani</b>	<b>29</b>
A. ELENA CHAROLA Y MARCELO L. MAGADÁN	
<b>4. Factores de deterioro de materiales porosos inorgánicos   Factores de deterioração dos materiais porosos inorgânicos</b>	<b>40</b>
A. ELENA CHAROLA	
<b>5. Biodeterioro de materiales porosos inorgánicos   Biodeterioração de materiais porosos inorgânicos</b>	<b>52</b>
MARCELA L. CEDROLA Y A. ELENA CHAROLA	
<b>6. Tratamientos de conservación   Tratamentos de conservação</b>	<b>63</b>
A. ELENA CHAROLA Y MARCELA L. CEDROLA	
<b>7. Introducción a la cal y morteros   Introdução à cal e argamassas</b>	<b>80</b>
A. ELENA CHAROLA	
<b>8. Morteros originales y morteros de reposición   Argamassas originais e argamassas de intervenções</b>	<b>83</b>
MARIA ISABEL KANAN	
<b>9. Prevención de accidentes en intervenciones en el patrimonio construido   Prevenção de acidentes em intervenções no patrimônio construído</b>	<b>100</b>
GISELA M. A. KORTH	
<b>Conclusiones   Conclusões</b>	<b>124</b>
A. ELENA CHAROLA, LUIZ ANTÔNIO BOLCATO CUSTÓDIO Y MARCELO L. MAGADÁN	
<b>Bibliografía   Bibliografia</b>	<b>126</b>
<b>Léxico básico español-portugués   Glossário básico português-espanhol</b>	<b>129</b>
<b>Anexo en CD - Español   Anexo em CD - Português</b>	
<b>Fichas de Relevamiento   Fichas de Levantamento</b>	
<b>F1 - Ficha de apoyo para el relevamiento dimensional y fotográfico   Ficha de apoio para levantamento cadastral e fotográfico</b>	<b>03</b>
MARCELO L. MAGADÁN	
<b>F2 - Ficha de relevamiento arquitectónico y de estado de conservación   Ficha de levantamento arquitetônico e de estado de conservação</b>	<b>05</b>
MARCELO L. MAGADÁN	
<b>F3 - Ficha para relevamiento de sillares   Ficha para levantamento de blocos</b>	<b>11</b>
MARCELO L. MAGADÁN	

## Protocolos de Campo | Procedimentos de Campo

- PC1 - Determinación in situ de la absorción capilar de agua |  
Determinação in situ da absorção capilar de água  
MARCELA L. CEDROLA Y A. ELENA CHAROLA **03**
- PC2 - Extracción de sales solubles | Extração de sais solúveis  
A. ELENA CHAROLA Y MARCELA L. CEDROLA **05**
- PC3 - Eliminación de películas superficiales de resinas acrílicas |  
Eliminação de películas superficiais de resinas acrílicas  
MARCELA L. CEDROLA Y A. ELENA CHAROLA **06**
- PC4 - Limpieza de depósitos delgados de colonización biológica |  
Limpeza de depósitos finos de colonização biológica  
MARCELA L. CEDROLA Y A. ELENA CHAROLA **08**
- PC5 - Desmalezamiento y eliminación de plantas superiores |  
Controle de ervas e eliminação de plantas superiores  
MARCELA L. CEDROLA Y A. ELENA CHAROLA **10**
- PC6 - Consolidación de pavimentos cerámicos | Consolidação de pisos cerâmicos  
M. MATILDE VILLEGAS JARAMILLO **13**

## Protocolos de Laboratorio | Procedimentos de Laboratorio

- PL1 - Determinación de la curva de absorción capilar de agua, de la absorción por inmersión total y de la curva de secado |  
Determinação da curva de absorção capilar de água, da absorção por imersão total e da curva de secagem  
A. ELENA CHAROLA Y MARCELA L. CEDROLA **03**
- PL2 - Determinación de la presencia de carbonatos y del yeso en eflorescencias |  
Determinação da presença de carbonatos e de gesso em eflorescências  
MARCELA L. CEDROLA Y A. ELENA CHAROLA **09**
- PL3 - Determinación de la presencia de sulfatos y cloruros por reacciones de toque |  
Determinação da presença de sulfatos e cloretos por reações de toque  
MARCELA L. CEDROLA Y A. ELENA CHAROLA **11**
- PL4 - Determinación de la presencia de sulfatos y cloruros por tiras reactivas |  
Determinação da presença de sulfatos e cloretos por fitas reativas  
MARCELA L. CEDROLA Y A. ELENA CHAROLA **13**
- PL5 - Análisis simplificado de morteros antiguos | Análise simplificada de argamassas antigas  
MARIA ISABEL KANAN **15**
- PL6 - Análisis granulométrico del agregado de morteros | Análise granulométrica do agregado de argamassas  
MARIA ISABEL KANAN **17**





## INTRODUCCIÓN

Norma Barbacci<sup>1</sup>

En 1996, la Misión Jesuítica de San Ignacio Miní, en Argentina, fue incluida en la lista de los *100 monumentos más amenazados* del programa World Monuments Watch, y ese mismo año obtuvo una subvención para la restauración de un pórtico. Sin embargo, el estado ruinoso del pórtico era tan sólo uno de los muchos problemas que afectaban al recinto, y San Ignacio Miní era tan sólo una de las decenas de Misiones que se veían amenazadas por factores como la exposición a las inclemencias del tiempo, la invasión vegetal, la presión demográfica, la falta de recursos y de planes de gestión. A la vista de esta apremiante situación, y a propuesta de la oficina de la UNESCO para el MERCOSUR, WMF decidió dar apoyo al desarrollo de una visión de conjunto para las misiones, que abarcara un enfoque global de conservación y de gestión y el aprovechamiento de su potencial educativo y turístico.

En 2002, WMF patrocinó una expedición técnica con la participación de expertos internacionales en los campos de arqueología, conservación arquitectónica, preservación histórica, conservación ambiental, investigación histórica, gestión de sitios y desarrollo del turismo. El programa contemplaba una visita a diez Misiones de Argentina, Brasil y Paraguay, y encuentros de trabajo con representantes de las instituciones a cargo de la gestión y la conservación de las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes de cada país. El objetivo de la iniciativa era establecer un punto de partida para establecer pautas uniformes para la preservación de dichos monumentos, así como una estrategia común de desarrollo del turismo. En la sesión de clausura, el equipo presentó una propuesta de trabajo, que fue aprobada por el Secretario de Cultura de Argentina y por representantes de Brasil, Paraguay y Uruguay, y que consistía en la creación de un *Programa de Capacitación para la Conservación, Gestión y Desarrollo Sostenible de las Misiones*

1. Desde 2001 Norma Barbacci es Directora de Programas de World Monuments Fund y responsable de la gestión de proyectos en América Latina, España y Portugal.

## INTRODUÇÃO

Norma Barbacci<sup>1</sup>

Em 1996, a Missão Jesuítica de San Inácio Miní, na Argentina, foi incluída na lista dos *100 monumentos mais ameaçados* do programa World Monuments Watch, e, nesse mesmo ano, obteve patrocínio para a restauração de um portal. Não obstante, o estado de ruína do pórtico era apenas um dos muitos problemas que atingiam o recinto e Santo Inácio Miní era apenas uma das dezenas de Missões que estavam ameaçadas por fatores como a exposição às inclemências do tempo, a invasão vegetal, a pressão demográfica, a falta de recursos e de planos de gestão. Diante desta situação e da proposta da oficina da UNESCO para o MERCOSUL, o WMF decidiu dar apoio ao desenvolvimento de uma visão de conjunto para as Missões, que abrangesse um enfoque global de conservação, gestão e aproveitamento de seu potencial educativo e turístico.

Em 2002, o WMF patrocinou uma expedição técnica com a participação de especialistas internacionais nos campos de arqueologia, conservação arquitetônica, preservação histórica, conservação ambiental, pesquisa histórica, gestão de sítios e desenvolvimento do turismo. O programa contemplava uma visita a dez das Missões da Argentina, Brasil e Paraguai, e encontros de trabalho com representantes das instituições encarregadas da gestão e conservação das Missões Jesuíticas dos Guaraníes de cada país. O objetivo da iniciativa era estabelecer um ponto de partida para desenvolver padrões para a preservação destes monumentos, assim como uma estratégia comum de desenvolvimento do turismo. Na sessão de encerramento, a equipe apresentou uma proposta de trabalho, que foi aprovada pelo Ministro da Cultura da Argentina e por representantes do Brasil, Paraguai e Uruguai. A proposta consistia na criação de um *Programa de Capacitação para a Conservação, Gestão e Desenvolvimento Sustentável das Missões Jesuíticas dos Guaraníes*. Este programa, que objetiva

1. Desde 2001, Norma Barbacci é Diretora de projetos de campo do World Monuments Fund e responsável pela gestão de projetos na América Latina, Espanha e Portugal.



*Jesuíticas de los Guaraníes.* Este programa, que apuntó a formar gestores locales de los sitios en materia de conservación, documentación, gestión y desarrollo del turismo, fue iniciado en 2003 y se prolongó hasta finales de 2007, con el apoyo de WMF, el Centro para el Patrimonio Mundial de la UNESCO, y organizaciones públicas y privadas de cada uno de los países anfitriones.

Además de talleres multidisciplinarios, el programa de capacitación incluía un curso práctico de conservación concebido para formar personal local en metodologías de intervención arquitectónica con vista a mejorar las técnicas de mantenimiento que se seguían en los sitios, así como a profesionales responsables o interesados en la gestión de las Misiones desde las diferentes vertientes de su preservación.

A lo largo de cinco años de talleres, cursos de conservación y proyectos de intervención sobre el terreno, el equipo técnico desarrolló unos fundamentos conceptuales y metodológicos, y los correspondientes procedimientos técnicos para la intervención en las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes de América del Sur. Con el fin de hacer llegar la experiencia adquirida a los gestores de todas las misiones, decidimos apoyar la publicación del presente *Manual Básico de Conservación*, que esperamos sirva de base para programas duraderos y preventivos de conservación y mantenimiento en estos países.

formar gestores locais dos sítios no que tange à conservação, documentação, gestão e desenvolvimento do turismo, foi iniciado em 2003 e prolongou-se até o final de 2007, com o apoio do WMF, do Centro para o Patrimônio Mundial da UNESCO e de organizações públicas e privadas de cada um dos países anfitriões.

Além de oficinas multidisciplinares, o programa de capacitação incluiu um curso prático de conservação, concebido para formar pessoal local em metodologias de intervenção arquitetônica, visando melhorar as técnicas de manutenção que se executavam nos sítios, assim como para formar profissionais responsáveis ou interessados na gestão das Missões a partir de diferentes referências para sua preservação.

Ao longo de cinco anos de oficinas, cursos de conservação e projetos de intervenção *in situ*, a equipe técnica desenvolveu um embasamento conceitual e metodológico e os procedimentos técnicos correspondentes para a conservação das Missões Jesuíticas dos Guaraní da América do Sul. Com a finalidade de fazer chegar a experiência adquirida aos gestores de todas as Missões, decidimos apoiar a publicação do presente *Manual Básico de Conservação*, que esperamos sirva de base para programas duradouros e preventivos de conservação e manutenção nestes países.

Foto: São Nicolau – Brasil



## PRESENTACIÓN

Herman van Hooff<sup>2</sup>

Cuando en octubre del 2002 el World Monuments Fund y la UNESCO desde su oficina para el MERCOSUR en Montevideo, propusimos implementar un Programa sobre la *Conservación, Gestión y Desarrollo Sostenible de las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes*, partimos de la visión de que era necesario tratar el conjunto de las misiones de forma integral, holística, interdisciplinaria, intersectorial y regional.

Logramos implementar el programa durante los años 2003 al 2007 gracias al esfuerzo mancomunado de los países participantes, las instituciones pertinentes, el MERCOSUR Cultural, los profesionales y especialistas involucrados en las misiones y un número importante de donantes. Este programa y sus resultados han sido debidamente documentados en los informes de los cursos-talleres de São Miguel, Brasil (2003), Posadas, Argentina (2004) y Capitán Miranda y Trinidad, Paraguay (2005 y 2007).

Al mismo tiempo, los expertos en conservación indicaron que existían necesidades urgentes en la formación y en la armonización de conceptos y metodologías para la conservación, incluyendo la consolidación de estructuras, y el análisis y tratamiento de materiales, en particular la piedra y la cerámica. En base a esa observación, el World Monuments Fund convocó a cursos especializados en conservación que se realizaron en el marco de los cursos-talleres mencionados anteriormente.

Uno de los frutos de esos cursos es el presente *Manual Básico de Conservación*, producto de los conocimientos profundos de especialistas y de la experiencia práctica acumulada en el terreno. Mucho me satisface que este manual constituya un documento de trabajo sobre la conservación que, sin dudas, ayudará a todos los especialistas que trabajan en pro de la conservación de las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes a tomar las decisiones apropiadas para los sitios bajo su custodia en concordancia con las normas y conceptos internacionalmente establecidos.

2. Del 2001 al 2005, Herman van Hooff ocupó del cargo de Asesor de Patrimonio Mundial para América Latina y el Caribe en la Oficina de la UNESCO para el MERCOSUR en Montevideo, Uruguay. Actualmente es Director de la Oficina Regional de Cultura de la UNESCO en La Habana, Cuba.

## APRESENTAÇÃO

Herman van Hooff<sup>2</sup>

Quando, em outubro de 2002, o World Monuments Fund e a UNESCO - a partir de sua oficina para o MERCOSUL em Montevideu – propuseram implementar um Programa sobre a *Conservação, Gestão e Desenvolvimento Sustentável das Missões Jesuíticas dos Guaraníes*, partimos da visão de que era necessário tratar o conjunto das Missões de forma integral, holística, interdisciplinar, intersectorial e regional.

Conseguimos implementar o programa durante os anos de 2003 a 2007, graças ao esforço concentrado dos países participantes, das instituições responsáveis, do MERCOSUL Cultural, dos profissionais e especialistas envolvidos nas Missões e de um número importante de patrocinadores. Este programa e seus resultados foram devidamente documentados nos relatórios dos cursos-oficinas de São Miguel, Brasil (2003), Posadas, Argentina (2004), Capitán Miranda e Trinidad, Paraguai (2005 e 2007).

Ao mesmo tempo, os especialistas em conservação indicaram que existiam necessidades urgentes na formação e na harmonização de conceitos e metodologias para a conservação, incluindo a consolidação de estruturas e a análise e tratamento de materiais, em particular da pedra e da cerâmica. Com base nessa observação, o World Monuments Fund desenvolveu cursos especializados em conservação, que se realizaram dentro dos parâmetros dos cursos-oficinas mencionados anteriormente.

Um dos frutos destes cursos é o presente *Manual Básico de Conservação*, produto do conhecimento profundo de especialistas e da experiência prática acumulada *in situ*. Muito me satisfaz que este manual se constitua num documento de trabalho sobre a conservação que, sem dúvida, ajudará a todos os especialistas que trabalham em prol da conservação das Missões Jesuíticas dos Guaraníes a tomar as decisões apropriadas para os sítios sob sua tutela, em concordância com normas e conceitos internacionalmente estabelecidos.

2. De 2001 a 2005, Herman van Hooff ocupou o cargo de Assessor do Patrimônio Mundial para América Latina e Caribe, no Escritório da UNESCO para o MERCOSUL em Montevideu, Uruguay. Atualmente é Diretor do Escritório Regional de Cultura da UNESCO em Havana, Cuba.





# 1. CONCEPTOS BÁSICOS DE CONSERVACIÓN

Marcelo L. Magadán y A. Elena Charola

La preservación del patrimonio cultural es fundamental para que cada pueblo conserve su propia identidad. Dentro del patrimonio cultural consideramos el patrimonio inmueble, tanto el arqueológico, como el arquitectónico. Es decir que tanto edificios completos, como restos de ellos, pueden ser considerados patrimonio cultural en función de su valor histórico o artístico.

El concepto de conservación fue desarrollado en el siglo XIX como resultado de la revolución industrial. Anteriormente, los edificios se mantenían solamente si tenían un uso y/o un valor conmemorativo, como en el caso de monumentos. En consecuencia, muchos edificios fueron cambiados significativamente, ya sea para acomodar nuevos usos o simplemente para “embellecerlos”. La reacción a esta actitud resultó en un movimiento que se cristalizó con la formulación de la Carta de Venecia, en 1964. Este documento fue el punto fundamental para el desarrollo de la conservación, tal como lo entendemos en la actualidad.

Cabe tener en cuenta que los edificios, conjuntos y ámbitos urbanos que han llegado hasta nuestros días, en tanto testimonios del pasado, dan cuenta del desarrollo tecnológico, cultural, del pensamiento y de la concepción que, del mundo y de la vida, tuvieron nuestros antepasados. También nos muestran el modo en que dieron respuesta a sus necesidades, tanto las básicas (abrigo, cobijo, etc.), como a otras, de segundo orden, ligadas a funciones estéticas y simbólicas.

Una preocupación fundamental de la citada Carta estuvo referida a la necesidad de salvaguardar el “testimonio histórico”. En ese sentido, los materiales y los sistemas constructivos deben ser entendidos y, en consecuencia, tratados en sí mismo, no sólo como soporte, sino también como documento histórico.

Desde este punto de vista, la materialidad de la obra, analizada como el conjunto de elementos que

# 1. CONCEITOS BÁSICOS DE CONSERVAÇÃO

Marcelo L. Magadán e A. Elena Charola

A preservação do patrimônio cultural é fundamental para que cada povo conserve sua própria identidade. No patrimônio cultural incluímos o patrimônio imóvel, tanto o arqueológico como o arquitetônico. Isto significa que tanto os edifícios inteiros como seus remanescentes podem ser considerados patrimônio cultural em função de seu valor histórico ou artístico.

O conceito de conservação foi desenvolvido no século XIX como resultado da revolução industrial. Anteriormente, os edifícios se mantinham somente se possuíam um uso e/ou um valor comemorativo, como no caso dos monumentos. Como consequência, muitos edifícios foram modificados significativamente seja para acomodar novos usos ou simplesmente para “embelezá-los”. A reação a esta atitude resultou num movimento que se estabeleceu com a formulação da Carta de Veneza, em 1964. Este documento foi o ponto fundamental para o desenvolvimento da conservação como a entendemos na atualidade.

Cabe considerar que os edifícios, conjuntos e ambientes urbanos que chegaram até nossos dias, enquanto testemunhos do passado, dão conta do desenvolvimento tecnológico, cultural, do pensamento e da concepção que nossos antepassados tiveram do mundo e da vida. Também nos mostram o modo como deram resposta às suas necessidades, tanto as básicas (abrigo, cobertura, etc.), como a outras, de segunda ordem, ligadas a funções estéticas e simbólicas.

Uma preocupação fundamental da referida Carta se refere à necessidade de proteger o “testemunho histórico”. Nesse sentido, os materiais e os sistemas construtivos devem ser entendidos e, como consequência, tratados, não só como suporte, mas também como documento histórico em si.

Sob este ponto de vista, a materialidade da obra, analisada no conjunto dos elementos que a conformam: alvenarias, madeiramentos, revestimentos,



la conforman: muros, carpinterías, revestimientos, pisos, cubiertas, instalaciones, etc.; debe ser conservada, hecho que nos lleva a ejecutar determinadas intervenciones –y no otras– siempre con el fin de salvaguardarla y mantener su autenticidad.

La aplicación del principio de autenticidad, enunciado por el documento de Nara, supone respetar la obra, tanto en sus aspectos constructivos, como estéticos, conservando el mensaje y la materialidad.

Hay que tener en cuenta que toda intervención, sea de conservación pura como de restauración, implica una transformación de la situación de origen y, por tanto, una merma en la autenticidad.

En este marco, toma fundamental importancia la conservación preventiva y el mantenimiento, de modo tal de reducir al mínimo las intervenciones de restauración. Cualquier acción física sobre el bien debe tener carácter excepcional, ya que disminuye su valor testimonial.

Debe recordarse que la práctica de la restauración se rige por algunos principios básicos entre los que están comprendidos los de:

- la mínima intervención;
- la compatibilidad de materiales;
- la posible remoción y re-aplicación de tratamientos;
- la identificación de las partes intervenidas.

Aunque la conservación de estructuras y de sus materiales requiere de una importante componente técnica, la intervención debe ser regida por la componente cultural, en tanto propulsora del concepto de conservación. Y esto se comprende mejor recordando que las técnicas de conservación cambian con el avance de la ciencia y la tecnología. Por lo tanto, cada problema de conservación puede ser resuelto, en la práctica, de varias maneras. La elección de la solución a utilizar no puede recaer exclusivamente en los profesionales de conservación, sino que debe ser realizada en conjunto con especialistas de distintas disciplinas. Mientras que éstos tienen la responsabilidad de informar sobre los valores del patrimonio y la manera en cómo se ha

pisos, coberturas, instalações, etc. deve ser conservada, fato que nos leva a executar determinadas intervenções – e não outras – sempre com a finalidade de preservá-la e manter sua autenticidade.

A aplicação do princípio de autenticidade enunciado pelo documento de Nara, pressupõe respeitar a obra, tanto em seus aspectos construtivos como estéticos, conservando a mensagem e a materialidade.

Deve-se considerar que toda intervenção, tanto de simples conservação, quanto de restauração, implica numa transformação da situação original e, portanto, em perda de autenticidade.

Sob este aspecto, a conservação preventiva e a manutenção têm importância fundamental para reduzir ao mínimo as intervenções de restauração. Qualquer ação física sobre um bem cultural deve ter caráter excepcional, uma vez que diminui seu valor como testemunho.

Deve-se recordar que a prática da restauração se rege por alguns princípios básicos, entre os quais estão incluídos:

- a mínima intervenção;
- a compatibilidade entre materiais;
- a possibilidade de remoção e reaplicação de tratamentos;
- a identificação das áreas com intervenção.

Ainda que a conservação de estruturas e de seus materiais pressuponha um importante componente técnico, a intervenção deve ser orientada pelo componente cultural, considerado como propulsor do conceito de conservação. E isto se compreende melhor considerando que as técnicas de conservação se modificam com os avanços da ciência e da tecnologia. Portanto, cada problema de conservação pode ser resolvido, na prática, de várias maneiras. Mas a escolha da solução a ser utilizada não pode ser exclusiva dos profissionais de conservação, mas realizada em conjunto por especialistas de diferentes áreas. Enquanto que os primeiros têm a responsabilidade de informar sobre os valores patrimoniais e a maneira como se



de presentar el monumento en cuestión, los técnicos deben proponer las soluciones alternativas para cada caso y las consecuencias de las posibles intervenciones. Con esta base, las autoridades, en conjunto con los profesionales y especialistas y, en lo posible, representantes de la población local, pueden realizar un análisis de valores del cual debiera surgir la solución más conveniente a ser adoptada.

Cabe tener en cuenta que la destrucción del patrimonio cultural no está ligada exclusivamente al abandono o a la simple ausencia de intervenciones. En buena medida se relacionan a acciones erróneas que se derivan de la falta de una valoración adecuada y de un enfoque errado de manejo y administración de los recursos. Estos factores, muchas veces, pueden corregirse con información, concientización, formación y entrenamiento.

Calificar a los técnicos, entrenar a los obreros y modificar el enfoque con que se trabaja son las alternativas para lograr un abordaje más adecuado, tendiente a asegurar la salvaguarda de estos bienes.

La conservación debe ser planeada de forma sistemática y sostenida y debe considerar otras problemáticas relacionadas, como la prevención de riesgos y la limitación de la capacidad de carga de los sitios, cuando estos son utilizados como recurso turístico. Debe ocuparse además de diversas cuestiones relacionadas, como la educación patrimonial y la administración.

Hay que tener en cuenta que el especialista en conservación es el único mediador entre el estado anterior y posterior del objeto intervenido. Esto le crea la obligación de documentar todos y cada uno de los aspectos de la intervención, desde el relevamiento preliminar, hasta el resultado final, pasando por todas y cada una de las etapas intermedias.

Quienes intervenimos sobre el patrimonio cultural debemos tener siempre presente la responsabilidad que nos cabe respecto de la salvaguarda del objeto y su transmisión a las futuras generaciones. Y tener presente que estamos trabajando con bienes no renovables, en un campo donde lo que se pierde, se pierde para siempre.

deve apresentar o monumento em questão, os outros técnicos devem propor soluções alternativas para cada caso e apontar as conseqüências das intervenções propostas. Com base nestas propostas, as autoridades, em conjunto com os profissionais e especialistas e, na medida do possível, representantes da população local, podem avaliar qual deve ser a solução mais adequada a ser adotada.

Cabe considerar que a destruição do patrimônio cultural não está vinculada exclusivamente ao abandono ou à simples falta de intervenções. Em grande parte se relaciona a ações errôneas, que derivam da falta de uma avaliação adequada ou de um enfoque equivocado na gerência e administração dos recursos. Estes fatores, muitas vezes, podem ser corrigidos com informação, conscientização, formação e treinamento.

Qualificar os técnicos, treinar os operários e modificar o enfoque com que se trabalha são alternativas para alcançar uma abordagem mais adequada no sentido de assegurar a salvaguarda destes bens.

A conservação deve ser planejada de forma sistemática e sustentável e deve considerar outras questões correlatas, como a prevenção de riscos e a limitação da capacidade de carga dos sítios quando estes são utilizados como recurso turístico. Além disso, também deve se ocupar de outras áreas relacionadas, como a educação patrimonial e a administração.

Deve-se considerar que o especialista em conservação é o único mediador entre o estado anterior e posterior do objeto da intervenção. Isto lhe obriga a documentar todo e qualquer aspecto da intervenção, desde o levantamento preliminar até o resultado final, passando por todas as etapas intermediárias.

Nós, que intervimos sobre o patrimônio cultural, devemos ter sempre presente a responsabilidade que nos cabe acerca da salvaguarda do objeto e sua transmissão às futuras gerações. E ter presente que estamos trabalhando sobre bens não renováveis, em um campo onde o que se perde, se perde para sempre.



## 2. MÉTODO SIMPLIFICADO PARA RELEVAMIENTOS EN CAMPO

Marcelo L. Magadán

### 1. Introducción

Quienes trabajamos en conservación de patrimonio cultural sabemos que es imprescindible contar con un profundo conocimiento del objeto, previo a tomar cualquier decisión de intervención. En cuanto a los restos arquitectónicos de un sitio arqueológico o histórico existen múltiples instrumentos que permiten acceder a la información requerida, tales como las imágenes satelitales, las fotos, los planos y croquis, fichas de registro, notas, etc. El objetivo es siempre el de recopilar aquellos datos que dan cuenta de las características formales, constructivas, de localización, de relación con el medio y del estado de conservación del conjunto o elemento en cuestión.

Ahora bien, cuando trabajamos en campo con sitios extensos y en situación de “ruina” es imprescindible contar con plantas generales confiables, que permitan avanzar en el registro y la sistematización de la información, paso previo y necesario para planificar, implementar y monitorear un proyecto de intervención y/o un plan de manejo.

El método que se presenta parte de un intento de simplificar los relevamientos arquitectónicos y de estado de situación general de un sitio, usando como apoyo la fotografía digital y varias fichas de registro. Este conjunto de herramientas tiene por finalidad generar una suerte de inventario de las construcciones subsistentes y visibles. Además, busca responder tres preguntas fundamentales: ¿qué tenemos? ¿dónde está ubicado? y ¿cuál es su estado de conservación?

El método aplica al relevamiento de las estructuras que permanecen en pie, dejando para los estudios arqueológicos y geofísicos aquellas que no son observables a simple vista, sea porque se encuentran enterradas o porque sus límites reales han quedado ocultos, por ejemplo, bajo un montículo de tierra o un derrumbe.

## 2. MÉTODO SIMPLIFICADO PARA LEVANTAMENTOS EM CAMPO

Marcelo L. Magadán

### 1. Introdução

Quem trabalha na conservação do patrimônio cultural sabe que é fundamental ter um profundo conhecimento do objeto, antes de tomar uma decisão de intervenção. No caso dos remanescentes arquitetônicos de um sítio arqueológico ou histórico existem muitos instrumentos que permitem adquirir a informação necessária, tais como imagens de satélites, fotografias, plantas e croquis, fichas de levantamentos, notas, etc. O objetivo é sempre recopilar os dados que informam sobre as características formais, construtivas, de localização, de relação com o meio e o estado de conservação do conjunto ou elemento considerado.

Deve-se considerar que quando se trabalha em campo, nos sítios de grande extensão em estado de “ruina”, é imprescindível contar com plantas gerais acuradas, que permitam auxiliar no registro e na sistematização da informação, etapa prévia e essencial para planejar, implementar e monitorar um projeto de intervenção e/ou um plano de gestão.

O método aqui apresentado começa com a intenção de simplificar os levantamentos arquitetônicos e da situação geral de um sítio, usando como apoio a fotografia digital e várias fichas de registro. Este conjunto de ferramentas tem o objetivo de produzir um inventário das construções remanescentes e visíveis. Além disso, busca responder três perguntas fundamentais: o que temos? Onde está localizado? E qual é seu estado de conservação?

O método aplica o levantamento das estruturas afloradas, deixando para as prospecções arqueológicas e geofísicas as que não são visíveis; seja porque se encontram subterrâneas, ou cujos limites reais ficaram encobertos, por exemplo, sob um montículo de terra ou desmoronamento.





Esta suerte de fotografía de conjunto, tomada en un momento determinado, permite elaborar un cuadro de situación y del estado de conservación general del sitio, y además, monitorearlo en el tiempo. La sucesión de estas “imágenes fijas” tomadas con alguna regularidad, permitirán, en el futuro, estudiar comparativamente el devenir del conjunto y sus componentes, los factores que lo afectan, los deterioros y sus consecuencias y la efectividad de las acciones de conservación que se realizan.

La efectividad del método propuesto fue contrastada en San Ignacio Miní (Misiones, Argentina) donde, en función de las limitaciones económicas del proyecto, enfrentamos el desafío de tener que recabar, en muy pocas semanas y con un equipo de solo cuatro personas, la información correspondiente a las treinta y dos estructuras arquitectónicas que ocupan actualmente una extensión de siete hectáreas.

## 2. El método sugerido

Se debe partir de una planta de conjunto del sitio, en una escala adecuada para permitir el registro de la información general. Puede que exista una planta dibujada, en cuyo caso hay que revisarla y, eventualmente, ajustarla para que refleje la situación actual de todos y cada uno de los componentes del conjunto.

Cuando no se cuenta con esta planta, hay que comenzar por generarla a partir del trabajo de campo. Este puede hacerse recurriendo a métodos simples, como los relevamientos con cinta métrica, ejes de referencia y brújula; otros más complejos, con teodolitos, GPS [Global Positioning System], etc. o a través de una combinación de algunos de ellos. La elección del método dependerá de diversos factores, entre los que se cuentan: el tiempo y los recursos disponibles y el margen de error que resulte aceptable para el registro. Es importante que en la planta estén correctamente representadas la orientación de las estructuras, su ubicación relativa y dimensiones.

Una forma simple y rápida, que mantiene un nivel de precisión muy aceptable para este tipo de sitios, se basa en una combinación de técnicas y herramientas que permiten optimizar los tiempos de trabajo en campo, que suele ser el que insume mayor cantidad de recursos.

Esta espécie de fotografia de conjunto, tomada em um momento determinado, permite elaborar um quadro da situação e do estado de conservação geral do sitio, e, além disto, monitorá-lo no tempo. A sucessão destas “imagens fixas”, tomadas com regularidade, permitirão estudar comparativamente a evolução do conjunto e dos seus componentes, os fatores que intervêm, as degradações e suas conseqüências, além da eficácia das ações de conservação que se realizam.

A eficácia do método proposto foi avaliada em San Ignacio Miní (Misiones, Argentina), onde, em função das limitações econômicas do projecto, enfrentamos o desafio de ter que obter, em poucas semanas e com uma equipe de apenas quatro pessoas, a informação correspondente à trinta e duas estruturas arquitetônicas que ocupam atualmente uma extensão de sete hectares.

## 2. O método sugerido

Se deve começar por uma planta de conjunto do sitio, em escala adequada, para facilitar o registro das informações gerais. Se já houver uma planta, é preciso revisá-la, e, eventualmente ajustá-la para que corresponda à situação atual de cada componente do conjunto.

Quando não se conta com uma planta, é preciso começar sua execução a partir de levantamento de campo. Isto se pode fazer utilizando métodos simples, usando uma trena, eixos de referência e bússola; outros mais complexos, com teodolitos, GPS [Global Positioning System], etc. ou por meio de uma combinação entre eles. A escolha do método vai depender de diversos fatores, entre os quais se incluem: o tempo e os recursos disponíveis e a margem de erro aceitável para o registro. É importante que na planta estejam corretamente representadas a orientação das estruturas, sua localização e dimensões.

Uma forma simples e rápida, que mantém um nível de precisão bastante aceitável para este tipo de sitios, se baseia numa combinação de técnicas e ferramentas que permitem otimizar o tempo de trabalho em campo, que é o que consome o maior volume de recursos.



La ubicación relativa de las estructuras se obtiene, en primer lugar, empleando un nivel óptico, una estación total, un teodolito o instrumento similar, determinando para cada una de las estructuras arquitectónicas, al menos dos puntos fijos, alejados entre sí y diametralmente opuestos. Los niveles de estos puntos permiten conocer, además, las alturas del terreno y determinar sus cotas.

En el campo, la ubicación de las construcciones se referencia a un *datum* o punto cero, a partir del cual se inicia el recorrido de relevamiento. Este *datum* debe ser único para todos los relevamientos que se realicen en el sitio. Se situará en un punto fijo, permanente y fácilmente identificable en el futuro.

Luego, para relevar cada estructura se emplea un sistema de ejes auxiliares de referencia, a partir de los cuales se levantan los datos, empleando la fotografía digital como herramienta auxiliar. Las tomas, una vez escaladas, permiten dibujar los muros, disminuyendo el tiempo de trabajo en campo. Los pasos que se siguen son los que se mencionan a continuación.

### 3. Designación de estructuras

Una vez que se dispone de la planta general del sitio, sea por corrección de una preexistente o por dibujo de una nueva, debemos identificar cada estructura, de modo de facilitar las cuestiones operativas, tanto al momento de su relevamiento, como en su posterior tratamiento y archivo en gabinete.

En San Ignacio Miní las estructuras fueron identificadas con letras del alfabeto (A, B, C, etc.), comenzando por las tiras de viviendas ubicadas a la derecha de la Plaza, con el observador dando la espalda a la iglesia; y siguiendo el sentido anti-horario. El esquema alfanumérico empleado se componía de la siguiente forma:

El número arábigo que sigue a la letra indica la ubicación relativa de la estructura respecto de su paralela inmediata anterior o posterior, comenzando con la numeración uno (1) por las que se encuentran más próximas a la Plaza.

A localização relativa das estruturas obtém-se primeiramente empregando um nível ótico, uma estação total, um teodolito ou instrumento equivalente, determinando para cada estrutura arquitetônica, ao menos dois pontos, distanciados entre si e diametralmente opostos. Além disso os níveis destes pontos nos permitem conhecer as alturas do terreno e determinar suas cotas.

No campo, a localização das estruturas se referencia a um *datum* ou ponto zero, a partir do qual se inicia o percurso do levantamento. Este *datum* deve ser único para todos os levantamentos que se realizem no sítio. É importante escolher um ponto fixo, permanente e facilmente identificável no futuro.

Depois, para levantar cada estrutura se emprega um sistema de eixos de referência auxiliares, a partir dos quais se levantam os dados, empregando a fotografia digital como ferramenta auxiliar. As fotos, colocadas em escala, possibilitam desenhar as paredes, o que diminui o tempo de trabalho em campo. As etapas posteriores são mencionadas a seguir.

### 3. Denominação das estruturas

Uma vez que se dispõe da planta geral do sítio, seja por correção de uma pré-existente ou por desenho de uma nova, devemos identificar cada estrutura de maneira a facilitar as questões operacionais, tanto durante o levantamento, quanto em seu tratamento posterior e arquivamento em gabinete.

Em San Ignacio Miní as estruturas foram identificadas com letras do alfabeto (A, B, C, etc.), começando pelos blocos de casas localizadas à direita da Praça, com o observador de costas para a igreja; em sentido anti-horário. O esquema alfanumérico empregado se compunha da seguinte forma:

O número arábigo que acompanha a letra indica a localização relativa da estrutura em relação à sua paralela imediata anterior ou posterior, começando com a numeração um (1) para as que se encontram mais próximas da Praça.



El número romano, que la precede, refiere al grupo operativo relevado: (I) en el caso de las envolventes exteriores y (II) en las interiores.

La segunda numeración arábica indica que se trata de un recinto interior. Éstos recintos, en las viviendas que tienen orientación Este-Oeste, fueron numerados en orden creciente de Sur a Norte (estructuras A, B, G y H) y en aquellas que tienen orientación Norte-Sur, de Este a Oeste (estructuras C, D, E y F).

O número romano, que a precede, refere-se ao grupo operacional levantado: um (I) no caso das estruturas externas e dois (II) nas internas.

A segunda numeração arábica indica que se trata de um cômodo interno. Estes cômodos, nas casas que têm orientação Leste-Oeste, foram numerados em ordem crescente de Sul a Norte (estruturas A, B, G e H) e naquelas que têm orientação Norte-Sul, de Leste a Oeste (estruturas C, D, E e F).



Figura 1. Ejemplo del esquema alfanumérico utilizado para la designación de estructuras.

Figura 1. Exemplo do sistema alfanúmerico empregado para identificar as estruturas.

En San Ignacio Miní se daban dos situaciones particulares, la de los pilares de las galerías de las viviendas y la de las grandes estructuras de apoyo (Templo, Talleres, Casa de los Padres, etc.). En estos casos, los pilares fueron numerados con el mismo criterio que los recintos interiores: en orden creciente de Este a Oeste y de Sur a Norte. Por su parte, las estructuras citadas en segundo lugar, suelen ser independientes unas de otras, por lo que cada una fue identificada con una letra del alfabeto (J.1, K.1, L.1, L.2, M1, etc.). Dentro de estas estructuras, se presentaron algunos casos excepcionales, como el del Cementerio y el Patio de la Casa de los Padres, que por estar junto a la iglesia comparten uno de sus muros, el que se registró solo en esta última construcción.

Em San Ignacio Miní, se apresentaram duas situações particulares, as dos pilares dos alpendres das casas e a das grandes estruturas de apoio (Templo, Oficinas, Casa dos Padres, etc.). Nestes casos, os pilares foram numerados com o mesmo critério que os recintos internos: em ordem crescente de Leste a Oeste e de Sul a Norte. Por sua vez, as estruturas citadas em segundo lugar costumam ser independentes umas das outras, razão pela qual cada uma foi identificada com uma letra do alfabeto (J.1, K.1, L.1, L.2, M.1, etc.). No interior destas estruturas, se apresentaram casos especiais, como o do Cemitério e o Pátio da Casa dos Padres que, por se localizar junto à igreja, compartilham uma de suas paredes, que foi registrada somente nesta última construção.



#### 4. Relevamiento arquitectónico

Para facilitar el relevamiento de las envolventes exteriores de cada estructura se generó un plano auxiliar de referencia, conformado por ejes verticales y horizontales, que sirven de base para la toma de las fotografías digitales a las que se refiere más adelante. Los ejes se materializan con hilos nivelados o puestos a plomo, según corresponda, y su intersección se marca en el paramento, con tiza. Los ejes verticales delimitan cada toma de las que conformarán el mosaico fotográfico. La separación de estos ejes debe estar en función de la distancia a la que, por nitidez de la imagen obtenida, conviene situar la cámara. En San Ignacio Miní esa distancia fue de 4,40 metros.

El eje horizontal es útil para determinar el nivel del terreno y la altura de los muros de toda la envolvente. Las longitudes de los muros se toman a cinta corrida, sistematizando el relevamiento y evitando la acumulación de errores. Toda esta información es registrada en una ficha especialmente preparada (ver: Ficha de Relevamiento 1, en el CD anexo). En ella se hallan pre-impresos los ejes horizontales y verticales del plano auxiliar de relevamiento, sobre el cual se representa, a mano alzada y de manera esquemática, la silueta de cada paramento. Se consignan también la distancia entre ejes verticales y la altura del eje horizontal. Dichos datos son fundamentales para volver a un punto determinado, en el futuro, ante un eventual monitoreo de la estructura.

En la ficha, constan además datos cuantitativos relevantes, como la longitud total de cada paramento, el espesor promedio del muro, datos identificatorios de la estructura (designación, grupo operativo al que pertenece, número de ficha) y del sitio, la fecha y el nombre del responsable del relevamiento.

Una segunda ficha fue utilizada para el relevamiento arquitectónico y de conservación de cada construcción (ver: Ficha de Relevamiento 2, en el CD anexo). En este caso, está preparada para registrar, tanto los datos que hacen al análisis arquitectónico de cada unidad (tipo de construcción, elementos constitutivos que conforman el paramento, dimen-

#### 4. Levantamento arquitetônico

Para facilitar o levantamento das faces externas de cada estrutura, se produziu uma planta auxiliar de referência, composta por eixos verticais e horizontais, que servem de base para as tomadas das fotografias digitais, as quais que se descrevem mais adiante. Os eixos se materializam com fios nivelados ou colocados no prumo, de acordo com o caso, e sua intersecção se marca na estrutura com giz. Os eixos verticais delimitam cada uma das tomadas que conformarão o mosaico fotográfico. A separação dos eixos dependerá da distância da colocação da câmera fotográfica em função da nitidez da imagem a ser obtida. Em San Ignacio Miní a distância usada foi de 4,40 metros.

O eixo horizontal serve para determinar o nível do terreno e a altura das paredes envolventes. Os comprimentos dos muros são medidos cumulativamente com trena, de modo a sistematizar o processo e evitar a soma de erros. Toda a informação se registra em uma ficha especialmente preparada (ver: Ficha de Levantamento 1, no CD anexo). Nesta ficha se encontram previamente impressos os eixos horizontais e verticais do plano de levantamento auxiliar, sobre o qual se representa, à mão livre e de maneira esquemática, o contorno da superfície de cada paramento. Registra-se também a distância entre os eixos verticais e a altura do eixo horizontal. Tais dados são fundamentais para localizar um ponto determinado, no futuro, quando de um eventual monitoramento da estrutura.

Na ficha também constam dados quantitativos relevantes como o comprimento total de cada paramento, a espessura média do muro, dados identificadores da estrutura (denominação, grupo operativo ao qual pertence, número da ficha) e do sítio, a data e o nome do responsável pelo levantamento.

Uma segunda ficha foi utilizada para o levantamento arquitetônico e do estado de conservação de cada construção (ver: Ficha de Levantamento 2, no CD anexo). Neste caso, está organizada para registrar tanto os dados da análise arquitetônica de cada unidade (tipo de construção, elementos constitutivos que conformam o paramento, dimensões



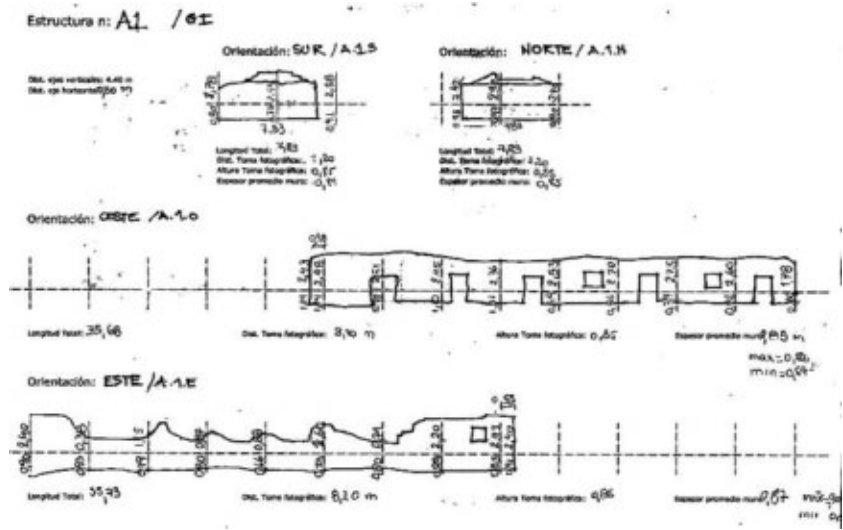


Figura 2. Ficha de apoio para o levantamento de dimensões e fotográfico da Estructura A.1.

siones promedio de dichos elementos, etc.), como el estado de situación de los sistemas y componentes. Se incluyen datos cuantitativos y dimensionales de los elementos constitutivos, los que son de utilidad a la hora de realizar algunos estudios formales o constructivos (proporción lleno-vacío) de un muro o computar las tareas para elaborar el presupuesto de una futura intervención.

Se busca tener disponible, en gabinete, toda información que evite invertir tiempo en nuevas mediciones, las que, de tener que realizarse, indefectiblemente van en desmedro de los recursos económicos disponibles.

Por su parte, cuando existen elementos complementarios, como los pilares exentos de lo que fueran las galerías de las viviendas, se agrega una

médias dos elementos, etc.), como o estado de conservação dos sistemas e componentes. Incluem-se dados quantitativos e dimensões dos elementos constitutivos, que são úteis no momento de realizar alguns estudos formais ou construtivos

(proporção de cheios-vazios) de um muro ou para computar as tarefas para elaborar um orçamento de uma futura intervenção.

Se procura ter disponível, em gabinete, toda informação que evite o dispendio de tempo em novas medições, as quais, se tiverem de ser realizadas, certamente irão dilapidar os recursos financeiros disponíveis.

No caso da existência de elementos complementares, tais como pilares deslocados dos

MISIONES JESUITICO-GUARANIES																																															
RELEV. ARQUITECTONICO Y EDO. CONSERVACION																																															
ESTRUCTURA	SITIO	PLANO	GRUPO	SECCION	FECHA																																										
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">CONSTRUCCION</th> <th colspan="2">MUROS</th> <th colspan="2">REVISIONES</th> <th colspan="2">MATERIALES</th> <th colspan="2">ESTADO</th> <th colspan="2">OBSERVACIONES</th> </tr> <tr> <td>TIPO</td> <td>DESCRIPCION</td> <td>TIPO</td> <td>DESCRIPCION</td> <td>FECHA</td> <td>REALIZADO POR</td> <td>FECHA</td> <td>REALIZADO POR</td> <td>FECHA</td> <td>REALIZADO POR</td> <td>FECHA</td> <td>REALIZADO POR</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>												CONSTRUCCION		MUROS		REVISIONES		MATERIALES		ESTADO		OBSERVACIONES		TIPO	DESCRIPCION	TIPO	DESCRIPCION	FECHA	REALIZADO POR	FECHA	REALIZADO POR	FECHA	REALIZADO POR	FECHA	REALIZADO POR												
CONSTRUCCION		MUROS		REVISIONES		MATERIALES		ESTADO		OBSERVACIONES																																					
TIPO	DESCRIPCION	TIPO	DESCRIPCION	FECHA	REALIZADO POR	FECHA	REALIZADO POR	FECHA	REALIZADO POR	FECHA	REALIZADO POR																																				

Figura 3. Ficha de relevamiento arquitectónico y estado de conservación (anverso)

Figura 3. Ficha de levantamento arquitetônico e estado de conservação (frente)





ficha destinada a registrar esa información. El mismo procedimiento se adopta en relación a los sillares que se encuentren sueltos o que deban ser retirados temporalmente de su lugar. En este caso, se trata de la remoción provisional de mampuestos en el curso de una intervención. Para facilitar su posterior recolocación, la ficha tiene información sobre las particularidades de cada sillar y de su relación con el conjunto del muro, que incluye datos sobre sus dimensiones, ubicación, tamaño, características morfológicas, relieves decorativos, etc. En el caso de los sillares dispersos, el registro permite establecer vinculaciones entre diferentes mampuestos y, eventualmente, facilitar su integración al lugar de origen (ver: Ficha de Relevamiento 3, en el CD anexo).

En San Ignacio Miní, como parte del inventario general del sitio se realizó el relevamiento de los mampuestos dispersos, que presentaban decoración en al menos una de sus caras. Se trataba de poco más de trescientos sillares que, cuando el arquitecto Carlos Onetto dejó la restauración en 1948, no habían sido recolocados. Desde entonces estaban amontonados, formando varios montículos dentro de los límites del sitio. Esta información fue útil para plantear hipótesis acerca de su ubicación en las construcciones, tal el caso de algunas de las dovelas de los arcos de acceso a la nave de la iglesia.

alpendres das edificações, adiciona-se uma ficha destinada a registrar esta informação. O mesmo procedimento se adota em relação aos blocos soltos ou aqueles que devem ser tirados provisoriamente do seu lugar. Neste caso, se trata da remoção temporária de blocos durante uma intervenção. Para facilitar sua futura relocação, a ficha tem informação sobre as particularidades de cada bloco e de sua posição relativa na estrutura, o que inclui dados sobre suas dimensões, localização, tamanho, características morfológicas, relevos decorativos, etc. No caso de blocos dispersos, o registro permite estabelecer relações entre diversos blocos, e eventualmente, viabilizar sua integração ao seu local de origem (ver: Ficha de Levantamento 3, no CD anexo).

Em San Ignacio Miní, como parte do inventario geral do sitio, se executou o levantamento dos blocos dispersos, que apresentavam decoração em, no mínimo, uma de suas faces. Se trataba de pouco

mais de trezentos blocos que, quanto o arquiteto Carlos Onetto interrompeu a restauração, em 1948, não haviam sido recolocados. Desde então estavam amontoados, formando vários montículos nos limites do sitio. Esta informação foi útil para formular hipóteses da localização nas construções, como no caso de algumas aduelas dos arcos de acesso à nave da igreja.

Relevamiento de sillares		
CIRA:	Ficha N°	
Parametro: S   E   D   S	Mirada: N   S   E   O	N° de Mampuestos: m
Características Cuantitativas		
Ancho (m):	Alto (m):	Profundidad (m):
Volumen (m³):	Peso (Kg):	Superficie de apoyo (m²):
Estado de Conservación		
Observaciones:		
Fecha de Desecho:	Relev.:	Control:

Figura 4: Ficha de relevamiento de sillares.

Figura 4. Ficha de levantamento de blocos.

## 5. Relevamiento fotográfico

La fotografía digital es una herramienta valiosa ya que, no solo permite visualizar la situación de las construcciones y su evolución a lo largo del tiempo, sino que sirve de base o fondo para dibujar las vistas de los muros.

El relevamiento fotográfico se realiza con una cámara digital de buena resolución, que permita:

- a) registrar con nitidez la información;
- b) realizar ampliaciones que faciliten la visualización de detalles, sin que las mismas se pixelen; y,
- c) controlar inmediatamente el resultado de la toma.

Hay equipos que tienen una función de toma panorámica que prevé la superposición de los bordes, que con un programa de montaje, permiten conformar una imagen única.

El registro fotográfico se realiza en conjunto con el relevamiento gráfico y complementa la información, no sólo en los aspectos morfológicos de la construcción, sino también en cuanto a su estado de conservación.

El relevamiento de una estructura extensa se realiza a partir de la conformación de mosaicos en los que se superponen las diferentes tomas. Esto se logra ubicando la cámara paralela al paramento a relevar, respetando la distancia y la altura establecidas. Ese eje de referencia se puede materializar en el terreno de manera sencilla, a través de un cordel de algodón o de una tanza



Figura 5. Toma correspondiente al relevamiento fotográfico de la Estructura A.1.O.

Figura 5. Captura correspondiente ao levantamento fotográfico da Estrutura A.1.O.

## 5. Levantamento fotográfico

A fotografia digital é uma valiosa ferramenta que permite visualizar a localização das construções e sua evolução no tempo. Além disso, serve de base para desenhar as elevações dos muros.

O levantamento fotográfico se realiza com uma câmera digital de boa resolução, que permita:

- a) registrar com nitidez a informação;
- b) realizar ampliações que facilitem a visualização de detalhes, sem que apareçam pixels; e,
- c) revisar imediatamente o resultado da foto.

Existem equipamentos que permitem capturas panorâmicas e que prevêem a superposição das bordas, que com um programa de tratamento, permitem formar uma imagem única.

O registro fotográfico se executa em conjunto com o levantamento gráfico e complementa a informação, não só dos aspectos morfológicos da construção, mas também quanto ao estado de conservação.

O levantamento de uma estrutura de grande extensão se executa a partir da conformação de mosaicos nos quais se superpõem as diferentes fotos. Isto se obtém colocando a câmera paralela ao paramento a levantar, respeitando a distância e a altura estabelecidas. Este eixo de referência se pode materializar no terreno de maneira simples, por meio de um cordão de algodão ou um fio de nylon, nivelado com o auxílio de um fio de prumo, colocado paralelo



de nylon, nivelados mediante el empleo de un nivel de hilo, colocado en paralelo al paramento del muro. La cámara se desplaza siguiendo el eje. Las tomas se hacen en forma sucesiva. Tanto la distancia al paramento como la altura se consignan en la ficha de relevamiento, la que contendrá toda información útil para repetir el mosaico, en el futuro (ver: Ficha de Relevamiento 1, en el CD anexo).

El límite de cada toma está dado por las escalas métricas gráficas que se colocan en los extremos, en coincidencia con los ejes verticales empleados en el relevamiento gráfico. Estas escalas permiten estimar las dimensiones de la estructura. Además, en primer plano, se muestra una pizarra donde se consignan: nombre del sitio, ubicación (localidad, provincia), función de la estructura (vivienda, taller, templo, etc.), designación de la estructuras y sector o grupo al que pertenece. Esto ayuda a mantener identificada la toma una vez archivada.

ao muro. A câmera se desloca ao longo do eixo. As fotos se tomam de maneira sucessiva. Tanto a distância até a estrutura como a altura se registram na ficha de levantamento, a qual conterà toda a informação necessária para permitir, no futuro, a repetição do mosaico (ver: Ficha de Levantamento 1, no CD anexo).

O limite de cada fotografia está definido pelas escalas métricas gráficas colocadas nas extremidades, em coincidência com os eixos verticais empregados no levantamento gráfico. Estas escalas permitem estimar as dimensões da estrutura. Além disso, em primeiro plano, se mostra uma tabuleta, onde se registram: nome do sítio, localização (localidade, estado), função da estrutura (casa, oficina, igreja, etc.), identificação da estrutura e setor ou grupo ao qual pertence. Esta informação serve a manter identificada a fotografia uma vez arquivada.



Figura 6. Tomas parciales de un muro en el proceso del montaje del mosaico fotográfico.

Figura 6. Capturas parciais de um muro no processo de montagem do mosaico fotográfico.

En gabinete, a partir de la información de los relevamientos gráfico y fotográfico, empleando un programa de diseño asistido por computadora se dibuja la vista de cada paramento. El plano se pone en escala a partir de:

- a) la información que brindan las escalas gráficas colocadas en los extremos de cada toma,
- b) considerando la distancia modular entre los ejes verticales o,
- c) tomando como referencia la longitud total del muro.

Em gabinete, a partir da informação dos levantamentos gráfico e fotográfico, empregando um programa informatizado de desenho, se monta a elevação de cada paramento. O plano se coloca em escala a partir de:

- a) a informação das escalas gráficas colocadas nos extremos de cada foto,
- b) considerando a distância modular entre os eixos verticais, ou,
- c) usando como referência a extensão total do muro.





Con la fotografía en la pantalla del monitor la imagen se “calca” obteniendo la vista en escala. De esta manera se evita tener que medir y dibujar al muro, mampuesto por mampuesto, durante el relevamiento en campo, ahorrando mucho tiempo.

Com a fotografia na tela do monitor, se “decalca” a imagem obtendo a elevação em escala. Desta maneira se evita ter que medir e desenhar o muro, bloco a bloco, durante o levantamento de campo, poupando muito tempo.

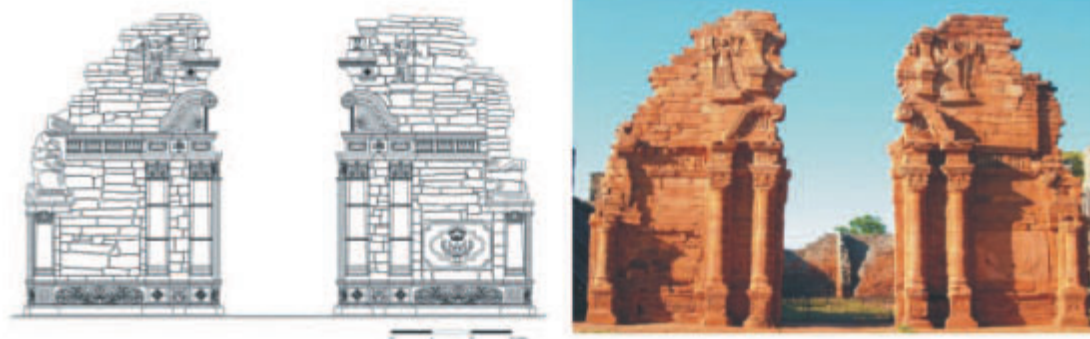


Figura 7. Fachada de la iglesia de San Ignacio Miní, dibujada a partir del mosaico fotográfico.

Figura 7. Fachada da igreja de San Ignacio Miní, desenhada a partir do mosaico fotográfico

## 6. El estado de conservación

El relevamiento de estado de conservación permite conocer la situación de las construcciones y sus componentes. En una primera fase lo más importante es detectar y registrar aquellos deterioros que entrañan riesgos graves para la estabilidad, integridad y seguridad de las mismas, es decir los de tipo estructural. Entre ellos podemos citar a los desplomes, los desplazamientos o caída de mampuestos, disgregación, derrumbes, fisuras, grietas, deslaves y descalces. Otro factor a tener en cuenta, por las implicancias derivadas de su crecimiento, es el de la vegetación invasiva, en especial cuando se trata de arbustos o árboles de gran porte que crecen sobre las estructuras o muy cerca de ellas.

El posterior análisis de la información de campo permite generar el “mapa” de riesgo del sitio. Éste tiene como objetivo establecer las prioridades de monitoreo e intervención de acuerdo al nivel de riesgo que presentan las estructuras. Para facilitar la visualización de la problemática del sitio, se colocan puntos o triángulos de advertencia en el lugar donde se presenta la falla a monitorear. Estos puntos tienen diferentes colores, de acuerdo al riesgo y, en consecuencia, a la urgencia de aten-

## 6. Estado de conservação

O levantamento do estado de conservação permite conhecer a situação das construções e seus componentes. Em uma primeira fase o mais importante é detectar e registrar as degradações que provocam riscos graves para a estabilidade, integridade e segurança das mesmas, ou seja, os de tipo estrutural. Entre eles podemos citar os desaprumos, deslocamentos ou queda de alvenarias, desagregação, desmontes, fissuras, fendas, deslizamentos. Outro fator a considerar, pelas implicâncias derivadas de seu crescimento é a vegetação invasiva, em especial quando se trata de arbustos ou árvores de grande porte que crescem sobre as estruturas ou muito perto delas.

A análise posterior da informação de campo permite gerar o “mapa” de risco do sítio. Isto tem como objetivo estabelecer as prioridades de monitoramento e intervenção de acordo com o nível de risco que apresentam as estruturas. Para facilitar a visualização da problemática do sítio, se colocam pontos ou triângulos de advertência nos lugares onde se apresenta a lacuna a monitorar. Estes pontos têm diferentes cores, de acordo com o risco e, como consequência, a urgência de atenção. As



ción. Los colores sugeridos son el rojo, el naranja y el amarillo. El rojo implica la necesidad de una atención inmediata, el naranja una supervisión inmediata que debe repetirse en una secuencia corta de tiempo (p.ej.: una vez al mes) y amarilla aquella que requiere supervisión a mediano plazo (p.ej.: una vez cada seis a doce meses). Solo se marcan los puntos que presentan un problema visible al momento del relevamiento.

Ahora bien. Este mapa debe ser dinámico, actualizando su contenido con cada supervisión de campo. Una falla corregida puede hacer que la indicación cambie de color o desaparezca. Pero con cada revisión, habrán de incorporarse aquellos puntos que habiendo estado estables en otro momento, comiencen a evidenciar problemas. Para ello es necesario que, como parte del plan de manejo del sitio, se fije una rutina de revisión de la totalidad de las estructuras en periodos de entre seis y doce meses. En esa revisión será de utilidad llevar al campo, en forma impresa, la documentación gráfica y fotográfica que de cuenta del estado de situación que presentaba ese componente o parte de la obra en oportunidad de las visitas anteriores.

Por otra parte, para que el monitoreo se haga con el mayor grado de certeza posible, se deberá disponer, en campo, de los elementos de evaluación que correspondan: testigos, puntos fijos, marcas de extensión, etc. es decir indicaciones que permitan repetir las mediciones en el mismo punto a través del tiempo. Su ubicación debe ser hecha de forma tal que, en lo posible, no tengan un impacto visual negativo sobre las cons-

cores sugeridas são o vermelho, o laranja e o amarelo. O vermelho implica na necessidade de uma atenção imediata, o laranja uma supervisão imediata que deve repetir-se em breve tempo (por exemplo, uma vez ao mês) e a amarela é aquela que requer vistoria em médio prazo (por exemplo, uma vez cada seis a doze meses). Somente se marcam os pontos que apresentam um problema visível no momento do levantamento.

Então vejamos. Este mapa deve ser dinâmico, atualizando seu conteúdo com cada vistoria de campo. Um problema corrigido pode fazer com que a indicação mude de cor ou desapareça. Mas em cada revisão, deverão ser incorporados os pontos que estavam estáveis em outro momento, mas comecem a evidenciar problemas. Para isto é necessário que, como parte do plano de gerenciamento do sítio, se estabeleça rotinas de inspeção do conjunto das estruturas em períodos de seis e doze meses. Nessa revisão será útil levar ao campo, em forma impressa, a documentação gráfica e fotográfica que dê conta do estado de conservação

que apresentava este componente ou parte da obra durante as visitas anteriores.

Por outra parte, para que o monitoramento se faça com o maior grau de certeza possível, se deverá dispor, em campo, dos elementos de avaliação necessários: testemunhos, pontos fixos, marcas de extensão, etc., ou seja, indicações que permitam repetir as medições de um mesmo ponto através do tempo. Sua localização deve ser feita de forma tal que, na medida do possível, não tenham impacto visual negativo sobre as cons-



Figura 8. Mapa de riesgo estructural de San Ignacio Miní. Las zonas en riesgo estructural están marcadas con puntos o líneas negras.

Figura 8. Mapa de risco estrutural de San Ignacio Miní. As zonas com risco estrutural estão marcadas com pontos ou linhas pretas.



trucciones. Ésta debe ser apuntada en las fichas de seguimiento, consignando los diferentes registros con la finalidad de advertir el momento crítico donde la estructura comienza a estar en riesgo. En las fichas es importante identificar los sectores críticos de forma tal que se visualicen rápidamente para facilitar su seguimiento en campo.

## 7. Registro de deterioros

Toda intervención sobre una construcción histórica requiere, tanto del reconocimiento de la materialidad constructiva, como de las alteraciones y deterioros que la afectan. Se parte de la premisa de que, un buen relevamiento de la información disponible en el objeto, es condición necesaria –aunque no suficiente– para alcanzar el éxito en la intervención.

El registro de deterioros puede realizarse a través de diferentes medios: fichas, planos, fotografías, etc. o la combinación de varios de ellos.

En el caso de San Ignacio Miní, los deterioros relevados fueron volcados a un plano de deterioros, empleando la fotografía digital como herramienta complementaria de registro. El plano constituye un material gráfico fundamental, que permite una lectura general de la situación del objeto en términos de su estado de conservación actual. Como se dijo en un comienzo, éste puede dibujarse a partir de las fotografías obtenidas en el relevamiento general del sitio.

Sobre el fondo de plano se desarrollan las acciones específicas de relevamiento y de registro, entre las que se incluyen: la revisión y ajuste del plano; la inspección de la construcción, elemento o sector; el reconocimiento y registro de los deterioros y el relevamiento fotográfico de apoyo.

La representación de los deterioros conviene hacerla a partir de adjudicar a cada uno de ellos un grafismo, con el que se lo representa sobre las vistas. Es necesario advertir que la escala en que se representa el plano es importante, ya que debe permitir una clara lectura de los grafismos correspondientes a los daños relevados. Pueden darse situaciones donde, para mantener la claridad del

trouções. Isto deve ser anotado nas fichas de acompanhamento, identificando os diferentes registros com a finalidade de advertir o momento crítico onde a estrutura começa a entrar em risco. Nas fichas é importante identificar os setores críticos de forma tal que se visualizem rapidamente para facilitar seu acompanhamento em campo.

## 7. Registro da degradação

Toda intervenção sobre uma construção histórica requer, tanto o reconhecimento da materialidade construtiva, como das alterações e degradações que a afetam. Parte-se da premissa de que, um bom levantamento da informação disponível no objeto, é condição necessária – ainda que não suficiente – para alcançar o êxito na intervenção.

O registro das degradações pode ser feito por diferentes meios: fichas, plantas, fotografias, etc., ou por vários deles.

No caso de San Ignacio Miní, as degradações levantadas foram registradas em um plano de deteriorações, empregando a fotografia digital como ferramenta complementar de registro. O plano constitui um material gráfico fundamental, que permite uma leitura geral da situação do objeto em termos de seu estado de conservação atual. Como se disse no início, este se pode desenhar a partir das fotografias obtidas no levantamento geral do sítio.

Sobre o fundo do plano se desenvolvem as ações específicas de levantamento e de registro, entre as quais se incluem: a revisão e ajuste do plano; a vistoria da construção, elemento ou setor; o reconhecimento e registro das degradações e o levantamento fotográfico de apoio.

É conveniente definir um grafismo para representar as degradações, e aplicá-los sobre as elevações. É necessário advertir que a escala em que se representa o plano é importante, uma vez que deve permitir uma clara leitura dos grafismos correspondentes aos danos levantados. Podem ocorrer situações onde, para manter a clareza do registro, a representação de determinado fenô-



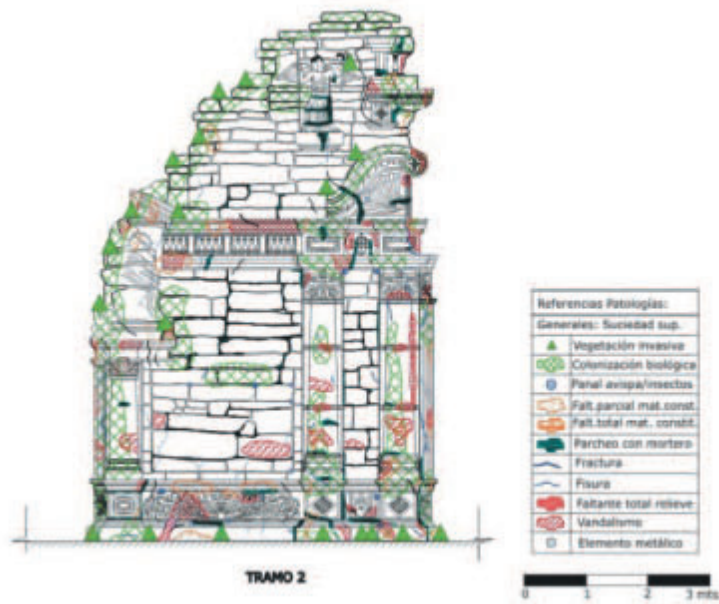


Figura 9. Relevamiento de deterioros de la Portada Principal de la Iglesia de San Ignacio Miní.

Figura 9. Levantamento de patologias da Portada Principal da Igreja de San Ignacio Miní.

registro, la representación de determinado fenómeno (p.ej.: desplomes) deba recurrirse a otro medio o elemento gráfico, que facilite el monitoreo de dichas fallas en el futuro. Así, en la portada de la iglesia de San Ignacio Miní cada uno de los desplomes relevados fue numerado. Por su parte, se elaboró un cuadro en el que se detalló el punto registrado, la altura respecto del nivel de piso desde la cual se efectuó la medición y la distancia existente entre el plano de referencia, es decir el del plano correspondiente al paramento original y el plano actual. La comparación entre ambos da cuenta del desplazamiento vertical ocurrido. Un trabajo similar se hizo para registrar el deterioro sufrido por algunos mampuestos decorados que forman parte de las figuras de los ángeles del remate de la fachada de la iglesia.

En estos casos, como registro complementario se realizó el relevamiento fotográfico, documentando cada uno de los deterioros encontrados. Para el registro, se emplearon pequeñas escalas métricas, de modo de contar con una rápida referencia de las dimensiones de los daños registrados.

menor (por ejemplo, desaprumos) se deva recorrer a otro medio o elemento gráfico que facilite o monitoreo dos referidos problemas no futuro. Assim, na frontaria da igreja de San Ignacio Miní, cada desaprumo levantado foi numerado. Da mesma forma, se elaborou um quadro no qual se detalhou o ponto registrado, a altura em relação ao nível do piso onde se efetuou a medição e a distância entre o plano de referência, ou seja, a do plano correspondente ao paramento original em relação ao plano atual. A comparação entre ambos registra o deslocamento vertical ocorrido. Um trabalho similar se fez para registrar a deterioração sofrida por alguns blocos decorados que fazem parte das figuras dos anjos do acabamento da fachada da igreja.

Nestes casos, como registro complementar se realizou o levantamento fotográfico, documentando cada uma das degradações encontradas. Para o registro, se empregaram pequenas escalas métricas, de modo a contar com uma rápida referência das dimensões dos danos registrados.



## 8. Los archivos de información

Uno de los problemas fundamentales para facilitar la futura consulta de la información es el modo en que se sistematizan y se organizan los archivos magnéticos. En este sentido, se sugiere que cada construcción disponga de una carpeta cuya identificación refiera a la designación alfanumérica, que le fue asignada. Es recomendable dividir, a su vez, la información en envolvente exterior y los recintos interiores.

La subcarpeta de la envolvente exterior contendrá, por separado, el relevamiento arquitectónico con la ficha de registro de campo y el relevamiento fotográfico, clasificados de acuerdo a la orientación de los muros. La que corresponde a los recintos interiores, se compondrá de tantas subcarpetas, como recintos tenga la construcción. Cada una de ellas estará conformada por la información del relevamiento arquitectónico, del estado de conservación y del relevamiento fotográfico.

En cualquier caso, el ordenamiento a adoptar debe permitir la rápida localización y fácil visualización de la información.

De más está decir que es imprescindible que esta documentación se proteja y se guarde en más de un medio de almacenamiento digital (disco rígido, CD, DVD) y en diferentes lugares, para evitar pérdidas de información.

## 9. Consideraciones finales

En el caso particular de San Ignacio Miní, la aplicación de la metodología de relevamiento arquitectónico presentada, permitió actualizar la planta del sitio, completándola con los alzados y fotografías de cada estructura. Se logró así, una lectura general, de la situación existente en el antiguo poblado jesuítico, en un momento histórico dado (febrero-marzo de 2006).

Hasta entonces, el sitio aparecía siempre representado en planta, lo que limitaba la lectura a dos dimensiones: ancho y largo. En estas representaciones estaba ausente la altura. Sumar esta dimen-

## 8. Os arquivos de informação

Um dos problemas fundamentais para facilitar a futura consulta da informação é o modo em que se sistematizam e se organizam os arquivos magnéticos. Neste sentido, se sugere que cada construção disponha de uma pasta cuja identificação se refira à denominação alfanumérica, que lhe foi definida. É recomendável dividir, por sua vez, a informação sobre os paramentos exteriores e os recintos interiores.

A pasta referente aos paramentos exteriores conterá, por separado, o levantamento arquitetônico com a ficha de registro de campo e o levantamento fotográfico, classificados de acordo com a orientação dos muros. A que corresponde aos recintos interiores, se compondrá de tantas pastas, quantos forem os cômodos da construção. Cada uma delas estará conformada pela informação do levantamento arquitetônico, do estado de conservação e do levantamento fotográfico.

Em qualquer caso, a organização a ser adotada deve permitir a rápida localização e fácil visualização da informação.

Desnecessário dizer que é imprescindível que esta documentação seja protegida e se archive em mais de um meio de armazenamento digital (disco rígido, CD, DVD) e em diferentes lugares, para evitar perdas de informação.

## 9. Considerações finais

No caso particular de San Ignacio Miní, a aplicação da metodologia de levantamento arquitetônico apresentada, permitiu atualizar a planta do sítio, complementando-a com as elevações e fotografias de cada estrutura. Conseguiu-se assim, uma leitura geral da situação existente no antigo povoado jesuítico, em um momento histórico dado (fevereiro-março de 2006).

Até então, o sítio aparecia sempre representado em planta, o que limitava a leitura a duas dimensões: comprimento e largura. Nestas representações estava ausente a altura. Somar esta dimensão



sión permitió establecer que la representación en planta de ciertas estructuras era, en cierto modo, hipotética, ya que se trata de edificaciones de las que solo quedan vestigios enterrados.

En lo que refiere a los sillares dispersos, la tarea emprendida permitió registrar un total de trescientos veintitrés mampuestos con relieves decorativos, distribuidos en once montículos. Con esa información se establecieron correlaciones entre sillares, permitiendo que una pieza faltante en el Portal Este de la iglesia, fuera reintegrada. Al mismo tiempo fueron recuperadas piezas ornamentales que formaban las ventanas hexagonales, circulares y cuadradas, ubicadas en la parte alta de los muros de la Casa de los Padres, sobre la Galería. También se localizaron algunos de los sillares decorados que pertenecieron a las jambas de los aventanamientos del muro lateral Este de la iglesia y otros que formaban parte del muro lindante con la Sacristía, en el interior de la nave.

En cuanto al estado de conservación del sitio, el trabajo en campo permitió detectar áreas que, por su situación, requerían de urgentes acciones de consolidación tendientes a evitar, básicamente, nuevos derrumbes. Cabe citar que, hasta el momento del relevamiento, no existía información sistematizada sobre el punto.

A mediano y largo plazo, el registro sistemático de la información permitirá establecer estudios comparativos, que contrasten tanto la evolución del deterioro, como la efectividad de las acciones de conservación implementadas.

Por último, cabe señalar que la forma en que se trabajó, permitió alcanzar un resultado óptimo con los recursos económicos y el tiempo empleado, dejando una herramienta de aproximación al sitio que permitirá orientar las acciones de manejo y de mantenimiento, que tiene a cargo del Programa Misiones Jesuíticas, del Gobierno de la Provincia de Misiones.

permitiu estabelecer que a representação em planta de certas estruturas era, de certo modo, hipotética, uma vez que se trata de edificações das quais somente restam vestígios enterrados.

No que se refere aos blocos dispersos, o esforço empreendido permitiu registrar um total de trezentos e vinte e três blocos com relevos decorativos distribuídos em onze montículos. Com esta informação se estabeleceram correlações entre blocos, permitindo que uma peça que faltava no Portal Leste da igreja, fosse reintegrada. Ao mesmo tempo foram recuperadas peças ornamentais que formavam as janelas hexagonais, circulares e quadradas, localizadas na parte superior das paredes da Casa dos Padres, sobre o Alpendre. Também se localizaram alguns dos blocos decorados que integravam as ombreiras dos vãos do muro lateral Leste da igreja e outros que formavam parte do muro lindeiro à Sacristia, no interior da nave.

No que se refere ao estado de conservação do sítio, o trabalho de campo permitiu detectar áreas que, por sua situação, requeriam ações urgentes de consolidação no sentido de evitar, basicamente, novos desabamentos. Cabe citar que, até o momento do levantamento, não existia informação sistematizada sobre o ponto.

A médio e longo prazo, o registro sistemático da informação permitirá estabelecer estudos comparativos, que confrontem tanto a evolução da degradação, como a eficácia das ações de conservação implementadas.

Por último, cabe assinalar que a forma como se trabalhou, permitiu alcançar um resultado ótimo com os recursos econômicos e o tempo empregado, deixando uma ferramenta de abordagem do sítio que permitirá orientar as ações de gerenciamento e de manutenção que estão a cargo do Programa Missões Jesuíticas, do Governo da Província de Misiones.



### 3. PRINCIPALES MATERIALES UTILIZADOS EN LAS MISIONES JESUÍTICAS DE LOS GUARANÍES

A. Elena Charola y Marcelo L. Magadán

#### 1. Piedras

La arenisca está formada por granos de arena (cuarzo) cementados por un material que puede ser silíceo, arcilloso y ferruginoso (óxidos de hierro). La coloración más o menos roja se debe a la presencia de estos óxidos.

El asperón rojo de Misiones, puede presentarse en diferentes variedades. Si la matriz es silíceo, se denomina una “cuarcita” y presenta una fractura concooidal.

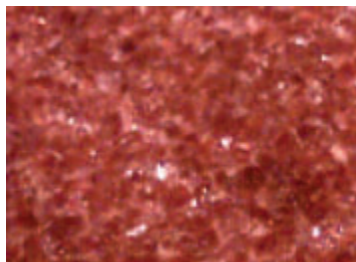


Fig. 1 (izq). Vista magnificada (60x) de una superficie de fractura de la cuarcita.

*Vista ampliada (60x) de una superficie de fractura do quartzito.*

La arenisca maciza, localmente llamada masiva, no tiene su cemento tan cristalizado y por lo tanto no presenta una fractura concooidal. Además el cemento contiene mayores proporciones de óxidos de hierro y arcillas. Nótese la diferencia entre las fotos de izquierda y derecha (Fig.1). En la cuarcita (izq.) no se notan los granos de arena pues el cemento es tan duro como ellos y los granos se fracturan. En la arenisca maciza, el cemento es mucho más blando y se fractura dejando los granos de arena intactos.

La arenisca llamada laja tiene una mayor proporción de arcillas, generalmente acumuladas en vetas paralelas, por lo que tiene tendencia a separarse a lo largo de estas vetas formando las “lajas”.

La piedra Itacurú, *hierro de los pantanos*, se origina en pantanos, posiblemente mediante la acción de micro-

### 3. PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS NAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS GUARANI

A. Elena Charola e Marcelo L. Magadán

#### 1. Pedras

O arenito é formado por grãos de areia (quartzo) cimentados por um material que pode ser silíceo, argiloso e ferruginoso (óxidos de ferro). A coloração mais ou menos vermelha se deve à presença destes óxidos.

O arenito rosa das Missões pode apresentar-se sob diferentes variedades. Se a matriz é silíceo, se denomina um “quartzito”, e apresenta uma fratura concooidal.

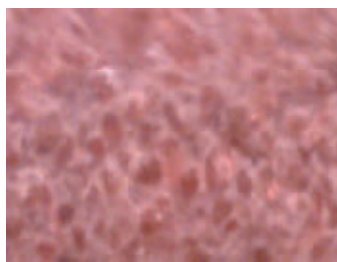


Fig. 1 (der). Vista magnificada (60x) de una superficie de fractura del asperón macizo.

*Vista ampliada (60x) de una superficie de fractura do arenito compacto.*

O arenito de estrutura compacta não tem o seu cimento tão cristalizado, por isso não tem fratura concooidal. Além disso, o cimento contém maiores proporções de óxidos de ferro e argilas. Veja-se a diferença entre as fotos da esquerda e direita (Fig.1). No quartzito (esq.) não se notam os grãos de areia, pois o cimento é tão duro como eles e os grãos se fraturam. No arenito compacto, o cimento é muito mais mole e se fractura deixando os grãos de areia intactos.

O arenito de estrutura laminar possui uma proporção maior de argilas, geralmente acumuladas em veios paralelos, razão pela qual tem a tendência de separar-se ao longo destes veios, formando lajes.

A pedra Itacuru -*ferro dos pântanos*- origina-se em áreas pantanosas, possivelmente por ação de microorganismos. É constituída por oólitos de



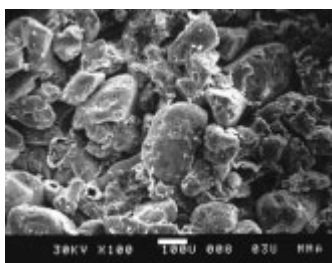


Fig. 2 (izq). Vista en microscopio de barrido electrónico (MEB) del asperón macizo. Se ven los granos de arena recubiertos con óxidos de hierro (hematita) y arcillas ferruginosas (100x).

*Vista em microscópio eletrônico de varredura (MEV) do arenito compacto. Observam-se os grãos de areia recobertos com óxidos de ferro (hematita) e argilas ferruginosas (100x)*

organismos. Está constituida por oolitas de óxidos de hierro (hematita-goethita) y granos de cuarzo.

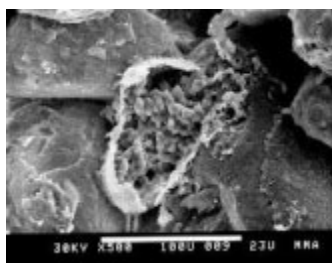


Fig. 2 (der). Detalle a mayor magnificación de un nódulo de hematita de la foto izquierda (500x).

*Detalhe ampliado de um nódulo de hematita da foto à esquerda (500x).*

óxidos de ferro (hematita-goethita) e grãos de quartzo.



Fig. 3 (izq). Vista magnificada (60x) de una superficie expuesta del Itacurú.

*Vista ampliada (60x) de uma superfície exposta do Itacuru.*



Fig. 3 (der). Vista magnificada (60x) de una superficie de corte.

*Vista ampliada (60x) de uma superfície de corte.*

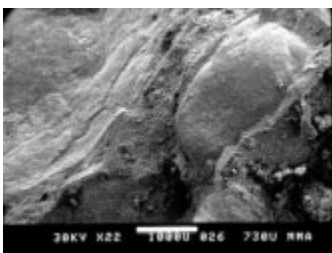


Fig. 4 (izq). Vista en MEB de una oolita de óxidos de hierro en el itacurú (22x).

*Vista em MEV de um oólito de óxidos de ferro no itacuru (22x).*

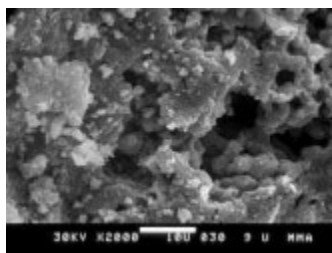


Fig. 4 (der). Detalle a mayor magnificación de la microestructura de la hematita (2000x).

*Detalhe ampliado da microestrutura da hematita (2000x).*

En muchos de los mampuestos, tanto de arenisca como del itacurú, usados en las construcciones de las Misiones, se puede observar una pátina negra, más o menos brillante, que se forma por intemperismo natural. La pátina resulta de la migración hacia la superficie de iones hierro y manganeso

Em muitas das alvenarias, tanto de arenito como de itacuru, usados nas construções das Missões, pode-se observar uma pátina negra, mais ou menos brilhante, que se forma naturalmente pelo intemperismo. A pátina resulta da migração para a superfície de íons de ferro e manganês presentes





presentes en las piedras, posiblemente con ayuda de micro-organismos, formando una película de óxidos metálicos de hierro o manganeso, tales como la hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) o la pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ).



A veces, la pátina no es tan brillante, como en los ejemplos de mampuestos de asperón o itacurú en San Ignacio Miní, Argentina.

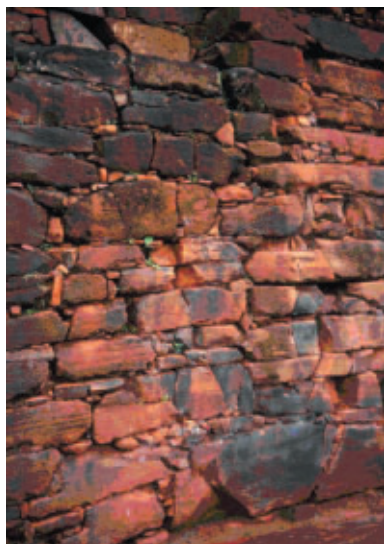


Fig. 6 (izq). Pátina negra. Mampuestos de asperón, San Ignacio Miní, Argentina. Nótese que la pátina es más brillante en la parte inferior del muro donde generalmente hay más humedad.

*Pátina negra. Alvenarias de arenito, San Ignacio Miní, Argentina. Verifique-se que a pátina é mais brilhante na parte inferior do muro onde existe maior umidade.*

nas pedras, possivelmente com ajuda de microorganismos, formando uma película de óxidos metálicos de ferro ou de manganês, tais como a hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ou a pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ).



Fig. 5 (izq). Pátina negra brillante en el asperón rojo de la puerta del lado del Evangelio de la iglesia de São Miguel, Brasil. Se hace notar que esta pátina negra está más desarrollada en zonas con mayor humedad.

*Pátina negra brilhante no arenito rosa da porta do lado Evangelho da Igreja de São Miguel, Brasil. Verifica-se que a pátina negra está mais desenvolvida em zonas de maior umidade.*

Fig. 5 (der). Detalle de una de las manchas laterales.

Às vezes, a pátina não é tão brilhante, como nos exemplos de alvenarias de arenito ou de itacuru em San Ignacio Miní, Argentina.



Fig. 6 (der). Pátina negra. Mampuestos de itacurú, San Ignacio Miní.

*Pátina negra. Alvenarias de itacurú, San Ignacio Miní.*



Estas pátinas, vistas bajo un microscopio electrónico, presentan una superficie lisa, a veces más granular.

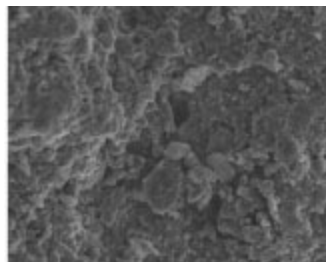


Fig. 7 (izq). Vista en MEB de la pátina negra brillante de São Miguel, Brasil (magnificación 1000x).  
*Vista em MEB da pátina negra brilhante de São Miguel, Brasil (ampliação 1000x).*

Estas pátinas, vistas em um microscópio eletrônico, apresentam uma superfície lisa, às vezes mais granular.

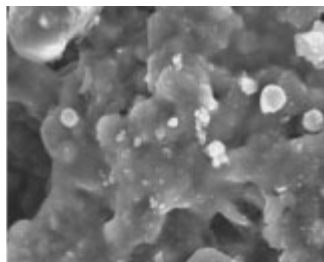


Fig. 7 (der). Detalle de la foto izquierda mostrando el aspecto típico de óxidos metálicos (magnificación 5000x).  
*Detalhe da foto à esquerda mostrando o aspecto típico dos óxidos metálicos (ampliação 5000x).*

El aspecto granular de la pátina de São Miguel es típico de óxidos metálicos, mientras que la de San Ignacio presenta fracturas en la superficie de un biofilm confirmando la contribución biológica en la formación de la pátina.

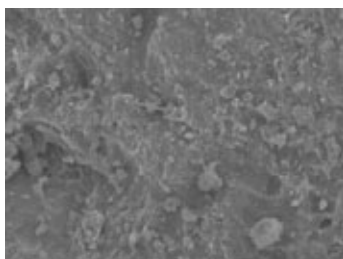


Fig. 8 (izq). Vista en MEB de la pátina negra opaca de San Ignacio Miní, Argentina (magnificación 1000x).  
*Vista em MEB da pátina negra opaca de San Ignacio Miní Argentina (ampliação 1000x).*

O aspecto granular da pátina de São Miguel é típico dos óxidos metálicos, enquanto que a de San Ignacio apresenta fraturas na superfície de um biofilme, confirmando a contribuição biológica na formação da pátina.

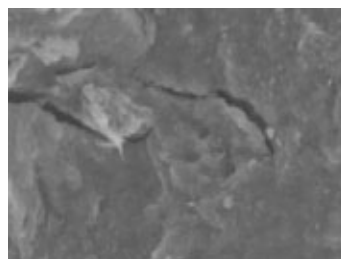


Fig. 8 (der). Detalle de la foto izquierda mostrando unas fracturas en un biofilm (magnificación 5000x).  
*Detalhe da foto esquerda mostrando fraturas em um biofilme (ampliação 5000x).*

Otro de los deterioros típicos en las misiones es el que resulta por la acción del fuego, ilustrado en las fotos siguientes de la misión de Santa Ana, Argentina.

En los incendios, las columnas de madera portantes del techo fueron ardiendo y por su localización en un nicho de la mampostería, deterioraron los mampuestos que presentan un aspecto redondeado, debido a la fractura concoidal que sufren las piedras por el intenso efecto del calor.

Outra das deteriorações típicas das missões é a que resulta da ação do fogo, ilustrado nas imagens seguintes da missão de Santa Ana, Argentina.

Nos incêndios, as colunas de madeira portantes da cobertura entraram em combustão e, por sua localização em um nicho na alvenaria, deterioraram os blocos, que apresentam um aspecto arredondado, devido à fratura concoidal (esferoidal) que sofrem as pedras pelo intenso efeito do calor.





Fig. 9 (izq). Fracturas por incendio de columnas de madera en Santa Ana, Argentina.

*Fraturas por incêndio de colunas de madeira em Santa Ana, Argentina.*

## 2. Otros Materiales en las Misiones

La información que se presenta a continuación es básica y general de los materiales pues aún se ha de realizar un estudio que compilando toda la información de archivos y documentos también integre los resultados de análisis científicos de los diversos restos de materiales que todavía se encuentran en las varias Misiones.

### 2.1 Madera

De acuerdo a la información histórica, sabemos que la madera en la arquitectura de las Misiones fue utilizada con fines estructurales y para la construcción de cerramientos, tales como ventanas y puertas.

Estructuralmente hablando, en madera se ejecutaron las columnas que soportaban los techos, así como las vigas y demás elementos que los conformaban. También en madera se resolvieron los dinteles de las aberturas.

De acuerdo a los textos históricos sabemos que la madera más utilizada es la de Urunday (*Astronium balansae*). Sería necesario realizar una identificación en campo de los restos originales subsistentes a fin de contrastar y ampliar esta información.



Fig. 9 (der). Detalle mostrando la fractura concoidal de los bloques de asperón.

*Detalhe mostrando a fratura concoidal dos blocos do arenito.*

## 2. Outros Materiais nas Missões

A informação que se apresenta a seguir é básica e genérica sobre os materiais, pois ainda se deve realizar um estudo que, compilando toda a informação de arquivos e documentos, também integre os resultados das análises científicas dos diversos remanescentes materiais que ainda se encontram nas várias Missões.

### 2.1 Madeira

De acordo com a informação histórica, sabemos que a madeira foi utilizada na arquitetura das Missões com fins estruturais e para a construção de fechamento de vãos, como janelas e portas.

Estruturalmente falando, se executavam em madeira as colunas que suportavam os telhados, assim como as vigas e todos os elementos que os conformavam. Também em madeira se executavam as vergas das aberturas.

De acordo com os textos históricos, sabemos que a madeira mais utilizada é a de Urunday – Pau ferro (*Astronium balansae*). Seria necessário realizar uma identificação em campo dos remanescentes originais subsistentes, a fim de comparar e ampliar esta informação.





Fig. 10 - Dintel de la restauración realizada por el Arqto. Carlos Onetto entre 1940 y 1948. San Ignacio Miní, Argentina.  
*Verga da restauração realizada pelo Arq. Carlos Onetto nos anos 1940 e 1948. San Ignacio Miní, Argentina.*



Fig. 11 - Dintel a punto de colapsar por el deterioro de la madera. San Ignacio Miní.  
*Verga em risco de colapso pela deterioração da madeira. San Ignacio Miní.*



Fig. 12 - Columna esquinera perteneciente a una de las "casas de indios". Santísima Trinidad, Paraguay.  
*Coluna do cunhal de uma das "casa de indios". Santísima Trinidad, Paraguai.*

## 2.2 Adobe

El adobe se prepara, en términos generales, en base a una mezcla de arcilla, limo y arena. Dependiendo de la consistencia de la mezcla, se puede adicionar grava fina y fibras vegetales y/o animales, tales como paja, crin de caballo, etc.

La clasificación de un suelo de granulometría fina como suelo arcilloso o como suelo limoso no se basa exclusivamente en el tamaño de sus partículas sino que toma en cuenta la plasticidad del material. Un suelo arcilloso mezclado con agua es plástico dentro de un amplio rango de contenido de agua. No es así con un suelo limoso. La diferencia de comportamiento se debe a la composición mineralógica y la forma de las partículas que lo componen.

Se dice que un suelo es plástico cuando su mezcla con agua se puede moldear, remodelar o deformar sin agrietarse, romperse o cambiar de volumen, manteniendo la forma moldeada. Las arcillas son frecuentemente "pegajosas". Una vez seco el producto tiene buena resistencia.

## 2.2 Adobe

O adobe se prepara basicamente misturando argila, lama e areia. Dependadendo da consistência da mistura, pode-se adicionar cascalho fino e fibras vegetais e/ou animais, tais como palha, crina de cavalo, etc.

A classificação de um solo de granulometria fina como solo argiloso ou lamacento não se baseia exclusivamente no tamanho de suas partículas, mas também na plasticidade do material. Um solo argiloso misturado com água é plástico, dentro de uma ampla escala de conteúdo de água. Não ocorre o mesmo com um solo lamacento. A diferença de comportamento se deve à composição mineralógica e à forma das partículas que o compõem.

Diz-se que um solo é plástico quando sua mistura com água se pode modelar, remodelar ou deformar sem rachar, romper ou mudar de volume, mantendo-se a forma modelada. As argilas são frequentemente "pegajosas". Uma vez seco, o produto tem boa resistência.



Localmente esta mezcla se denomina “ñauí” y fue utilizada en varias construcciones en Santa Ana, así como de mortero en San Ignacio Miní.

Na área das Missões, esta mistura se denomina “ñauí” e foi utilizado em várias construções em Santa Ana, assim como nas argamassas em San Ignacio Miní.

Partículas	Tamaño/Tamanho [mm]
Roca/Rocha	>256
Cantos/Seixos	256 - 64
Grava gruesa (guijarro)/Cascalho grosso	64 - 20
Grava fina/Cascalho fino (brita)	20 - 2
Arena gruesa/Areia grossa	2 - 0,6
Arena fina/Areia fina	0,2 - 0,06
Limo/Lama	0,06 - 0,02
Arcilla/Argila	< 0,02

Tabla 1. Clasificación granulométrica de suelos.

Tabela 1. Classificação granulométrica de solos.

El limo, así como las arenas y las gravas, está formado por partículas muy pequeñas de rocas desintegradas. Por lo tanto, estas minúsculas partículas tienen la misma forma y composición de arenas y gravas y no son plásticas.

Las arcillas son minerales formados por la intemperización de varias rocas tales como lavas, tobas, granitos, gneiss, esquistos, etc. Los cristales de las arcillas tienen forma plana, pseudo-hexagonal y son muy pequeños (<2 µm). Debido a la configuración molecular de los cristales, foliada en láminas alternadas de sílice (SiO<sub>2</sub>) y alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), las caras de estas laminillas tienen cargas negativas en las caras mientras los bordes quedan con carga positiva. El minúsculo tamaño de estos cristales resulta en una alta superficie específica, es decir la razón entre área y masa de la partícula, por lo que las cargas localizadas en la superficie tienen un gran efecto sobre el comportamiento de las partículas entre sí y el agua, que se evidencia en la plasticidad de la mezcla.

El principal factor de deterioro es el agua, siendo importante tener en cuenta que la altura aproximada de ascenso capilar es inversamente propor-

A lama, assim como as areias e os cascalhos, é formada por partículas muito pequenas de rochas desintegradas. Portanto, estas minúsculas partículas têm a mesma forma e composição de areias e cascalhos, e não são plásticas.

As argilas são minerais formados pelo intemperismo de várias rochas como lavas, tobas, granitos, gneiss, esquistos, etc. Os cristais das argilas têm forma plana, pseudo-hexagonal e são muito pequenas (<2 µm). Debido a configuração molecular dos cristais, folheada em lâminas alternadas de sílice (SiO<sub>2</sub>) e alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), as faces destas lamínulas têm cargas negativas, enquanto que as bordas têm cargas positivas. O tamanho minúsculo destes cristais resulta numa superfície específica alta, ou seja, a relação entre a área e a massa da partícula, o que faz com que as cargas localizadas na superfície tenham um grande efeito sobre o comportamento das partículas entre si e com a água, o que se evidencia na plasticidade da mistura.

O principal fator de deterioração é a água, sendo importante considerar que a altura aproximada de ascensão capilar é inversamente proporcional ao



cional al radio promedio de los capilares. La Tabla 2 da los valores aproximados de ascenso capilar para distintos tipos de suelos.

raio médio dos vasos capilares. A Tabela 2 dá os valores aproximados de ascensão capilar para diferentes tipos de solos.

Tipo de suelo Tipo de solo	Ascenso capilar: altura aproximada Ascensão capilar: altura aproximada
Grava fina/Cascalho fino (brita)	2 - 10 cm
Arena gruesa/Areia grossa	15 cm
Arena fina/Areia fina	30 - 100 cm
Limo/Lama	100 - 1000 cm

Tabla 2. Ascenso capilar aproximado para diferentes suelos

*Tabela 2. Ascensão capilar aproximada em diferentes solos.*

La presencia del agua facilita el transporte de sales solubles así como el desarrollo de la colonización biológica. Los mecanismos de deterioro son similares a los descritos en el siguiente capítulo (Capítulo 4).

A presença da água facilita o transporte de sais solúveis, assim como o desenvolvimento da colonização biológica. Os mecanismos de deterioração são similares aos descritos no próximo capítulo (Capítulo 4).



Fig. 13 izq. Restos de muros de adobe existentes en la Misión de Jesús de Taravangüe, Paraguay. Se ve el típico deterioro de la estructura por exposición a la lluvia.

*Remanescentes de muros de adobe na Missão de Jesus de Taravangüe, Paraguai. Deterioração típica da estrutura pela exposição à chuva*



Fig. 13 der. Detalle mostrando el interior del muro y la colonización biológica que acelera el deterioro.

*Detalhe mostrando o interior do muro e a colonização biológica que acelera a deterioração.*



## 2.3 Cerámicas

Se usaron cerámicas lisas o decoradas en los pisos de varias de las misiones así como tejas para algunos techados. La preparación de estas cerámicas se puede dividir en tres etapas:

- 1) moldeado en baldosas o tejas de una mezcla de arcilla, arena y agua;
- 2) secado de las baldosas o tejas;
- 3) cocción de las baldosas o tejas en hornos.

La mezcla de arcilla y agua provee la plasticidad necesaria para moldear el objeto. Al evaporar el agua, la arcilla contrae, por lo cual se agrega un inerte, tal como la arena, en la mezcla original para evitar una contracción excesiva y la formación de grietas. La cocción del objeto, que posiblemente no fue superior a los 500°C, elimina totalmente cualquier resto de agua lo que hace que la cerámica no se vuelva a “disolver” en presencia del agua.



Fig. 14. Tejas originales en la Misión de Jesús de Taravangüe, Paraguay.

*Telhas originaís na Missão de Jesus de Taravangüe, Paraguai.*

## 2.3 Cerâmicas

Foram utilizadas cerâmicas lisas ou decoradas nos pisos de várias das Missões, assim como telhas para algumas coberturas. A preparação destas cerâmicas pode ser dividida em três etapas:

- 1) modelagem de lajotas ou telhas com uma mistura de argila, areia e água;
- 2) secagem das lajotas ou telhas;
- 3) queima das lajotas ou telhas em fornos.

A mistura da argila com água dá a plasticidade necessária para modelar o objeto. Ao evaporar a água, a argila se contrai, motivo pelo qual se agrega um material inerte, como a areia, na mistura original para evitar uma contração excessiva e a formação de gretas. A queima do objeto, em temperatura que provavelmente não foi superior a 500°C, elimina totalmente qualquer resto de água, o que faz com que a cerâmica não volte a “dissolver-se” na presença da água.



Fig. 15. Detalle de un piso cerámico en la Misión de la Santísima Trinidad, donde se utilizaron cerámicas comunes con cerámicas vidriadas azules.

*Detalhe de piso cerâmico na Missão de la Santísima Trinidad, composto de cerâmicas comuns com peças vitrificadas azuis.*



Fig. 16. Detalle de uno de los ladrillones diseñados del piso de la iglesia en la Misión de la Santísima Trinidad.

*Detalhe de uma das lajotas com desenhos do piso da igreja na Missão da Santísima Trinidad.*



La calidad del producto terminado depende del tipo de arcilla utilizado en su preparación, del cuidado durante la misma y del tiempo y temperatura de cocción. El tiempo de cocción debe ser suficiente para asegurar que la masa cocida sea uniforme en todo su espesor.

A pesar de que las cerámicas son mucho más resistentes al agua que el adobe, –razón por la cual se utilizan para recubrir pisos y techos–, expuestas a la intemperie por siglos y con la colonización biológica de algas y musgos en su superficie y de hierbas entre ellas, estos materiales comienzan a disgregarse como lo hacen las mismas rocas. La solución a este problema se discute en el capítulo de tratamientos (Capítulo 6).



Fig. 17 (izq). Detalle del piso de cerámica en una sala de la Casa de los Padres donde se ve la decoración en bajo relieve de estas baldosas, ya colonizadas por algas en superficie y por invasión de hierbas entre ellas. San Ignacio Miní, Argentina (2002).

*Detalhe de piso cerâmico em uma sala da Casa dos Padres onde se verifica a decoração em baixo relevo destas lajotas, que já estão colonizadas por algas nas superfícies e por invasão de ervas entre elas. San Ignacio Miní, Argentina (2002).*

A qualidade do produto depende do tipo de argila utilizada na sua elaboração, do cuidado durante a preparação e do tempo e temperatura da queima. O tempo de queima deve ser suficiente para assegurar que a massa seja uniforme em toda sua espessura.

Apesar de que as cerâmicas são muito mais resistentes à água que o adobe, – motivo pelo qual são utilizadas para cobrir pisos e telhados –, expostas à intempérie por séculos e com a colonização biológica de algas e musgos em sua superfície e de vegetação entre elas, estes materiais começam a desagregar-se da mesma forma que se decompõem as rochas. As soluções para estes problemas serão apresentadas no capítulo de tratamentos (Capítulo 6).



Fig. 17 (dir). Detalle del aspecto final de unas de las cerámicas del mismo sitio durante su limpieza y consolidación llevada a cabo en el Curso (2004).

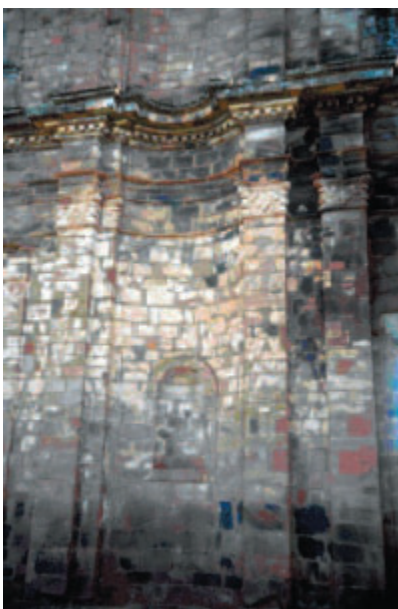
*Detalhe do aspecto final de uma das lajotas do mesmo sítio durante a limpeza e consolidação executada no Curso (2004).*





## 2.4 Revestimientos

En algunas iglesias, como la de Jesús de Taravangüe, Paraguay, y el portal de San Ignacio Miní, Argentina, se han encontrado vestigios de revoques de cal aérea. En la de São Miguel, Brasil, quedan restos de la aplicación de un enlucido a base de tierra clara, localmente llamado Tabatinga.



## 2.4 Acabamentos

Em algumas igrejas, tais como a de Jesús de Taravangüe, Paraguay, e no portal de San Ignacio Miní, Argentina, encontram-se restos de rebocos de cal aérea. Na de São Miguel, Brasil, encontram-se restos de um acabamento de terra clara, localmente denominado Tabatinga.

Fig. 18. Detalle de la fachada de la iglesia de São Miguel, Brasil, con restos de revestimiento original, localmente llamado Tabatinga, en las áreas más protegidas del agua.

*Detalhe da fachada da igreja de São Miguel, Brasil, com remanescentes de acabamentos originais, denominados Tabatinga, nas zonas mais protegidas da água.*



## 4. FACTORES DE DETERIORO DE LOS MATERIALES POROSOS INORGÁNICOS

A. Elena Charola

### Introducción

Se consideran materiales porosos inorgánicos a la piedra, los morteros de juntas o revoques, las cerámicas y el adobe. La diferencia de comportamiento entre ellos depende de la naturaleza del material, su textura y su porosidad. Así, por ejemplo, las areniscas de las Misiones (triásicas de la formación Misiones o Botu-Catú, o cretáceas de la formación Serra Geral, para el caso de la Misión de São Miguel) pueden ser un cuarcito si están bien cementadas, o pueden ser del tipo laja, conteniendo mayor o menor cantidad de arcillas. Los morteros pueden estar formulados a base de cal o de cemento Portland. Estos últimos pueden haber sido introducidos en las intervenciones sufridas a lo largo de los años. Estas variaciones de composición resultan también en variaciones de textura y porosidad, por lo que la respuesta de cada material será distinta frente a un mismo factor de deterioro. Como la piedra es el material actualmente más frecuente en las estructuras de las misiones, se toma como ejemplo para explicar los fenómenos de deterioro.

Los factores de deterioro de los materiales pétreos son varios y pueden subdividirse, en una primera instancia, entre aquellos que afectan al material físicamente y los que lo afectan químicamente. Pero esta subdivisión, como se verá, es sólo aproximativa, pues muchas veces los efectos pueden estar combinados.

Las cargas que soporta una estructura, si no están bien distribuidas, pueden resultar en fracturas y aún roturas de elementos. De forma similar, las vibraciones que pudieran afectar a la estructura pueden generar, si son suficientemente grandes (por ejemplo, en caso de un terremoto), la desestabilización de la estructura con los consecuentes efectos mecánicos. Estos efectos también pueden resultar del crecimiento de raíces, sobre todo de arbustos y árboles mayores, como ocurre en las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes.

## 4. FATORES DE DETERIORAÇÃO DOS MATERIAIS POROSOS INORGÂNICOS

A. Elena Charola

### Introdução

São considerados materiais porosos inorgânicos a pedra, as argamassas de juntas ou rebocos, as cerâmicas e o adobe. A diferença de comportamento entre eles depende da natureza do material, de sua textura e porosidade. Assim, por exemplo, os arenitos das Missões (rochas triássicas da formação Missões ou Botucatu, ou cretáceas da formação Serra Geral, no caso da Missão de São Miguel) podem ser quartzitos se estão bem cimentados, ou podem ser do tipo laje (laminares), contendo maior ou menor quantidade de argilas. As argamassas podem ser formuladas à base de cal ou de cimento Portland. Estas últimas podem ter sido introduzidas nas intervenções efetuadas ao longo dos anos. Estas variações de composição levam a variações de textura e porosidade, razão pela qual a resposta de cada material será diferente frente a um mesmo fator de degradação. Como a pedra é o material geralmente mais frequente nas estruturas das Missões, é usada como exemplo para explicar os fenômenos de deterioração.

Os fatores de deterioração dos materiais pétreos são vários, e podem subdividir-se, numa primeira instância, entre os que afetam fisicamente os materiais e os que os afetam químicamente. Mas esta subdivisão, como se verá, é aproximada, pois muitas vezes os efeitos podem estar combinados.

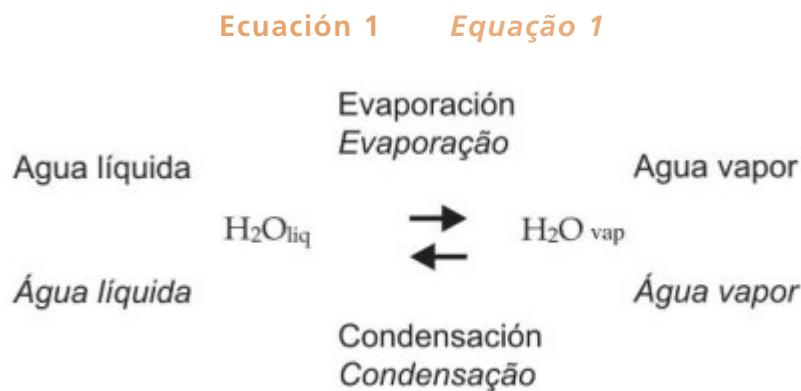
As cargas que suporta uma estrutura, se não estão bem distribuídas, podem resultar em fraturas ou em rupturas de seus elementos. De forma semelhante, as vibrações que possam afetar a estrutura podem gerar, se forem suficientemente grandes (por exemplo, no caso de um terremoto), a desestabilização da estrutura com seus efeitos mecânicos conseqüentes. Estes efeitos também podem ser o resultado do crescimento de raízes, principalmente de arbustos e de árvores maiores, como ocorre nas Missões Jesuíticas dos Guaraníes.



Entre los factores químicos, el agua puede considerarse como el más importante. La razón para esto es que el agua es la base para otros fenómenos de deterioro. En primer lugar, algunos materiales, tales como los morteros de cal o las piedras calizas, son susceptibles a disolución química por el agua, que también puede generar presiones físicas al congelar. El agua es indispensable para el crecimiento de microorganismos y plantas, para la disolución de sales solubles y su transporte y, finalmente, interactuando con arcillas, de modo que éstas expandan o contraigan dependiendo de la cantidad de agua presente. Los párrafos siguientes dan una breve introducción al tema.

## 1. El agua

El agua se presenta normalmente bajo dos estados: como agua líquida y como vapor de agua. Pero se debe tener en cuenta que el pasaje del estado líquido al estado gaseoso es constante y en ambas direcciones. Esto se representa normalmente con la ecuación:



El equilibrio de esta reacción depende de la temperatura y de la humedad ambiente. Por ejemplo: si tenemos un vaso lleno de agua y lo dejamos expuesto al ambiente, el agua del vaso se irá evaporando y eso dependerá de la temperatura y de la humedad ambiental. Si la humedad es baja y la temperatura es alta, se evaporará rápidamente. Si la humedad es muy alta, la evaporación será más lenta y si el agua está bastante más fría que la temperatura del ambiente, puede llegar a condensar.

Entre os fatores químicos, a água pode ser considerada como a mais importante. O motivo para isto é que a água é a base para outros fenômenos de deterioração. Em primeiro lugar, alguns materiais, tais como as argamassas de cal ou as pedras calcárias, são suscetíveis à dissolução química pela água, que também pode gerar pressões físicas ao congelar. A água é indispensável para o crescimento de microorganismos e plantas, para a dissolução de sais solúveis e seu transporte. Na interação com argilas, permite que estas se expandam ou se contraíam, dependendo da quantidade de água que esteja presente. Os parágrafos seguintes dão uma breve introdução ao tema.

## 1. A água

A água se apresenta normalmente sob dois estados: como líquido ou como vapor. Entretanto, deve-se considerar que a passagem do estado líquido ao estado gasoso é constante e em ambas as direções. Isto se representa normalmente como na equação:



La molécula de agua,  $H_2O$ , tiene forma triangular y es plana, ya que tres puntos, los átomos de oxígeno y los dos de hidrógeno, definen un plano.

A molécula de água,  $H_2O$ , tem forma triangular e é plana, uma vez que três pontos, os átomos de oxigênio e os dois de hidrogênio, definem um plano.

Fig 1. Esquema aproximado de una molécula de agua, no a escala. Aunque los átomos tienen forma aproximadamente esférica, al combinarse pierden en parte esa forma. La forma triangular se define desde el centro de cada átomo.

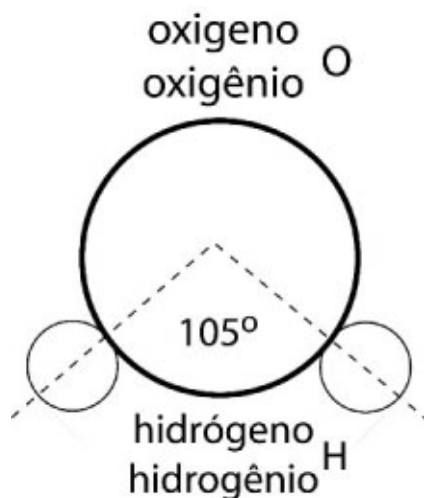


Fig.1. Esquema aproximado de uma molécula de água, sem escala. Ainda que os átomos tenham uma forma aproximadamente esférica, ao combinar-se perdem parte dessa forma. A forma triangular se define a partir do centro de cada átomo.

El ángulo formado por las uniones interatómicas resulta en que la punta de la molécula donde está el átomo de oxígeno tiene una carga negativa con respecto a la inferior donde se encuentran los dos átomos de hidrógeno. Por esta razón, el agua es capaz de transmitir la electricidad.

O ângulo formado pelas uniões interatômicas provoca que na ponta da molécula onde está o átomo de oxigênio tenha uma carga negativa em relação à inferior onde se encontram os dois átomos de hidrogênio. Por esta razão, a água é capaz de transmitir a eletricidade.

La diferencia entre el agua líquida y el vapor de agua, es que en éste último, las moléculas no están asociadas entre ellas o solamente en pequeños grupos de dos o tres. Pero en estado líquido, están asociadas en grupos de cinco o más moléculas. La asociación ocurre al bajar la temperatura, pues las moléculas pierden energía y se mueven cada vez más lentamente, lo que da la oportunidad de su asociación. Si continúa bajando la temperatura, el agua líquida se convierte en hielo y entonces todas las moléculas se hallan asociadas formando una estructura cristalina.

A diferença entre a água líquida e o vapor d'água é que, neste último, as moléculas não estão associadas entre si ou somente em pequenos grupos de duas ou três. No estado líquido, elas estão associadas em grupos de cinco ou mais moléculas. A associação ocorre ao baixar a temperatura, pois as moléculas perdem energia e se movem cada vez mais lentamente, o que permite a sua associação. Se a temperatura continua baixando, a água líquida se converte em gelo e então todas as moléculas se associam, formando uma estrutura cristalina.

Debido a que la asociación de las moléculas de agua se hace por intermedio de los átomos de hidrógeno, lo que se denomina "puente de hidrógeno", la asociación total en el estado sólido ocupa más espacio que la misma cantidad de agua en estado líquido donde la asociación es más fluida. Por lo tanto, la densidad del hielo es más baja que la del agua, que tiene su mayor densidad a los  $4^{\circ}C$ .

Em função de que a associação das moléculas da água se faz por meio dos átomos de hidrogênio - o que se denomina de "ponte de hidrogênio" - a associação total em estado sólido ocupa mais espaço que a mesma quantidade de água em estado líquido, onde a associação é mais fluida. Portanto, a densidade do gelo é mais baixa do que a da água, que tem sua maior densidade a  $4^{\circ}C$ .



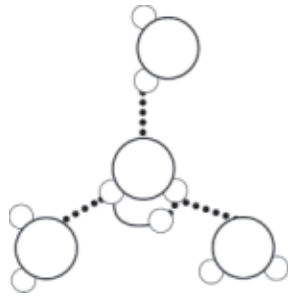


Fig. 2 (izq). Esquema de la estructura del agua líquida donde 4 o 5 moléculas de agua están ligadas por “puentes de hidrógeno” entre el hidrógeno de una molécula y el oxígeno de otra.

*Esquema da estrutura da água líquida, onde estão ligadas quatro ou cinco moléculas de água. As uniões entre moléculas de água se realizam pelas “pontes de hidrogênio” - entre o hidrogênio de uma molécula e o oxigênio de outra.*

## 2. El agua en los materiales porosos

El agua puede penetrar en los materiales porosos tanto en estado de vapor, como en estado líquido. En el primer caso penetra por difusión en los poros del material. La cantidad de agua que quedará retenida (adsorbida) por el material dependerá de sus características y de la humedad ambiental. Esta última se expresa generalmente como humedad relativa.

*La humedad relativa es el cociente de la cantidad de agua presente en el aire a una temperatura dada y la que podría haber si el aire estuviera saturado a esa temperatura.*

Como líquido, el agua puede penetrar por efectos de capilaridad, es decir, porque el agua tiende a subir más en capilares de pequeño diámetro que en conductos más anchos. Este fenómeno se llama “ascenso capilar”. Cuánto más pequeño el diámetro del capilar, mayor será el ascenso. En general, la máxima altura que el agua podría alcanzar por este fenómeno en materiales de construcción (piedra, mortero, cemento, etc.) es de unos 2 metros,

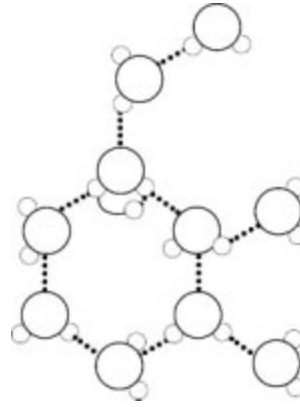


Fig. 2 (der). Esquema de la estructura del agua sólida, hielo. Los hexágonos que se forman se reflejan en la forma hexagonal de los cristales de nieve.

*Esquema da estrutura da água sólida, gelo. Os hexágonos que se formam se refletem na forma hexagonal dos cristais de neve.*

## 2. A água nos materiais porosos

A água pode ingressar nos materiais porosos tanto em estado de vapor como em estado líquido. No primeiro caso entra por difusão, por intermédio dos seus poros. A quantidade de água que ficará retida (adsorbida) dependerá das características do próprio material, assim como da umidade do ambiente. Esta última geralmente se expressa como umidade relativa.

*A umidade relativa é o quociente da quantidade de água presente no ar a uma dada temperatura e a que se teria se o ar estivesse saturado a esta mesma temperatura.*

Como líquido, a água pode penetrar por efeito de capilaridade, como se diz, porque a água tende a subir mais em capilares de pequeno diâmetro que em vasos mais largos. Este fenômeno se chama “ascensão capilar”. Quanto menor o diâmetro do vaso capilar, maior será a ascensão. Em geral, a altura máxima que a água poderia alcançar por este fenômeno em materiais de construção (pedra, argamassa, cimento, etc.) é de 2 metros de altura, ainda que, geralmente, só chegue a 1 metro. O



aunque generalmente solo alcanza 1 metro. La razón para esto es que la velocidad promedio de ascenso en los capilares más finos es muy lenta mientras que en los capilares más gruesos es mayor (aunque alcance un nivel mucho menor). Por lo tanto, habiendo una mezcla de capilares, el equilibrio se establece alrededor de un metro de altura.

En el caso de superficies horizontales sobre las cuales se puede acumular el agua, aparte del fenómeno de absorción capilar también influirá la cantidad de agua acumulada, ya que ejercerá un peso (presión) para entrar en el material. Se habla entonces de la permeabilidad del material.

La presencia de grietas o rajaduras también facilita la penetración del agua, como ser cuando llueve. En este caso se habla de filtraciones. Aquí el fenómeno es más complejo, pues a la penetración de agua en una abertura mayor (grieta) se le suma la posible acumulación de agua y la absorción capilar.

Pero el agua también puede evaporarse del material si la humedad relativa del ambiente es menor que la que se genera en el micro-ambiente del material. La velocidad de secado del material también depende del tipo de poros que tiene. Poros de mayor diámetro permitirán una evaporación más rápida, los de menor diámetro llevarán a tiempos de secado más largos

### 3. Los materiales y su porosidad

Los materiales porosos se caracterizan por la distribución del tamaño (diámetro) de sus poros, lo que determinará su porosidad total. Una misma porosidad puede ser generada por pocos poros de gran diámetro ( $>0,2$  mm) o por muchos poros de menor diámetro ( $<0,2$  mm). En el primer caso, el material tenderá a absorber el agua más rápidamente, aunque el ascenso capilar será bajo. Y también perderá el agua más rápido. Por lo contrario, si el material tiene muchos poros de pequeño diámetro, absorberá el agua más lentamente, pero ésta alcanzará un mayor ascenso, y su secado será también más lento, pues el sistema de poros de menor diámetro tenderá a retener el agua.

motivo para esto é que a velocidade média de ascensão nos capilares mais finos é muito lenta, enquanto que nos capilares mais grossos é maior (ainda que alcance a um nível menor). Portanto, tendo um conjunto de diferentes tipos de capilares, o equilíbrio se estabelece por volta de um metro de altura.

No caso de superfícies horizontais sobre as quais se pode acumular a água, além do fenômeno de absorção capilar também influirá a quantidade de água acumulada, uma vez que esta exercerá seu peso (pressão) para entrar no material. Trata-se, então, da permeabilidade do material.

A presença de fissuras ou rachaduras também facilita a entrada da água, como ocorre quando chove. Neste caso, estamos falando de infiltrações. Aqui o fenômeno é mais complexo, pois ao ingresso de água em uma abertura maior (rachadura) se soma uma eventual acumulação de água e a absorção capilar.

Mas a água também pode evaporar se a umidade relativa do ambiente é menor que a que se gera no micro-ambiente do próprio material. A velocidade de secagem do material também depende do tipo de poros que este possui. Poros de maior diámetro permitirão uma evaporação mais rápida, enquanto que os de menor diámetro levarão a um tempo de secagem maior.

### 3. Os materiais e sua porosidade

Os materiais porosos se caracterizam pela distribuição do tamanho (diámetro) de seus poros, o que determinará sua porosidade total. Uma mesma porosidade pode ser gerada por poucos poros de grande diámetro ( $>0,2$  mm) ou por muitos poros de menor diámetro ( $<0,2$  mm). No primeiro caso, o material tenderá a absorver a água mais rapidamente, ainda que a ascensão capilar seja mais baixa. Mas também perderá a água mais rapidamente. Em contraposição, se o material tem muitos poros de pequeno diámetro, absorverá a água mais lentamente, mas esta alcançará uma maior altura e sua secagem será mais lenta, pois o sistema de poros de menor diámetro tenderá a reter a água por mais tempo.



La Tabla 1 presente la porosidad de las principales piedras utilizadas en las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes.

A Tabela 1 apresenta a porosidade das principais rochas utilizadas nas Missões Jesuíticas dos Guaraní.

**Tabla 1**      **Tabela 1**

<b>Material</b>	<b>Porosidad Porosidade</b>
Asperón duro (macizo) <i>Arenito duro (compacto)</i>	~ 1 %
Asperón semi-duro (laja) <i>Arenito semi-duro (laje)</i>	~ 3,3 %
Asperón blando (laja) <i>Arenito mole (laje)</i>	~ 3,5 %
Itacurú	~ 9%
Mortero de cal: arena <i>Argamassa de cal: areia</i>	~ 14 %
Mortero de cemento: arena <i>Argamassa de cimento: areia</i>	~ 6%

#### 4. Acción química sobre materiales calcáreos

Materiales que contienen el mineral calcita, formado por carbonato de calcio, CaCO<sub>3</sub>, tales como las piedras calizas, los morteros de cal aérea y areniscas calcáreas, son susceptibles a la disolución por el agua.

El carbonato de calcio es un compuesto que se puede considerar insoluble en agua, pero como el agua de lluvia disuelve siempre el anhídrido carbónico, (CO<sub>2</sub>), presente en el aire, se forma ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). El ácido carbónico está parcialmente dissociado en el ión bicarbonato, (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), y el ión hidrógeno o hidrogenión, (H<sup>+</sup>), que es el agente corrosivo de los ácidos. Por lo tanto, el agua de lluvia “pura”, aún sin otros contaminantes de origen industrial, tales como los óxidos de sulfuro o de nitrógeno, es ácida con un pH de aproximadamente 5,6.

#### 4. Ação química sobre materiais calcários

Materiais que contenham o mineral calcita, formado por carbonato de cálcio, CaCO<sub>3</sub>, tais como as pedras calcárias, as argamassas de cal aérea e arenitos calcários, são suscetíveis à dissolução pela água.

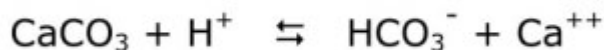
O carbonato de cálcio é um composto que pode ser considerado insolúvel em água, mas como a água da chuva geralmente dissolve o anidrido carbônico (CO<sub>2</sub>) presente no ar, se forma o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). O ácido carbônico está parcialmente dissociado no íon bicarbonato, (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), e o íon do hidrogênio, (H<sup>+</sup>), que é o agente corrosivo dos ácidos. Portanto, a água “pura” da chuva, sem outros poluentes de origem industrial tais como os óxidos sulfúricos ou de nitrogênio, é ácida, com um pH de aproximadamente 5,6.

#### **Ecuación 2**      **Equação 2**



La reacción de disolución de la calcita es:

### Ecuación 3



La disolución de la calcita es un fenómeno lento, de modo que su efecto sólo es perceptible a muy largo plazo. Para el caso de mármoles y piedras calizas compactas, se requieren varios siglos. Es evidente que el proceso se acelera con una mayor frecuencia de lluvias, así como con un aumento de porosidad del material y/o menor tamaño de los cristales de calcita. Por esta razón, los morteros de cal, con una porosidad relativamente alta (>10%) y formados por cristales de calcita muy pequeños (en el orden de unos micrones, es decir la milésima parte de un milímetro), son mucho más susceptibles a esta degradación que un mármol, que tiene una porosidad mucho menor (<2%) y cristales de calcita mucho mayores (en el orden de unos milímetros).

El proceso se acelera en presencia de polución aérea, pues en ese caso se forman ácidos más agresivos tales como el ácido sulfúrico y el nítrico.

En estos casos, el pH de la lluvia en el inicio del evento, cuando el agua líquida disuelve los gases presentes en la atmósfera, puede bajar de su valor normal de pH (aproximadamente 6) a valores tan bajos como pH 4 o 3. Como el pH es una función logarítmica, la concentración del ión hidrógeno llega a ser casi cien a mil veces mayor que la de la lluvia pura.

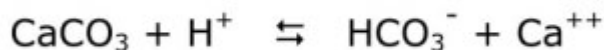
Si tomamos el valor normal como pH 6 (del 5.6) de pH 6 a 4 hay dos unidades, o sea cien, y de 6 a 3 son tres unidades, o sea mil. La concentración de ion hidrogeno se incrementa por lo tanto en cien a mil veces.

## 5. Materiales con arcillas

Las arcillas son minerales de la familia de los filosilicatos, es decir que tienen una estructura laminar como la mica. Ésta refleja su estructura a nivel molecular, ya que está formada por “láminas” de sílice o alúmina. El caolín es la arcilla que tiene la

A reação de dissolução da calcita é:

### Equação 3



A dissolução da calcita é um fenômeno lento, de modo que seu efeito só é perceptível em longo prazo. No caso de mármoles e pedras calcárias compactas, são necessários vários séculos. É evidente que o processo se acelera com uma maior frequência de chuvas, assim como com o incremento da porosidade do material e/ou menor tamanho dos cristais de calcita. Por este motivo, as argamassas de cal, com uma porosidade relativamente alta (>10%) e formadas por cristais de calcita muito pequenos (da ordem de microns - isto é, da milésima parte de um milímetro), são muito mais suscetíveis a esta degradação que um mármore, que tenha uma porosidade muito menor (<2%) e cristais de calcita muito maiores (da ordem de alguns milímetros).

O processo se acelera na presença de poluição aérea, pois nesse caso se formam ácidos mais agressivos, tais como o ácido sulfúrico e o nítrico.

Nestes casos, o pH da chuva no seu início, quando a água líquida dissolve os gases presentes na atmosfera, pode baixar de seu valor normal (aproximadamente 6) a valores tão baixos como pH 4 ou 3. Como o pH é uma função logarítmica, a concentração do ión hidrogênio chega a ser quase cem a mil vezes maior que a da chuva pura.

Se tomarmos o valor normal como pH 6 (do 5.6) de pH 6 a 4 temos duas unidades, ou seja cem, e de 6 a 3 são três unidades, ou seja mil. A concentração do ión hidrogênio se incrementa, portanto em cem a mil vezes.

## 5. Materiais com argilas

As argilas são minerais da família dos filosilicatos; isto significa que tem uma estrutura laminar, como a mica. Isso reflete sua estrutura em nível molecular, que está formada por “láminas” de sílice ou alumina. O caulim é a argila que tem a estru-





estructura más sencilla en la que se alternan estas dos láminas. Otras arcillas tienen una estructura más compleja, por ejemplo, donde una lámina de alúmina está en sandwich con dos de sílice, como en el caso de las arcillas expansivas.

Estos minerales, en presencia de agua (o aún de humedad ambiente), la absorben tanto líquida como en vapor, y ésta se intercala entre las láminas mencionadas. Esto origina la expansión del mineral.

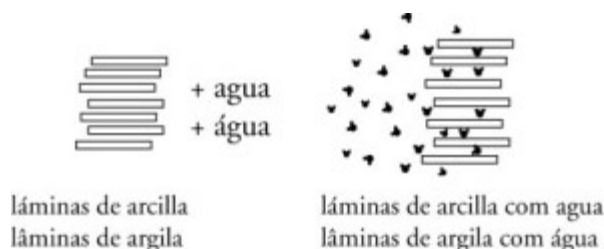


Fig. 3. Diagrama ilustrando como las arcillas, laminillas finas que tienden a apilarse, se expanden en presencia del agua, pues ésta penetra entre ellas. Hay algunas arcillas, llamadas expansivas, que muestran este fenómeno en un grado muy superior al resto y, si están presentes en los materiales, ya sea una roca o un mortero, causan su deterioro.

Los materiales que contienen arcillas, tales como el adobe, la piedra itacurú o las cerámicas que no fueran cocidas a temperaturas suficientemente altas, tienden a adsorber agua cuando la humedad es alta, provocando la dilatación del material. Al disminuir la humedad ambiente, el material pierde el agua adsorbida y se contrae. Evidentemente, la expansión es mayor cuanto más agua absorba el material, de modo que el máximo de expansión ocurre cuando el material está totalmente sumergido en agua.

El deterioro ocurre por el efecto mecánico resultante de los repetidos ciclos de absorción (expansión) – pérdida o desorción (contracción) del agua. Aunque el material no entre en contacto con agua líquida, estos pequeños cambios reiterados duran-

tura mais simples, onde se alternam estas duas lâminas. Outras argilas têm uma estrutura mais complexa, por exemplo, onde uma lâmina de alumina está como em um *sanduíche*, entre duas de sílice, como no caso das argilas expansivas.

Estes minerais, na presença da água (ou da umidade do ambiente), a absorvem tanto como líquido como em vapor, e esta se localiza entre as lâminas mencionadas. Isto gera a expansão do mineral.



Fig. 3. Diagrama ilustrando como as argilas, lamínulas finas que tendem a se empilhar, se expandem na presença da água, pois esta penetra entre elas. Existem argilas, chamadas expansivas, que apresentam este fenômeno em um grau muito superior ao resto e, se estão presentes nos materiais, seja uma rocha ou uma argila, causam sua degradação.

Os materiais que contêm argilas, tais como o adobe, a pedra itacurú ou as cerâmicas que não foram queimadas a temperaturas suficientemente altas, tendem a adsorver água quando a umidade é alta, provocando a dilatação do material. Ao diminuir a umidade do ambiente o material perde a água que absorveu e se contrai. Evidentemente, a expansão é tanto maior quanto mais água o material possa absorver, de modo que o máximo de expansão ocorre quando ele está totalmente submerso.

A deterioração ocorre por efeito mecânico, como uma resultante dos repetidos ciclos de absorção (expansão) – perda ou desorção (contração) da água. Mesmo que o material não entre em contato direto com a água em estado líquido, estas pequenas mudanças repetidas durante os séculos,



te siglos conllevan a la fatiga del material y su pérdida de resistencia, como se puede ver en el deterioro de las cerámicas de los pisos en las Misiones. Evidentemente, si el material entra en repetidos contacto con agua líquida, el deterioro será aún mayor y más rápido.

Hay que tener en cuenta que todos los materiales absorben agua, aún las piedras areniscas más compactas. Pero, en estos casos, la expansión que sufren es mucho menor.

En resumen, ciclos de variación húmedo-seco afectan negativamente los materiales y, en particular, a los que contienen arcillas, por el efecto de expansión-contracción que sufren.

## 6. Deterioro por sales solubles

Uno de los factores principales del deterioro de materiales inorgánicos porosos es la presencia de sales solubles. Entre ellas, las más frecuentes son la sal común (cloruro de sodio,  $\text{NaCl}$ ), el yeso (sulfato de calcio dihidrato,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), el sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) o de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ), el cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ), y los nitratos de sodio, potasio o amonio ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Estas últimas sales son, en general, producto de acción biológica y hay microorganismos que pueden oxidar el ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o viceversa. Es importante mencionar que los nitratos, dada su alta solubilidad, son las sales menos perjudiciales. El ión amonio puede también cristalizar como cloruro, sulfato o carbonato.

El origen de estas sales es diverso. Muchas se encuentran en los suelos, como el yeso y el cloruro de sodio; otras son generadas por la colonización biológica, tales como los nitratos y el amonio; y finalmente otras pueden estar presentes en los materiales mismos. Por ejemplo, el cemento Portland común contiene sulfatos alcalinos, tales como el sulfato de sodio y potasio, que pueden ser extraídas por el agua una vez que el cemento fraguó.

Al llegar el agua a un material que contenga sales solubles, éstas se disuelven y migran en solución con el agua. Así penetran en otros materiales poro-

conduzem à fadiga do material e à sua perda de resistência, como se pode ver na deterioração das cerâmicas dos pisos nas Missões. Evidentemente, se o material entra repetidamente em contato com água em estado líquido, a deterioração será maior e mais rápida.

É de se considerar que todos os materiais absorvem água, mesmo as pedras areníticas mais compactas. Mas nestes casos, a expansão que sofrem é muito menor.

Em resumo, os ciclos de variação úmido-seco afetam negativamente os materiais e em particular os que contêm argilas, pelo efeito de expansão-contracção que sofrem.

## 6. Deterioração por sais solúveis

Um dos fatores principais da deterioração de materiais inorgânicos porosos é a presença de sais solúveis. Entre eles, os mais frequentes são o sal comum (cloreto de sódio,  $\text{NaCl}$ ), o gesso (sulfato de cálcio dihidrato,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), o sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ou de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ), o cloreto de potássio ( $\text{KCl}$ ) e os nitratos de sódio, potássio ou amônio ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Estes últimos sais são, em geral, produtos de ação biológica, e existem microorganismos que podem oxidar o ión amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ao ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou vice-versa. É importante mencionar que os nitratos, dada sua alta solubilidade, são os sais menos prejudiciais. O ión amônio pode também cristalizar como cloreto, sulfato ou carbonato.

A origem destes sais é diversa. Muitos se encontram nos solos, como o gesso e o cloreto de sódio; outros são gerados pela colonização biológica, tais como os nitratos e o amônio; e, finalmente, outros podem estar presentes nos próprios materiais. Por exemplo, o cimento Portland comum contém sulfatos alcalinos, tais como o sulfato de sódio e potássio, que podem ser extraídos pela água uma vez que o cimento cure.

O contato da água com um material que contenha sais solúveis provoca sua dissolução e eles migram, em solução, junto com a água. Assim, penetram em outros materiais porosos vizinhos por meio da



sos cercanos, por ascenso capilar, infiltraciones, etc. El agua, eventualmente, evapora dejando atrás las sales que llevaba en solución. Las sales, pues, cristalizan en el lugar en el que el agua evapora. Cuando el material está muy húmedo, la evaporación ocurre en la superficie del material y entonces, al cristalizar las sales se forman las denominadas eflorescencias.

Al disminuir la cantidad de agua en el material, el frente de evaporación se desplaza hacia el interior del mismo. Inicialmente esto ocurrirá inmediatamente debajo la superficie, y en ese caso las sales cristalizan formando las sub-florescencias o criptoflorescencias. Esta cristalización de sales dentro del material poroso induce a su deterioro por efectos mecánicos que pueden, en una primera instancia, atribuirse al crecimiento de los cristales de las sales. De esta manera, las sub-florescencias tienden a la exfoliación y/o pulverización del material, dependiendo ésto de la textura del mismo.

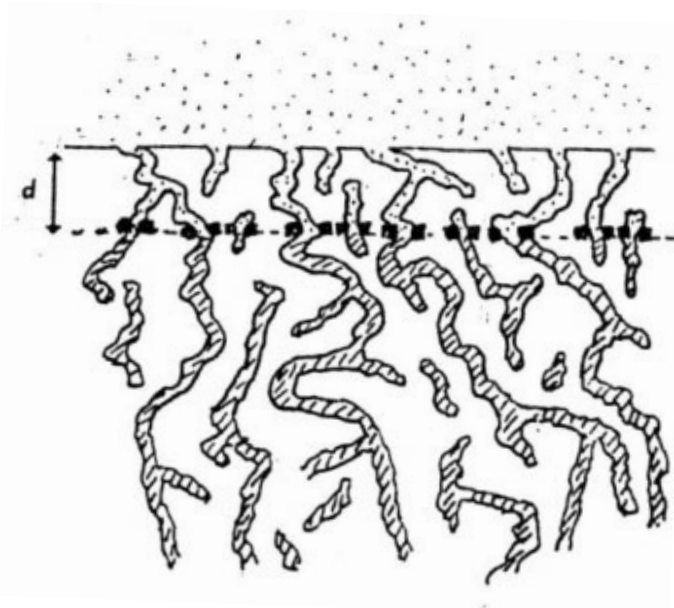


Fig. 4. Cristalización de sales solubles en un material poroso por la evaporación del agua que acarrea las sales. Al secarse el material, el frente de evaporación se traslada desde la superficie al interior del material, normalmente en una zona paralela a la superficie. En ese lugar cristalizan las sales y, por efecto mecánico, pueden delaminar el material superficial, marcado "d" en el diagrama.

ascensão capilar, infiltração, etc. A água geralmente evapora, deixando os sais que a solução carregava. Os sais cristalizam nos locais onde a água evapora. Quando o material está muito úmido a sua evaporação ocorre na superfície e então, quando os sais se cristalizam, se formam as eflorescências.

Ao reduzir a quantidade de água no material, a frente de evaporação se desloca para o seu interior. Inicialmente, isto vai ocorrer sob a superfície, onde os sais cristalizam formando subflorescências ou criptoflorescências. A cristalização de sais no interior de um material poroso induz à sua deterioração por efeitos mecânicos, que podem, em uma primeira instância, ser atribuídos ao crescimento dos cristais de sal. Desta maneira, as subflorescências podem provocar esfoliação e/ou pulverização do material, dependendo de sua textura.

Fig. 4. Cristalização de sais solúveis em um material poroso pela a evaporação da água que carrega os sais. Ao secar, o material, a frente de evaporação se traslada da superfície ao interior do material, normalmente em uma zona paralela à superfície. Nesse lugar se cristalizam os sais e, por efeito mecânico, podem esfoliar o material superficial, marcado "d" no diagrama.



Cuando las sales son muy poco solubles, tal el caso de la calcita, mineral formado por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), se forman depósitos superficiales más duros y sólidos los que son denominados concreciones.

El mecanismo de formación de las concreciones es idéntico al descrito para las sales solubles y es el que da origen a las estalactitas que se ven en las estructuras de hormigón, tales como puentes; o a las estalactitas y estalagmitas en cuevas subterráneas.

Esta sal insoluble se puede formar, en el caso particular de las estructuras de las Misiones construidas con areniscas como el asperón rojo y con la piedra itacurú, por la presencia de morteros de cal, y/o de cemento. En estos casos, el hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) presente tanto en la cal, como en el cemento, puede ser lavado de las juntas antes de su fragüe total, esparciéndose sobre las piedras inferiores, y al reaccionar con el anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) del aire producir el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que se visualiza como una capa blanca insoluble de calcita. Las concreciones no presentan un problema de conservación, pero sí un problema estético, pues cambian el color y el aspecto de la piedra sobre la cual se forman.

En general, el mayor problema corresponde al uso de morteros que contienen cemento Portland, pues en este caso, no sólo se lava el hidróxido de calcio, sino también las sales solubles como el sulfato de sodio o el de potasio que pueden dañar el material como mencionado anteriormente.

El yeso también puede originarse por la reacción de la polución aérea con los iones  $\text{Ca}^{++}$  presentes en los morteros o en materiales calcáreos. El yeso es relativamente poco soluble, de modo que tiende a acumularse fundamentalmente en la superficie del material, bloqueando sus poros.

En conclusión, las eflorescencias salinas y las concreciones de calcita son el resultado de una reacción de los materiales con el agua e indican un problema de infiltración y/o de la presencia de sales solubles. La caracterización de las sales presentes en una eflorescencia contribuye a explicar su

Quando os sais são muito pouco solúveis, como no caso da calcita, mineral formado por carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), se formam depósitos superficiais mais duros e sólidos, denominados concreções.

O mecanismo de formação das concreções é idêntico ao descrito para os sais solúveis e é isto que provoca a formação das estalactites que se observam em estruturas de concreto armado, como nas pontes, ou às estalactites e estalagmites de cavernas subterráneas.

No caso particular das estruturas das Missões, construídas com arenitos avermelhados e com pedras itacurú, as concreções podem se formar pela presença de argamassas de cal e/ou de cimento. Nestes casos, o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) presente tanto na cal, como no cimento, pode ser lavado das juntas antes de sua cura e escorrer sobre as pedras inferiores e ao reagir com o anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ) do ar, produzir o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), formando uma camada branca insolúvel de calcita. As concreções não se apresentam como um problema de conservação, mas como um problema estético, pois mudam a cor e o aspecto das pedras sobre as quais se formam.

Em geral, o maior problema corresponde ao uso de argamassas que contém cimento Portland, pois neste caso não apenas se lava o hidróxido de cálcio, mas também os sais solúveis como o sulfato de sódio ou o de potássio que podem danificar o material como mencionado anteriormente.

O gesso também pode ser originado pela reação da poluição aérea com os íons  $\text{Ca}^{++}$  presentes nas argamassas ou em materiais calcários. O gesso é relativamente pouco solúvel, de modo que tende a se acumular principalmente na superfície do material, fechando seus poros.

Em conclusão, as eflorescências salinas e os sedimentos de calcita são resultado de reações de materiais com a água, e indicam problemas de infiltração e/ou a presença de sais solúveis. A caracterização dos sais presentes em uma eflorescência contribui para explicar a sua origem: um carbonato ou



origen: un carbonato o un sulfato soluble, tal como el carbonato o sulfato de sodio o de potasio, que se forma sobre o cerca de una junta son generalmente indicativos de la presencia de cemento Portland en dicha junta. La presencia de una concreción calcárea puede ser el resultado de un mortero de cal aplicado en condiciones no favorables (por ejemplo, justo antes de una fuerte lluvia) o de un mortero adicionado con cemento Portland. El yeso, así como el cloruro de sodio, son las sales más frecuentes y pueden ser aportadas por el entorno mismo. El yeso, siendo relativamente poco soluble, no es tan problemático a corto plazo, pero sí lo es a largo plazo. La presencia de amonio indica una alta contaminación biológica. Por lo tanto es importante determinar qué sales están presentes, y en lo posible, su concentración.

## 7. Conclusiones

De los varios factores de deterioro, el agua puede considerarse el principal, ya que es fundamental en la “activación” del movimiento de sales solubles dentro del material, así como en la expansión y contracción de materiales arcillosos. Además, como se verá en el capítulo sobre biodeterioro (Capítulo 5), es fundamental para el desarrollo de la biocolonización. Finalmente, la acumulación de polvo y otros materiales, es facilitada si la superficie del material se encuentra húmeda. Por lo tanto, en la conservación de materiales y estructuras, uno de los principales objetivos es el de mantenerlos al reparo del agua.

um sulfato solúvel, tal como o carbonato ou sulfato de sódio ou de potássio, que se forma sobre ou nas proximidades de uma junta são geralmente indicativos da presença de cimento Portland na mesma. A presença de um sedimento calcário pode ser o resultado de uma argamassa de cal aplicada em condições não muito favoráveis (por exemplo, justo antes de uma forte chuva) ou de uma argamassa com adição de cimento Portland. O gesso, assim como o cloreto de sódio, são os sais mais frequentes, e podem ter sido trazidos de seu entorno. O gesso, sendo relativamente pouco solúvel, não é tão problemático em curto prazo, mas sim a longo prazo. A presença de amônio indica uma alta contaminação biológica. Portanto, é importante determinar quais sais estão presentes e, na medida do possível, sua concentração.

## 7. Conclusões

Dos vários fatores de deterioração, a água pode ser considerada a principal, uma vez que é fundamental para a “ativação” da movimentação de sais solúveis dentro dos materiais, assim como na expansão e contração de materiais argilosos. Além disso, como se verá no capítulo sobre biodeterioração (Capítulo 5), ela é fundamental para o desenvolvimento da biocolonização. Finalmente, a acumulação de pó e de outros materiais é propiciada se a superfície do material se encontra úmida. Portanto, na conservação de materiais e estruturas, um dos principais objetivos é o de mantê-los protegidos da água.



## 5. BIODETERIORO DE MATERIALES POROSOS INORGÁNICOS

Marcela Cedrola y A. Elena Charola

### 1. Introducción a la biocolonización

El agua es necesaria para todos los organismos vivos. Esto implica que, si un material está frecuentemente húmedo, es muy probable que sea colonizado por estos organismos. La biocolonización de materiales porosos inorgánicos resulta de una secuencia de etapas. Es bien sabido que una superficie húmeda se ensucia más rápido que una seca. Esto se debe a que la superficie húmeda, ya sea por lluvia, rocío o condensación superficial, actúa como una fuente captadora de partículas de polvo, de gases de polución atmosférica y de polen, esporas y bacterias presentes en el aire. De esta manera, se forma una capa “fértil” que facilita el desarrollo de microorganismos, comúnmente llamado “biofilm”. La consecuencia de la formación de un biofilm es que la superficie tiende a retener más humedad por más tiempo, facilitando un mayor depósito de polvo y otras sustancias, así como el desarrollo de microorganismos tales como las bacterias, algas y hongos (Figura 1).

Una vez establecidos éstos, se pueden desarrollar los líquenes (Figura 2), que son asociaciones de un alga con un hongo, y se tiene un campo fértil para



Figura 1. (a) Film de algas verdes.  
*Película de algas verdes.*

## 5. BIODETERIORAÇÃO DOS MATERIAIS POROSOS INORGÂNICOS

Marcela Cedrola e A. Elena Charola

### 1. Introdução à biocolonização

A água é necessária para todos os organismos vivos. Isto implica em que, se um material está frequentemente úmido, é muito provável que seja colonizado por estes organismos. A biocolonização de materiais porosos inorgânicos é resultado de uma sequência de etapas. É sabido que uma superfície úmida se suja mais rapidamente do que uma seca. Isto se deve ao fato de que a superfície úmida, seja por chuva, orvalho ou condensação superficial, atua como uma fonte captadora de partículas de pó, de gases de poluição atmosférica e de pólen, esporos e bactérias presentes no ar. Desta maneira, se forma uma camada “fértil” que facilita o desenvolvimento de microorganismos, comumente chamado “biofilme”. A consequência da formação de um biofilme é que a superfície tende a reter mais umidade por mais tempo, facilitando um maior depósito de pó e outras substâncias, assim como o desenvolvimento de microorganismos, tais como as bactérias, algas e fungos (Figura 1).

Uma vez que estes estejam estabelecidos, podem desenvolver-se os líquens (Figura 2), que são associações de uma alga com um fungo, e se tem um campo



Figura 1. (b) Hongos multicelulares sobre Asperón rojo. (San Ignacio Mini, Argentina).  
*Fungos multicelulares sobre arenito vermelho. (San Ignacio Mini, Argentina).*





Figura 2. (a) Líquen folioso sobre asperón rojo.  
*Líquén folioso sobre arenito vermelho.*



Figura 2. (b) Detalle del líquen. (San Ignacio Mini, Argentina).  
*Detalhe do líquen. (San Ignacio Mini, Argentina.)*

el desarrollo de musgos, hepáticas y helechos (Figuras 3 y 4). Estas plantas facilitan el depósito de semillas y consecuentemente empiezan a crecer hierbas. Luego aparecen plantas menores y finalmente se pueden desarrollar plantas superiores, como arbustos y árboles (Figura 5).

fértil para o desenvolvimento de musgos, hepáticas e samambaias (Figuras 3 y 4). Estas plantas facilitam o depósito de sementes e, conseqüentemente, começam a crescer ervas. Logo aparecem plantas menores e, finalmente, podem desenvolver-se plantas superiores, como arbustos e árvores (Figura 5).



Figura 3. (a) Musgo sobre asperón rojo. Ntra. Sra. de Loreto, Argentina  
*Musgo sobre arenito vermelho. (Nra Señora de Loreto, Argentina).*



Figura 3. (b) Helechos sobre asperón. (San Ignacio Mini, Argentina).  
*Samambaias sobre arenito. (San Ignacio Mini, Argentina).*



Figura 4. (a) Hepática sobre asperón rojo.  
*Hepática sobre arenito vermelho.*



Figura 4. (b) Detalle de la planta.  
*Detalhe da planta .*





Figura 5. (a) Colonización mixta: algas, musgos, helechos y clavel del aire (*Tillandsia* sp.), sobre asperón rojo.

*Colonização mixta: algas, musgos, samambaias e tillandsia "cravo do ar". (San Ignacio Mini, Argentina.).*

La secuencia descrita es válida, generalmente, ya que la colonización biológica sigue un orden en función de la complejidad creciente, tanto en su organización celular, como en el metabolismo de cada uno de los seres vivos intervinientes.

## 2. Clasificación de los organismos

Cuando se habla de organización corporal, se refiere a si los organismos son unicelulares o pluricelulares. Si las células son primitivas (procariotas), o evolucionadas (eucariotas); si se organizan en tejidos, órganos, aparatos y sistemas.

De acuerdo a estas características es que se clasifica a los seres vivos en diversos grupos que contemplan diferencias distintivas generales en cuanto a su estructura, organización corporal y metabolismo. Para tener un orden, se clasifican en subgrupos derivados que permitan organizarlos en una forma de complejidad creciente. El cuadro siguiente (Tabla 1) ilustra la complejidad de los agentes biológicos.

## 3. Clasificación de los microorganismos

El metabolismo, conjunto de funciones que mantienen con vida al individuo, se considera para clasificar a los microorganismos. Por ejemplo, se contempla el tipo de respiración que poseen, si nece-



Figura 5. (b). Arbol creciendo sobre una estructura original.

*Árvore crescendo sobre uma estrutura. (Santa Ana, Argentina, 1988)*

A sequência descrita geralmente é válida, uma vez que a colonização biológica segue uma ordem em função da complexidade crescente, tanto em sua organização celular como no metabolismo de cada um dos seres vivos intervinientes.

## 2. Classificação dos organismos

Quando se fala de organização corporal, referem-se a se os organismos são unicelulares ou pluricelulares. Se as células são primitivas (procariotas) ou evoluídas (eucariotas); se são organizados em tecidos, órgãos, aparelhos ou sistemas.

De acordo com estas características é que se classificam os seres vivos em diversos grupos que contemplan características distintivas gerais em relação à sua estrutura, organização corporal e metabolismo. Para ter uma ordem, classificam-se em subgrupos derivados, o que permite organizá-los em complexidade crescente. O quadro seguinte (Tabela 1) ilustra a complexidade dos agentes biológicos.

## 3. Classificação dos microorganismos

O metabolismo, conjunto de funções que mantêm com vida o indivíduo, é considerado para classificar os microorganismos. Por exemplo, se observa o tipo de respiração que possuem, se necessitam oxi-





Tabla 1      Tabela 1

Microorganismos <i>Microorganismos</i>	Bacterias <i>Bactérias</i>			
	Hongos unicelulares <i>Fungos unicelulares</i>			
	Algas unicelulares <i>Algas unicelulares</i>			
Macroorganismos <i>Macroorganismos</i>	Hongos <i>Fungos</i>			
	Algas <i>Algas</i>			
	Líquenes (asociación simbiótica de hongos y algas) <i>Líquens (associação simbiótica de fungos e algas)</i>			
Metáfitas <i>Metáfitas</i>	Plantas inferiores <i>Plantas inferiores</i>	Musgos <i>Musgos</i>		
		Hepáticas <i>Hepáticas</i>		
		Helechos <i>Samambaias</i>		
	Plantas superiores <i>Plantas superiores</i>	Hierbas <i>Ervas</i>		
		Arbustos <i>Arbustos</i>		
		Árboles <i>Árvores</i>		
Metazoos <i>Metazoos</i>	Invertebrados <i>Invertebrados</i>	Artrópodos <i>Artrópodos</i>	Insectos <i>Insetos</i>	
			Arácnidos <i>Aracnídeos</i>	
		Moluscos <i>Moluscos</i>		
	Vertebrados <i>Vertebrados</i>	Peces <i>Peixes</i>		
		Anfibios <i>Anfibios</i>		
		Reptiles <i>Répteis</i>		
		Aves <i>Aves</i>		
		Mamíferos <i>Mamíferos</i>	..... <b>El Hombre O Homem</b>	



sitan oxígeno (aerobios) o no (anaerobios). De estos mecanismos dependerán los productos que eventualmente liberarán al medio, con las posteriores consecuencias para el sustrato.

También son parte del metabolismo las reacciones químicas implicadas en el proceso de alimentación. Si los organismos pueden convertir sustancias inorgánicas en orgánicas, por ejemplo, mediante fotosíntesis, se denominan *autótrofos*. Pero otros organismos deben tomar las sustancias orgánicas directamente del sustrato, ya que no tienen capacidad para fabricarlas ellos mismos. Estos son los organismos *heterótrofos*. En este caso, frecuentemente liberan sustancias que sirven para degradar la materia, a fin de incorporarla, como ocurre con los llamados *saprófitos*, entre los que se encuentran, fundamentalmente, los hongos.

El siguiente cuadro (Tabla 2) presenta la clasificación de los microorganismos en función de su metabolismo.

gênio (aeróbicos) ou não (anaeróbicos). Destes mecanismos dependerão os produtos que eventualmente liberarão ao meio, com as posteriores conseqüências para o substrato.

Também são partes do metabolismo as reações químicas implicadas no processo de alimentação. Se os organismos podem converter substâncias inorgânicas em orgânicas, por exemplo, mediante fotossíntese, denominam-se *autótrofos*. Mas outros organismos devem extrair as substâncias orgânicas diretamente do substrato, uma vez que não têm capacidade para fabricá-las. Estes são os organismos *heterótrofos*. Neste caso, freqüentemente liberam substâncias que servem para degradar a matéria, a fim de incorporá-la, como ocorre com os chamados *saprófitos*, entre os quais se encontram, fundamentalmente, os fungos.

O quadro abaixo (Tabela 2) apresenta a classificação dos microorganismos em função do seu metabolismo.

Respiración <i>Respiração</i>	Aeróbicos (respiran oxígeno) <i>Aeróbicos (respiram oxigênio)</i>	Liberan <i>Liberam</i>	Anhídrido carbónico <i>Anhídrido carbónico</i> Agua <i>Água</i>
	Anaeróbicos (Fermentadores) <i>Anaeróbicos (Fermentadores)</i>	Liberan <i>Liberam</i>	Etanol <i>Etanol</i> Ácido láctico <i>Ácido láctico</i> Ácido butílico <i>Ácido butílico</i>
Alimentación <i>Alimentação</i>	Autótrofos (fabrican su propio alimento) <i>Autótrofos (fabricam seu próprio alimento)</i>	Fotosintéticos <i>Fotosintéticos</i>	Necesitan luz, agua y minerales <i>Necessitam luz, água e minerais</i>
		Quimiosintéticos <i>Quimiosintéticos</i>	Necesitan agua y minerales <i>Necessitam água e minerais</i>
	Heterótrofos (no fabrican su propio alimento) <i>Heterótrofos (não fabricam seu próprio alimento)</i>	Se alimentan del medio en que se encuentran degradándolo <i>Se alimentam do meio em que se encontram e o degradan</i>	Liberan enzimas al exterior y absorben sus productos <i>Liberam enzimas ao exterior e absorvem seus produtos</i>

Tabla 2. Clasificación de los microorganismos en función de su metabolismo.

Tabela 2, Classificação dos microorganismos em função do seu metabolismo.



## 4. Mecanismos de deterioro

El deterioro ocurre por dos mecanismos fundamentales:

acción mecánica o física, resultante del crecimiento de hifas de hongos y líquenes y, fundamentalmente, de raíces de plantas, sobre todo de las superiores;

acción química, resultante de la generación de ácidos y agentes complejantes que los microorganismos generan.

Para producir el deterioro, los seres vivos necesitan, generalmente, contacto con el sustrato y cuanto mayor es la superficie de apoyo, mayor es el deterioro.

### 4.1. Acción mecánica o física

La acción, generalmente de pérdida, desgaste o aún de rotura, resulta por el crecimiento de los organismos, y las raíces, rizoides o hifas que penetran en el sustrato, las que se expanden generando tensiones que debilitan su estructura (Figura 6).

Algunos organismos, tales como los hongos, producen daños menos perceptibles. Pueden pulverizar la superficie, por proceso de abrasión mecánica, quedando la misma más expuesta al crecimiento de nuevas colonias de bacterias u hongos.



Figura 6. (a) Deterioro mecánico superficial por crecimiento de líquen crustoso mal llamado “hongo blanco” sobre arenito rojo.

*Deterioração mecânica superficial por líquen crustoso erroneamente denominado “fungo branco” sobre arenito. (San Ignacio Miní, Argentina.)*

## 4. Mecanismos de deterioração

A deterioração ocorre por dois mecanismos fundamentais:

ação mecânica ou física, resultante do crescimento de hifas de fungos e líquens e, fundamentalmente, de raízes de plantas, principalmente das superiores;

ação química, resultante da geração dos ácidos e agentes complexantes gerados pelos microorganismos.

Para produzir a deterioração, os seres vivos geralmente necessitam contato com o substrato e quanto maior for a superfície de apoio, maior é a deterioração.

### 4.1. Ação mecânica ou física

A ação de perda, desgaste ou ruptura geralmente resulta do crescimento dos organismos e as raízes, rizóides ou hifas que penetram no substrato se expandem gerando tensões que enfraquecem sua estrutura (Figura 6).

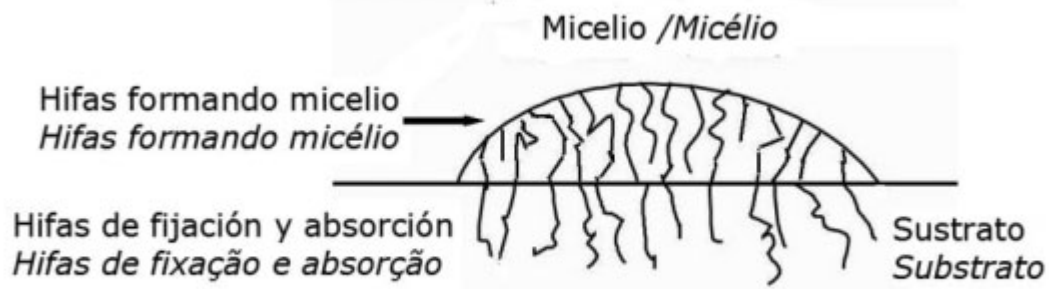
Alguns organismos, tais como os fungos, produzem danos menos perceptíveis. Podem pulverizar a superfície por processo de abrasão mecânica, ficando a mesma mais exposta ao crescimento de novas colônias de bactérias ou fungos.



Figura 6. (b) Deterioro mecánico de una estructura por crecimiento de un árbol.

*Deterioração mecânica de uma estrutura pelo crescimento de uma árvore. (São Nicolau, Brasil.)*





Esquema de hongo multicelular  
*Esquema de fungo multicelular*

### Ejemplo de hongo multicelular:

En la parte superior del material vemos el crecimiento del hongo (micelio, el cuerpo vegetativo), en la parte inferior las hifas de fijación. Las hifas son filamentos muy delgados que penetran en el material, sobretudo si es muy poroso. Estos organismos son muy difíciles de erradicar, pues si se limpian mecánicamente, las hifas quedan y el hongo vuelve a crecer. Aún utilizando biocidas, puede que no se elimine totalmente el organismo. Si queda una parte del organismo vivo, vuelve a crecer rápidamente. También podemos encontrar esporas producidas por el hongo, que son una forma de reproducirse (equivalentes a las semillas de otras plantas), muy resistentes debido a su gruesa pared externa y su bajo metabolismo.

### 4.2 Acción Química

La acción resulta del contacto de sustancias producidas por el organismo con el sustrato en el que está apoyado. Se puede subdividir, de acuerdo al tipo de reacción producida por la sustancia liberada por el organismo.

1. Acidólisis
2. Alcalinólisis
3. Formación de complejos o quelatos
4. Intercambio iónico
5. Degradación enzimática
6. Formación de pigmentos

### Exemplo de fungo multicelular:

Na parte superior do material vemos o crescimento do fungo (micélio, o corpo vegetativo), na parte inferior as hifas de fixação. As hifas são filamentos muito finos que penetram nos materiais, principalmente se é muito poroso. Estes organismos são muito difíceis de erradicar, pois quando são limpos mecanicamente, as hifas permanecem e o fungo volta a crescer. Mesmo utilizando biocidas, é possível que não se elimine totalmente o organismo. Se uma parte do organismo vivo permanece, ele volta a crescer rapidamente. Também podemos encontrar esporos produzidos por fungos que são uma forma de reprodução (equivalente às sementes de outras plantas), muito resistentes devido à espessura da parede externa e ao seu baixo metabolismo.

### 4.2 Ação Química

A ação é o resultado do contato de substâncias produzidas pelo organismo com o substrato onde se apóia. Pode-se subdividir em diferentes tipos, conforme a reação produzida pela substância liberada pelo organismo.

1. Acidólise
2. Alcalinólise
3. Formação de compostos ou quelatos
4. Trocas iônicas
5. Degradação enzimática
6. Formação de pigmentos



### 4.2.1 Acidólisis

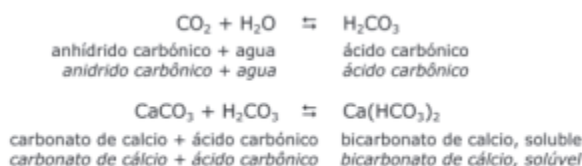
Se produce por disolución del sustrato, particularmente piedras calcáreas y metales, por acción de ácidos, tanto inorgánicos como orgánicos.

Ácidos inorgánicos  
Carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )  
Nítrico ( $\text{HNO}_3$ )  
Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  
Ácidos orgánicos  
Láctico  
Butírico  
Oxálico  
Acético  
Succínico  
Fórmico  
Aspártico

Los ácidos orgánicos producen degradación, no sólo porque acidifican el medio ambiente, sino que, por ser orgánicos, favorecen el crecimiento de nuevos microorganismos.

El ácido carbónico se genera en el ambiente por la reacción del anhídrido carbónico del aire con el agua, y en el microambiente debido a la respiración de los organismos. Provoca disolución total o parcial del carbonato de calcio o magnesio que se encuentra en el mármol, la piedra caliza y los morteros de cal.

#### Ecuaciones



### 4.2.2 Alcalinólisis

Degrado del sustrato por liberación de compuestos alcalinos o básicos, tales como el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), el carbonato de amonio,  $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$  y algunas aminas biógenas. Estos compuestos producen disolución de sales metálicas y elevan el pH del medio, favoreciendo el crecimiento de organismos basófilos.

### 4.2.1 Acidólise

Produz-se pela dissolução do substrato, particularmente pedras calcárias e metais, por ação de ácidos, tanto inorgânicos quanto orgânicos.

Ácidos inorgânicos  
Carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )  
Nítrico ( $\text{HNO}_3$ )  
Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  
Acidos orgânicos  
Lático  
Butírico  
Oxálico  
Acético  
Succínico  
Fórmico  
Aspártico

Os ácidos orgânicos produzem degradação, uma vez que não apenas acidificam o meio ambiente, mas também, por ser orgânicos, favorecem o crescimento de novos microorganismos.

O ácido carbônico se produz no ambiente pela reação do anidrido carbônico do ar com a água, e no micro-ambiente devido à respiração dos organismos. Provoca dissolução total ou parcial do carbonato de cálcio ou magnésio que se encontra em mármore, pedras calcárias ou nas argamassas de cal.

#### Equações

### 4.2.2 Alcalinólise

Degradação do substrato por liberação de compostos alcalinos ou básicos, tais como o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), o carbonato de amônia  $((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$  e alguns aminos biogênicos. Estes compostos produzem a dissolução de sais metálicos e elevam o pH do meio ambiente, favorecendo o desenvolvimento de organismos basófilos.



### 4.2.3 Formación de complejos o quelatos

La quelación es un proceso por el cual, un átomo o ión metálico, queda “atrapado” en una estructura tipo “jaula” o caparazón (como un quelonio o tortuga). Hay microorganismos capaces de producir compuestos orgánicos, tales como bases polifuncionales, que tienen la particularidad de formar este tipo de complejos. Estos compuestos pueden provocar la disolución superficial de metales si estos están colonizados por microorganismos. También pueden extraer iones específicos, tales como el hierro, calcio, magnesio, de minerales en rocas colonizadas.

Los ácidos oxálico, succínico y cítrico, además de atacar químicamente sustratos alcalinos, como la caliza, pueden secuestrar cationes metálicos de otros sustratos minerales, como el granito. Al capturar el catión metálico de la superficie producen manchas y corrosión

### 4.2.4 Intercambio iónico

Microorganismos y plantas pueden absorber cationes, tales como el sodio ( $\text{Na}^+$ ) o el potasio ( $\text{K}^+$ ), como parte de sus necesidades nutricionales. Para balancear la carga eléctrica, liberan otros cationes, lo que genera el proceso llamado de “intercambio iónico”.

El proceso de transformación de la mica en vermiculita (un tipo de arcilla) está mediado por la acción de hongos, que realizan este tipo de intercambio, cambiando iones de potasio por iones de sodio. Ocurre fundamentalmente en arcillas que provienen de excavaciones húmedas y en cimientos húmedos arcillosos.

### 4.2.5 Degradación enzimática

Las enzimas son proteínas capaces de catalizar reacciones químicas. Las enzimas son liberadas al sustrato por microorganismos, tales como los hongos saprófitos. Las reacciones que catalizan pueden ser tanto de formación de un nuevo compuesto o de descomposición de una molécula grande en dos o más, pequeñas.

Todos los heterótrofos (hongos y bacterias) liberan exoenzimas, o sea enzimas que son liberadas al

### 4.2.3 Formação de complexos ou quelatos

A quelação é um processo pelo qual um átomo ou íon metálico fica “retido” em uma estrutura tipo “gaiola” ou carapaça (como um quelônio ou tartaruga). Existem microorganismos capazes de produzir compostos orgânicos, tais como bases polifuncionais, que têm a particularidade de formar este tipo de complexo. Estes compostos podem provocar a dissolução superficial de metais, se estes estão colonizados pelos microorganismos. Também podem extrair íons específicos, tais como o ferro, cálcio ou magnésio de minerais nas rochas colonizadas.

Os ácidos oxálico, succínico e cítrico além de atacar quimicamente sustratos alcalinos, como os calcários, podem seqüestrar cátions metálicos de outros sustratos minerais, como o granito. Ao capturar o cátion metálico da superfície, eles produzem manchas e corrosão.

### 4.2.4 Trocas iônicas

Microorganismos e plantas podem absorver cátions, tais como o sódio ( $\text{Na}^+$ ) ou o potássio ( $\text{K}^+$ ), como parte de suas necessidades nutricionais. Para balancear a carga elétrica, liberam outros cátions, o que gera o processo denominado de “troca iônica”.

O processo de transformação da mica em vermiculita (um tipo de argila) está mediado pela ação de fungos, que realizam este tipo de intercâmbio, trocando íons de potássio por íons de sódio. Isto ocorre, fundamentalmente, em argilas que provêm de escavações úmidas e em cimentos úmidos e argilosos.

### 4.2.5 Degradação enzimática

As enzimas são proteínas capazes de catalisar reações químicas. As enzimas são liberadas no sustrato por microorganismos, tais como os fungos saprófitos. As reações que catalisam podem ser tanto para formação de um novo composto como para a decomposição de uma molécula grande em duas ou mais, pequenas.

Todos os heterótrofos (fungos e bactérias) liberam exoenzimas, ou seja, enzimas que são liberadas



exterior. Las enzimas catalizan la reacción de degradación del sustrato que es luego aprovechada por el organismo que las ingresa a sus células, es decir que “se las come”.

Hay varios tipos de enzimas, tales como las:

*Proteasas*: degradan proteínas.

*Amilasas*: degradan hidratos de carbono.

*Lipasas*: degradan los lípidos.

*Complejo celulasas* (de varias enzimas): degradan la celulosa.

#### 4.2.6 Formación de pigmentos

Los microorganismos pueden tener pigmentos en su interior. Entre ellos están la clorofila de color verde; los carotenos, de color rojo, anaranjado o amarillo; la ficobilinas o ficocianinas, de color azul y/o verde, y las melaninas de color negro.

También pueden ser resultado del metabolismo del organismo, dando colores negros, pardos y púrpuras como consecuencia de la metabolización del sustrato y en función de los productos resultantes.

### 5. Animales

Los animales también pueden contribuir al deterioro. Insectos xilófagos (carcomas), cucaracha de papel, ácaros, termitas, taladro, roedores, provocan un deterioro físico-mecánico, al “comer” el sustrato sobre el que se encuentran. En el caso particular de las hormigas, la construcción de hormigueros y túneles subterráneos, pueden debilitar la resistencia mecánica del suelo. Si esto ocurre debajo de una estructura o muy próxima a ella, puede llegar a inducir un hundimiento parcial de la misma (Figura 7).

Algunos pájaros pueden contribuir al deterioro de estructuras, pues en ciertos casos se ha comprobado que picotean los morteros para sacar granos de arena. También animales sueltos en el lugar, tales como perros u otros cuadrúpedos, pueden causar daño por interacción (apoyarse, orinar, rascar la superficie, etc.), incluyendo el guano que producen. Este puede resultar en un problema estético, en el caso de chorreaduras, o uno más grave, cuando hay acumulación de guano en áreas reparadas.

para o exterior. As enzimas catalisam a reação de degradação do substrato, que é logo aproveitada pelo organismo que a conduz às suas células, isto é, “que as come”.

Existem vários tipos de enzimas, tais como:

*Proteases*: degradam proteínas.

*Amilases*: degradam hidratos de carbono.

*Lipasas*: degradam lípidios.

*Complexo celulasas* (de várias enzimas): degradam a celulose.

#### 4.2.6 Formação de pigmentos

Os microorganismos podem ter pigmentos em seu interior. Entre eles está a clorofila, de cor verde; os carotenos, de cor vermelha, laranja ou amarela; a ficobilinas o ficocianinas, de cor azul e/ou verde, e as melaninas de cor negra.

Também podem ser resultantes do metabolismo do organismo, dando cores negras, pardas e púrpuras como consequência do metabolismo do substrato e em função dos produtos resultantes.

### 5. Animais

Os animais também podem contribuir com a deterioração. Insetos xilófagos (cupins), traças, ácaros, térmitas, brocas, roedores provocam uma deterioração físico-mecânica, ao “comer” o substrato sobre o qual se localizam. No caso particular das formigas, a construção de formigueiros e de túneis subterráneos pode enfraquecer a resistência mecânica do solo. Se isto ocorre sob uma estrutura ou em suas proximidades, pode provocar afundamentos ou assentamentos da mesma (Figura 7).

Alguns pássaros podem contribuir para a degradação de estruturas, pois em certos casos se comprovou que bicam as argamassas para extrair grãos de areia. Também animais soltos, tais como cachorros ou outros quadrúpedos, podem causar danos por interação (apoiar-se, urinar, rascar a superfície, etc.), incluindo os excrementos. Isto pode resultar em um problema estético, no caso de respingos, ou algo mais grave, quando há acumulação de fezes em áreas recuperadas. Se



Y se incluye aquí el de los murciélagos. El guano puede contener productos corrosivos para materiales calcáreos y también sales solubles, pero como



Figura 7. (a) Hormiguero en las proximidades de un pilar esquinero de una de las “casas de indios” (Santísima Trinidad, Paraguay).

*Formigueiro nas proximidades de um cunhal de uma das “casas de índios” (Santísima Trinidad, Paraguay).*

en general estos animales lo depositan en zonas cubiertas, el problema es potencial, pues sólo se activa con la presencia de agua líquida. Pero en todos los casos, es un problema higiénico que debe ser tenido en cuenta por las enfermedades que puede transmitir al hombre.

Es evidente que los animales, a excepción del hombre, no son los más nocivos para la conservación de estructuras. Pero a largo plazo, y si no se controlan, pueden ocasionar graves daños.

## 6. Epílogo

El biodeterioro es uno de los agentes importantes del deterioro del patrimonio construido. La biocolonización puede ser un problema grave si se abandona el objeto por largos períodos, pues el proceso de deterioro es lento pero efectivo.

Cabe señalar que las acciones del hombre, irónicamente el que creó este patrimonio, son las que más rápidamente lo destruye. Estas van, desde los conflictos bélicos hasta las acciones de conservación mal entendidas. Para este último caso, es de hacer notar que, ante una duda, es preferible no hacer nada antes que hacer algo mal.

incluem aqui as dos morcegos. As fezes podem conter produtos corrosivos para os materiais calcários e também sais solúveis, mas como em geral



Figura 7. (b) Hormigas ingresando al interior de un muro a través de la separación entre los mampuestos y el mortero de junta. (Santísima Trinidad, Paraguay).

*Formigas entrando no interior de um muro pelas juntas de argamassa entre os blocos. (Santísima Trinidad, Paraguay).*

estes animais as depositam em zonas cobertas, o problema é potencial, pois só se ativa na presença de água líquida. Mas em todos os casos, é um problema higiénico que deve ser levado em conta pelas enfermidades que pode transmitir ao homem.

É evidente que os animais, a exceção do homem, não são os mais nocivos para a conservação de estruturas. Mas em longo prazo, e se não são controlados, podem ocasionar graves danos.

## 6. Epílogo

A biodegradação é um dos agentes importantes da deterioração do patrimônio construído. A biocolonização pode ser um problema grave se o objeto for abandonado por grandes períodos, pois o processo de degradação é lento, mas efetivo.

Cabe assinalar que as ações do homem, ironicamente o que criou este patrimônio, são as que mais rapidamente o destroem. Estas vão desde os conflitos bélicos até as ações de conservação mal entendidas. Para este último caso, é de fazer notar que, perante uma dúvida, é preferível não fazer nada, a fazer mal.





## 6. TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN

A. Elena Charola y Marcela Cedrola

### 1. Introducción

Se entiende por tratamientos de conservación todas aquellas acciones dirigidas a eliminar o disminuir los factores de deterioro de un material a fin de reducir la velocidad de deterioro del objeto o estructura.

Los principales tratamientos de conservación son: la limpieza, eliminación de sales solubles, el control de la biocolonización, la consolidación del material y la hidrofugación.

### 2. Limpieza de superficies

El concepto de limpieza incluye toda acción dirigida a suprimir la suciedad o aditamentos que afectan la integridad original del objeto.

El tratamiento de limpieza es una operación delicada e irreversible, ya que todo lo que se elimine nunca podrá ser sustituido, por lo que debe ser efectuada por personal entrenado en ello.

Hay muchos métodos de limpieza, y la selección del más apropiado depende del tipo de depósito, sus componentes, así como del tipo de objeto a limpiar y su naturaleza. Cada método usará materiales y técnicas adecuadas. Por lo tanto, es preciso identificar los materiales constitutivos del objeto a limpiar y sus características, tales como tipo de piedra, tipo de argamasa, etc. Además, es necesario identificar el tipo de depósito o aditamento que aparece en la superficie.

Este último punto es fundamental pues, muchas veces los objetos adquieren una pátina que es el resultado natural del intemperismo. Y tales pátinas son en general protectoras y no deben ser quitadas. En tanto que otros depósitos, tales como la colonización biológica, la polución atmosférica, son comúnmente nocivos para el material del objeto. Por esta razón, la correcta identificación y caracterización de los depósitos superficiales es fundamental.

## 6. TRATAMENTOS DE CONSERVAÇÃO

A. Elena Charola y Marcela Cedrola

### 1. Introdução

Entende-se por tratamento de conservação todas as ações voltadas para eliminar ou diminuir os fatores de degradação de um material a fim de reduzir a velocidade de deterioração do objeto ou de sua estrutura.

Os principais tratamentos de conservação são: limpeza, eliminação de sais solúveis, controle da biocolonização, consolidação do material e hidrofugação.

### 2. Limpeza de superfícies

O conceito de limpeza inclui toda ação voltada a suprimir a sujeira ou depósitos que afetem a integridade original do objeto.

O tratamento de limpeza é uma operação delicada e irreversível, uma vez que tudo o que se elimine nunca poderá ser substituído, razão pela qual deve ser efetuada por pessoal especialmente treinado para tanto.

Existem muitos métodos de limpeza e a escolha do mais apropriado depende do tipo de deposição, seus componentes, assim como da natureza e do tipo de objeto a ser limpo. Cada método usará materiais e técnicas adequadas. Portanto é preciso identificar os materiais constitutivos do objeto e suas características, tais como o tipo de pedra, tipo de argamassa, etc. Além disso, é necessário identificar o tipo de deposição que se encontra na superfície.

Este último ponto é fundamental, pois, muitas vezes, os objetos adquirem uma pátina que é o resultado natural do intemperismo. Estas pátinas são, em geral, protetoras e não devem ser removidas. No entanto, outras deposições tais como a colonização biológica e a poluição atmosférica são geralmente nocivos para a matéria do objeto. Por esta razão, a correta identificação e caracterização das deposições superficiais são fundamentais. E



Y ésta debe ser realizada por expertos en el tema.

Una vez identificado el depósito y sus características, se puede decidir la metodología a utilizar en su eliminación.

## 2.1 Metodologías de limpieza

Hay diversos métodos de limpieza. En principio se pueden dividir en:

- a) los que se realizan en seco;
- b) los que se realizan por vía húmeda.

### 2.1.1 Métodos de limpieza en seco

El más sencillo es el **cepillado** utilizando cepillos de cerdas blandas, de modo de no dañar el material del sustrato. Este método se emplea para eliminar las acumulaciones de polvo sobre esculturas o detalles arquitectónicos esculpidos.

La **micro-abrasión** se utiliza en caso de depósitos muy duros y adherentes, tales como las concreciones calcáreas. Hace uso de un instrumento similar al de los dentistas, –un mini-equipamiento de arenado– y por lo tanto, sólo debe ser operado por personal que haya sido entrenado en su empleo adecuado y que tenga la experiencia suficiente para realizarla, además del criterio y la minuciosidad requeridas. De otra manera este método puede hacer mucho daño al sustrato.

También existen sistemas de “**arenado**” que pueden ser utilizados para grandes superficies. Se puede considerar un modelo a mayor escala del micro-abrasión. El equipo produce un chorro de partículas propulsadas a una cierta presión y que eliminan la suciedad por erosión. Pero su uso, la selección del material particulado, que no necesariamente es arena, su tamaño, forma y naturaleza, además de la presión a la que se propulsa, la distancia que media entre el pico que produce el chorro y la superficie, influirán en el resultado obtenido. La selección del material a utilizar y las condiciones del chorro que se utilizan deben ser adecuadas al material a limpiar y su resistencia mecánica. La superficie a limpiar debe estar “sana”, es decir, no debe estar escamándose o presentar pulverización superficial, ya que el método es agresivo y puede causar mucho daño a la superficie a limpiar.

debe ser realizada por especialistas no tema.

Uma vez identificada a deposição e suas características, pode-se decidir a metodologia a ser utilizada para sua eliminação.

## 2.1 Metodologias de limpeza

Existem diferentes métodos de limpeza. Em princípio, podem dividir-se em:

- a) os que se executam a seco;
- b) os que se executam por meios úmidos.

### 2.1.1 Métodos de limpeza a seco

O mais simples é a **escovação** utilizando escovas de cerdas macias, de modo a não danificar o material do substrato. Este método é empregado para eliminar as deposições de pó sobre esculturas ou detalhes arquitetônicos esculpidos.

A **micro-abrasão** se usa em caso de deposições muito duras e aderentes, tais como as concreções calcárias. Utiliza-se um instrumento similar ao dos dentistas, – um mini-equipamento de jato de areia. Portanto, só deve ser operado por pessoal que tenha sido capacitado para sua adequada utilização e que tenha a experiência suficiente para realizá-la, além do critério e da perícia requeridos. De outra forma, este método pode causar danos ao substrato.

Também existem sistemas de “**jato de areia**”, que podem ser utilizados para grandes superfícies. Pode ser considerado um modelo em maior escala da micro-abrasão. O equipamento produz um jato de partículas impulsionadas a certa pressão, que eliminam a sujeira por erosão. Mas o seu uso, a seleção do material granular (que não necessariamente é areia), seu tamanho, forma e natureza, além da pressão a que se propulsa, a distância intermediária entre o bico que produz o jato e a superfície, influirão no resultado a ser obtido. A seleção do material e as condições do jato a utilizar devem ser adequadas ao material a ser limpo e à sua resistência mecânica. A superfície a ser limpa deve estar “sã”, isto é, não deve estar escamando ou apresentar pulverização superficial, uma vez que o método é agressivo e pode causar danos à superfície a ser limpa.



Mientras que un operador con experiencia y criterio puede obtener una limpieza perfecta, otros pueden dañar irreversiblemente el sustrato del objeto. Por lo tanto, para utilizar este método es preciso contar con operarios especializados.

### 2.1.2 Métodos de limpieza por vía húmeda

Mientras que todos los métodos de limpieza por vía seca se basan en la acción mecánica, los métodos por vía húmeda pueden ser:

- a) de acción mecánica; o,
- b) de acción química.

#### 2.1.2.1 Acción mecánica

Entre los primeros se cuenta el “hidroarenado”, que es un método de arenado al que se le adjunta un chorro de agua, de modo que tiene la ventaja de no producir tanto polvo en el ambiente. El agua también actúa como lubricante y como amortiguador del golpe de las partículas sobre la superficie. Pero al tener una variable más (el chorro de agua mezclado con la arena) es más complicado de usar.

El “hidrolavado” usa solo el chorro de agua a presión. En este caso, el agua actúa como agente mecánico, y su correcta aplicación depende del tipo de pico que se utiliza para generar el chorro, la presión a la que se genera el chorro y su caudal. Como en todo método mecánico, el operario debe ser entrenado en la correcta aplicación del sistema. Y requiere además que el operador tenga el criterio necesario para usarlo correctamente.

#### 2.1.2.2 Acción química

En este caso, la limpieza se realiza mediante el uso de disolventes que ablandan o solubilizan la materia a eliminar, completándose el proceso con un “arrastre mecánico”, tales como un suave cepillado.

Para eliminar pequeñas áreas en esculturas se pueden usar hisopos o torundas de algodón. Para superficies más grandes, se utilizan compresas de un sólido inerte, que mantenga el producto aplicado, como ser un solvente, activo por más tiempo. En general se utilizan para eliminar capas muy gruesas, o muy insolubles, o para contaminantes

Enquanto que um operador com experiência e critério pode fazer uma limpeza perfeita, outros podem danificar irreversivelmente o substrato do objeto. Sendo assim, para utilizar este método é preciso contar com operários especializados.

### 2.1.2 Métodos de limpeza por meios úmidos

Enquanto todos os métodos de limpeza por via seca baseiam-se na ação mecânica, os métodos por meios úmidos podem ser:

- a) de ação mecânica; ou,
- b) de ação química.

#### 2.1.2.1 Ação mecânica

Entre os primeiros se insere o “hidroareiado”, um método de jateamento com areia ao qual se agrega água, que tem como vantagem não produzir tanto pó no ambiente. A água também atua como lubrificante e como amortecedor do impacto das partículas sobre a superfície. Mas, ao ter uma variável a mais (o jato d’água misturada com a areia) é mais complicado de usar.

Também se pode usar somente um jato de água com pressão, chamado “hidrolavagem”. Neste caso, a água atua como agente mecânico e sua correta aplicação depende do tipo de bico que se utiliza para gerar o jato, da pressão da água e de sua vazão. Como em todo método mecânico, o operador deve ser treinado para uma correta aplicação. Além disso, se requer que tenha o discernimento necessário para usá-lo adequadamente.

#### 2.1.2.2 Ação química

Neste caso, a limpeza é realizada mediante o uso de solventes que amolecem ou dissolvem a matéria a ser eliminada, completando-se o processo com uma “abrasão mecânica”, como uma escovada suave.

Para eliminar pequenas áreas em esculturas, podem ser usados cotonetes ou buchas de algodão. Para superfícies maiores, utilizam-se compressas de material sólido inerte, que mantenham o produto aplicado – como o solvente – ativo por mais tempo. Em geral, são utilizadas para eliminar camadas muito grossas ou muito insolúveis, ou



que se encuentran en el interior del sustrato, por ejemplo, las sales solubles.

Las compresas constan de dos ingredientes: un soporte inerte (como algodón, pulpa de papel, arcillas, geles, etc.), y un agente activo que actúa como solvente. La selección de este último, que puede ser simplemente agua, o una solución con detergente, y hasta un solvente orgánico, depende del material a eliminar de la superficie. Por lo tanto, es fundamental caracterizar correctamente el depósito, suciedad o impureza a eliminar para elegir el solvente adecuado.

Los detergentes sirven fundamentalmente para “mojar” los depósitos que muchas veces son hidrófobos por la presencia de materias orgánicas, tales como aceites. Un detergente es básicamente una molécula orgánica larga (un polímero) que tiene una punta o “cabeza” hidrófila y una punta o “cola orgánica” hidrófuga o lipofílica.

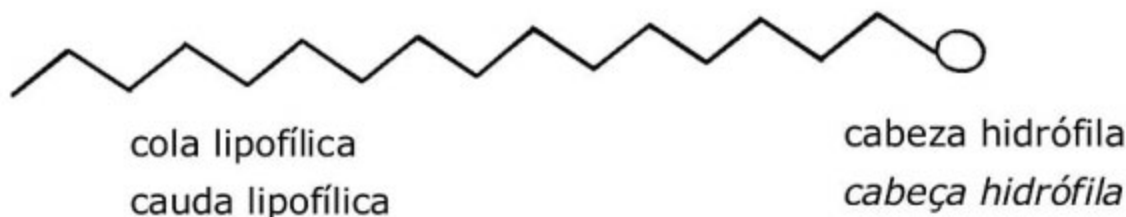


Fig. 1 Esquema de una molécula de detergente: a la izquierda la “cola” lipofílica (hidrófuga), y a la derecha la punta o cabeza hidrófila.

para contaminantes que se encuentran no interior do substrato, por exemplo, os sais solúveis.

As compresas são compostas por dois ingredientes: um suporte inerte (como algodão, polpa de papel, argilas, géis, etc.), e um agente ativo, que funciona como solvente. A seleção deste último, que pode ser simplesmente água ou uma solução com detergente e até mesmo um solvente orgânico, depende do material a ser eliminado da superfície. Portanto, é fundamental caracterizar corretamente a deposição, sujeira ou impureza a ser eliminada para escolher o solvente adequado.

Os detergentes servem, fundamentalmente, para “molhar” os sedimentos que, muitas vezes, são hidrófobos pela presença de matérias orgánicas tais como azeites. Um detergente é basicamente, uma molécula orgánica longa (um polímero) que tem uma ponta ou “cabeça” hidrófila e uma ponta ou “cauda orgánica”, hidrófuga ou lipofílica.

Fig. 1 Esquema de uma molécula de detergente: à esquerda a “cauda” hidrófila (hidrófuga), e à direita a ponta ou cabeça hidrófila.

La “cola” lipofílica se solubiliza en los materiales orgánicos como aceites o grasas, mientras que la cabeza hidrófila se solubiliza en el agua. De esta manera, “disuelve” el material orgánico en el agua.

Parte de la efectividad del detergente reside en que cambia la tensión superficial del agua, por lo que se los considera un surfactante, aunque hay otros productos surfactantes que no son detergentes. De la misma manera, todos los jabones son detergentes, pero no todos los detergentes son jabones.

A los efectos de uso en conservación, los detergentes llamados no-iónicos son los más recomenda-

A “cauda” lipofílica se solubiliza nos materiais orgánicos, como azeites ou graxas, enquanto a cabeça hidrófila se dissolve em água. Desta maneira, “dissolve” a matéria orgánica em água

Parte da eficácia dos detergentes reside em que eles mudam a tensão superficial da água, razão pela qual são considerados surfactantes, ainda que existam outros produtos surfactantes que não são detergentes. Da mesma maneira, todos os sabões são detergentes, mas nem todos os detergentes são sabões.

Para efeitos de uso em conservação, os detergentes chamados não-iônicos são os mais recomendáveis,



bles, pues no dejan en el material iones que puedan formar sales solubles.

pois não deixam nos materiais íons que possam formar sais solúveis.

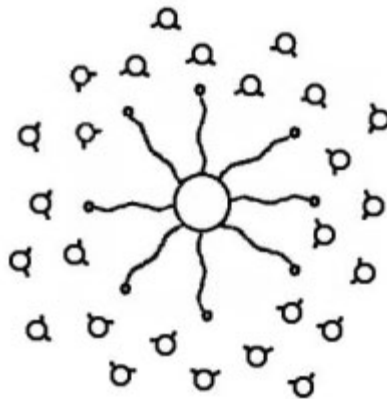


Fig. 2. El esquema muestra como el detergente “disuelve” una gota de aceite o grasa, en el centro del dibujo, en agua. Las moléculas de agua se orientan de acuerdo a la carga eléctrica de la cabeza del detergente. La cabeza puede tener una carga positiva (detergentes catiónicos), negativa (detergentes aniónicos, como el ejemplo mostrado) o no-iónica (detergentes no-iónicos).

Fig. 2 O esquema mostra como o detergente “dissolve” uma gota de azeite ou graxa, no centro do desenho, em água. As moléculas de água se orientam de acordo com a carga elétrica da cabeça do detergente. A cabeça pode ter uma carga positiva (detergentes catiônicos), negativa (detergentes aniônicos, como o exemplo mostrado) ou não-iônica (detergentes não-iônicos).

En las compresas, la función del material inerte de soporte es prolongar la acción del disolvente, manteniéndolo en contacto con la superficie de la materia que se pretende suprimir. Su espesor y su capacidad absorbente influyen en la variación del tiempo de acción de los disolventes, permitiendo elegir el soporte inerte más adecuado en cada caso.

Nas compresas, a função do material inerte de suporte é de prolongar a ação do solvente, mantendo-o em contato com a superfície da matéria que se pretende suprimir. Sua espessura e sua capacidade de absorção influem na variação do tempo de ação dos solventes, permitindo a escolha do suporte inerte mais adequado para cada caso.

La acción de las compresas se basa en que el solvente, al estar embebido en el soporte inerte, está en contacto por más tiempo con la superficie del objeto. Esto permite al solvente: difundir en el depósito, y aún dentro del sustrato (caso de la presencia de sales solubles), disolver el material a eliminar, y, a medida que la compresa se seca, redifundir hacia la compresa, donde se concentrará el material solubilizado. Para prolongar esta acción, las compresas se cubren muchas veces con un film de polietileno, de modo de reducir la velocidad de su secado.

A ação das compresas se baseia em que o solvente, ao estar embebido no suporte inerte, fica por mais tempo em contato com a superfície do objeto. Isto permite ao solvente: se difundir no interior da deposição e ainda no substrato (no caso da presença de sais solúveis), dissolver o material a ser eliminado e, à medida que a compresa for secando, voltar a se difundir na compresa, onde se concentrará o material dissolvido. Para prolongar esta ação, muitas vezes as compresas são cobertas com um filme de polietileno, a fim de reduzir a velocidade de secagem.

Aunque el sistema de compresas es muy útil, tiene, como todos los métodos, sus problemas. Entre estos cabe señalar que:

Ainda que o sistema de compresas seja muito útil, tem, como todos os métodos, seus problemas. Entre estes, cabe apontar que:



Impiden la observación directa de la superficie de la obra que se está tratando, por lo que requiere de mucho cuidado en su aplicación, y de experiencia en determinar el tiempo que se ha de dejar la compresa.

Si la superficie es pulverulenta o se encuentra débilmente adherida, puede ser dañada por la compresa cuando ésta se quita.

## 2.2. Conclusiones

A primera vista, la limpieza aparece como uno de los procedimientos más fáciles a implementar. Sin embargo, esta apariencia es engañosa, pues la limpieza de superficies, dentro de la cual se puede incluir la eliminación de sales solubles y la de la colonización biológica, es una operación que requiere la colaboración de profesionales que puedan identificar el problema así como el material que lo presenta. Requiere asimismo de la destreza manual que implica la aplicación del sistema utilizado, como el criterio necesario para determinar la mejor manera de implementar la aplicación.

## 3. Eliminación de sales solubles

La presencia de sales solubles es uno de los factores más importantes en el deterioro de los materiales porosos y por lo tanto es importante eliminarlas. Pero antes de tratar de su eliminación se debe saber el origen de la presencia de estas sales. ¿De donde provienen? ¿Cómo llegaron a concentrarse? ¿Continúa su penetración en el sustrato?

La determinación del tipo de sales presentes puede dar una idea de su origen. El yeso, sulfato de calcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) puede originarse por reacción de la polución aérea con materiales calcáreos como los morteros de cal. Pero esta sal, así como otros sulfatos más solubles de sodio o magnesio, también están presentes en los suelos y pueden penetrar en el material poroso por ascenso capilar.

El diagnóstico del origen de las sales requiere no sólo del análisis químico de las mismas sino también de la experiencia para poder identificar, en base a la localización de las eflorescencias, el cami-

Impede a observação direta da superfície da obra que está sendo tratada, razão pela qual requer muito cuidado em sua aplicação e experiência para determinar o tempo que se deve deixar a compresa.

Se a superfície é pulverulenta ou se encontra mal aderida esta pode ser danificada pela compresa quando de sua retirada.

## 2.2 Conclusões

À primeira vista, a limpeza aparece como um dos procedimentos mais fáceis de implementar. No entanto, esta aparência é enganosa, pois a limpeza de superfícies, dentro da qual se pode incluir a eliminação de sais solúveis e a eliminação de colonização biológica, é uma operação que requer a cooperação de profissionais que possam identificar o problema, assim como o material que o apresenta. Requer também a destreza manual necessária para a aplicação do sistema utilizado, bem como o critério para determinar a melhor maneira de implementar a aplicação.

## 3. Eliminação de sais solúveis

A presença de sais solúveis é um dos fatores mais importantes na deterioração dos materiais porosos e, portanto, é importante eliminá-los. Mas antes de tratar de sua eliminação, deve-se saber a origem da presença destes sais. De onde provêm? Como se concentraram? A sua penetração no substrato continua?

A determinação do tipo de sais presentes pode dar uma idéia de sua origem. O gesso, sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) pode originar-se por reação da poluição aérea com os materiais calcários, como as argamassas de cal. Mas este sal, assim como outros sulfatos mais solúveis de sódio ou magnésio, também está presente nos solos e pode penetrar no material poroso por ascensão capilar.

O diagnóstico da origem dos sais requer, além de sua análise química, experiência para poder identificar, a partir da localização das eflorescên-



no por ellas recorrido, y de ahí, su punto de ingreso. Es evidente que la eliminación de sales solubles sólo tiene sentido si previamente se han tomado medidas para evitar el continuado ingreso de las mismas.

### 3.1 Metodologías

La eliminación de sales solubles se realiza por métodos aparentemente sencillos. El problema reside en que no son muy eficientes dado que las sales no sólo se encuentran en superficie sino que también están distribuidas, y no necesariamente de forma homogénea, dentro del material mismo.

Si hay eflorescencias, el método más sencillo de eliminación es por acabado cepillado en seco, cuidando recoger todas las sales eliminadas con una palita o, en su defecto, sobre un papel, de modo de evitar que caigan al suelo y de allí vuelvan a penetrar al material poroso cuando llueve o cuando el rocío las disuelva. El mejor sistema es usar una aspiradora y luego vaciar la bolsa con todo cuidado en un recipiente que se descarte lejos del sitio.

Como las sales solubles tienden a migrar hacia la superficie, si este proceso se repite regularmente a lo largo de varios años, se conseguirá eliminarlas. Es un proceso lento que requiere constancia y paciencia.

El proceso se puede acelerar algo por la aplicación de compresas con agua, una vez removidas las eflorescencias superficiales en seco. Conviene aplicar las compresas y dejarlas en el sitio hasta casi secas, pues así se extraerá la mayor parte de las sales.

Al aplicar la compresa húmeda, el agua de la compresa penetra en la piedra por absorción capilar, disuelve al menos parte de las sales que encuentra en los poros del substrato, y luego, al evaporar, cosa que fundamentalmente hará por la superficie externa de la compresa, traerá consigo las sales disueltas que se concentrarán en la compresa.

cias, o caminho percorrido e o local de seu acesso. É evidente que a eliminação de sais solúveis só tem sentido se, previamente, foram tomadas medidas para evitar a continuidade do seu ingresso.

### 3.1 Metodologias

A eliminação de sais solúveis se realiza por métodos aparentemente simples. O problema está em que não são muito eficientes, uma vez que os sais não se encontram apenas na superfície, mas também estão distribuídos - e não necessariamente de forma homogênea - no interior do material.

Se existem eflorescências, o método mais simples de eliminação é por uma cuidadosa escovação a seco, tendo o cuidado de recolher todo o sal eliminado com uma pазinha ou, em sua ausência, sobre um papel, de forma a evitar que caia no solo e volte a penetrar no material poroso quando chover ou quando o orvalho o dissolver. O melhor sistema é usar um aspirador, e logo esvaziar a bolsa, com todo o cuidado, em um recipiente a ser descartado longe do local tratado.

Como os sais solúveis tendem a migrar para a superfície, se este processo for repetido regularmente ao longo de vários anos, será possível eliminá-los. É um processo lento, que requer persistência e paciência.

O processo pode ser um pouco acelerado pela aplicação de compresas com água, uma vez removidas as eflorescências superficiais a seco. Convém aplicar as compresas e deixá-las no local até que estejam quase secas, pois assim se poderá extrair a maior parte dos sais.

Ao aplicar a compresa úmida, a água da compresa penetra na pedra por absorção capilar, dissolve ao menos parte dos sais que encontra nos poros do substrato, e, ao evaporar - ação que fundamentalmente se dará pela superfície externa da compresa - trará consigo os sais dissolvidos, que se concentrarão na compresa.



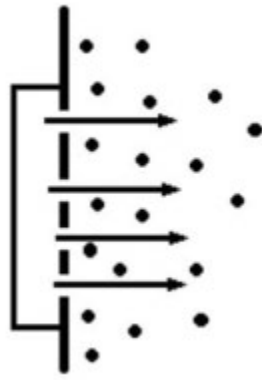


Fig. 3 Esquema del funcionamiento de una compresa para la eliminación de sales solubles: el agua de la compresa al entrar en el material con sales, disuelve éstas y las hace penetrar hacia el interior (izquierda). Al secar la compresa por evaporación del agua, el agua redifunde hacia la compresa acarreando las sales hacia ella (derecha). Es muy difícil eliminar todas las sales, pues están muy distribuidas por todo el material.

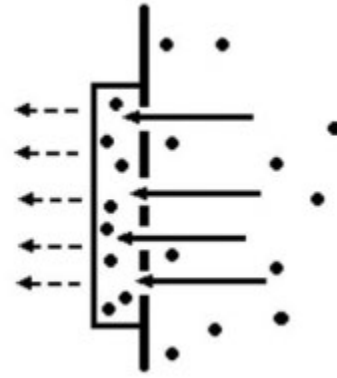


Fig. 3 Esquema do funcionamento de uma compresa para a eliminação de sais solúveis: a água da compresa, ao penetrar no interior de um material com sal, provoca sua dissolução (esquerda). Com a evaporação da água pela secagem da compresa, a água do material retorna, trazendo os sais para a compresa (direita). É muito difícil eliminar todo o sal, pois ele se difunde pelo material.

La primera compresa aplicada será la más eficiente, las subsiguientes extraerán muchas menos sales. Esto no implica que se han extraído todas las sales, sino que se han extraído las que estaban en la zona de influencia de la compresa, pues parte de las sales migran hacia el interior de la piedra como resultado de la absorción capilar de la misma.

Por lo tanto, la manera más sencilla y eficiente de eliminación de sales (que muchas veces no es factible en la práctica por razones logísticas) es la de eliminar las eflorescencias por vía seca y subsecuentemente aplicar una sola compresa. Esperar un tiempo, que puede ser de semanas hasta meses, hasta observar que nuevamente se forman eflorescencias y sólo entonces repetir el proceso.

### 3.2 Conclusiones

La eliminación de sales solubles requiere que previamente se identifique su origen de manera de poder eliminar, o al menos disminuir, la fuente de contaminación. Recién entonces se podrá proceder a su eliminación. Es evidente que estos métodos conviene aplicarlos cuando el ambiente esté seco de modo que la mayor parte de las sales estén cristalizadas, tanto en la superficie como eflorescencia,

A primeira compresa aplicada será a mais eficiente; as seguintes vão extrair muito menos sal. Isto não implica que se haja extraído todo o sal, mas que se extraiu o que estava na zona de influência da compresa, pois parte dos sais migram para o interior da pedra como resultado da absorção capilar da mesma.

Portanto, a maneira mais simples e eficiente de eliminação de sais (que muitas vezes não é possível executar na prática por razões logísticas) é eliminar as eflorescências por via seca e, subseqüentemente, aplicar apenas uma compresa. Esperar um tempo, que pode ser de semanas ou meses, até observar que novamente se formam eflorescências, e só então repetir o procedimento.

### 3.2 Conclusões

A eliminação de sais solúveis requer que se identifique previamente a sua origem, de maneira a ser possível eliminar ou ao menos diminuir a fonte de contaminação. Só então se poderá proceder à sua eliminação. É evidente que estes métodos devem ser aplicados quando o ambiente esteja seco, de modo que a maior parte dos sais esteja cristalizada, tanto na superfície, como eflorescência, quanto no





como en el interior, ya sea como subflorescencias o criptoflorescencias aún a mayor profundidad.

La eliminación de las eflorescencias se podrá realizar por vía seca, y la de las subflorescencias, por vía húmeda. El proceso requiere de sucesivas aplicaciones que, raramente pueden ser ejecutadas en un breve período. Y requiere de una monitorización y control regular para poder determinar el mejor momento para la intervención.

## 4. Control de la biocolonización

### 4.1 Introducción

La biocolonización más visible es el crecimiento de vegetación infestante, desde los pastos (gramíneas), a arbustos y, eventualmente, a árboles. En el caso de estructuras, se debe recordar que sobre una superficie se deposita el polvo, polen, esporas y bacterias presentes en el aire. De esta manera se forma una capa “fértil” que facilita el desarrollo de microorganismos, tales como las algas unicelulares, comúnmente llamado “*biofilm*”. Este facilita el desarrollo de microorganismos tales como las bacterias, algas y hongos. Una vez establecidos éstos, se pueden desarrollar los líquenes, que son asociaciones de un alga con un hongo, y se tiene un campo fértil para el desarrollo de musgos, hepáticas (Marchantiophyta) y helechos.

Para controlar estos crecimientos existen varios métodos, los más importantes son los químicos y los mecánicos.

Siempre que se aplique un biocida, cualquiera sea, hay que tener en cuenta la toxicidad del mismo, ya sea para el operador (quien sólo ha de manipular y aplicar los productos debidamente protegido), como para el medio ambiente, teniendo cuidado de no dejar residuos en las zonas aplicadas, y finalmente, disponiendo debidamente de los envases vacíos.

### 4.2 Productos biocidas

Los biocidas son productos químicos que, en general tienen acción específica para ciertos organismos, por ejemplo, para hongos (fungicidas), para algas (alguicidas), para bacterias (bactericidas) o para hierbas (herbicidas).

interior, como subflorescência, e, a uma profundidade ainda maior, como criptoflorescências.

A eliminação das eflorescências poderá ser realizada a seco, e a das subflorescências por via úmida. O processo requer sucessivas aplicações, que raramente podem ser executadas em curto prazo. E exige monitoramento e verificação regulares para poder determinar o melhor momento para a intervenção.

## 4. Controle da biocolonização

### 4.1 Introdução

A biocolonização mais visível é o crescimento de vegetação invasora, desde os pastos (gramíneas) aos arbustos e, eventualmente, as árvores. No caso de estruturas, deve-se recordar que sobre uma superfície se deposita o pó, pólen, esporos e bactérias presentes no ar. Desta maneira, forma-se uma camada “fértil” que facilita o desenvolvimento de microorganismos, tais como as algas unicelulares, comumente chamado “*biofilme*”. Ele facilita o desenvolvimento de microorganismos, tais como as bactérias, algas e fungos. Uma vez estabelecidos, podem desenvolver-se líquens, que são associações de algas com fungos; e, se têm campo fértil para o desenvolvimento de musgos, hepáticas (Marchantiophyta) e samambaias.

Para controlar o desenvolvimento destes organismos existem vários métodos; os mais importantes são os químicos e os mecânicos.

Sempre que se aplique um biocida, qualquer que seja, deve-se considerar sua toxicidade, tanto para o operador (que só deve manipular e aplicar os produtos debidamente protegido), como para o meio ambiente, tendo o cuidado de não deixar resíduos nas zonas aplicadas, e finalmente, descartando adequadamente as embalagens vazias.

### 4.2 Produtos biocidas

Os biocidas são produtos químicos que, em geral, têm ação específica para certos organismos, por exemplo, para fungos (fungicidas), para algas (alguicidas), para bactérias (bactericidas) ou para ervas (herbicidas).



También hay productos inorgánicos que se puede utilizar. El más difundido es la lavandina, el hipoclorito de sodio. Este producto **NO** debe utilizarse para el caso de estructuras arqueológicas o históricas de valor, pues deja residuos de sales solubles introduciendo un nuevo factor de deterioro.

Pero sí se puede utilizar el agua oxigenada de 10 ó 20 volúmenes, ya que ésta no deja residuos de ninguna especie. Se hace notar que no tiene efecto residual, de modo que no protege la superficie de recolonización.

Respecto a los biocidas comerciales, son **desaconsejados** por su alta toxicidad los formulados en base a productos organofosforados, organoclorados, piridinas y carbamidas.

Hasta la fecha, los biocidas que han dado mejor resultado en la eliminación de la biocolonización de estructuras históricas o arqueológicas, son los formulados a base de sales de amonio cuaternario, tales como el cloruro de benzalconio. Estos biocidas tienen una baja acción residual —a veces llegan a algunos años— pero no matan las esporas. Se hace notar que la acción de estos biocidas no es instantánea, sino que su efecto se nota recién luego de unos meses.

### 4.3 Aplicación de biocidas

La aplicación de un biocida conviene hacerla sólo sobre la colonización fina, adherente a la superficie. Conviene además, realizar la aplicación en la época en que la mayor parte de las plantas hayan perdido sus hojas. Es decir, en invierno antes de la primavera. Por lo tanto, si hay una colonización de pastos, helechos o musgos, éstos deben ser erradicados manualmente y con un cepillado suave, de modo de eliminar todo el crecimiento mayor eliminando al mismo tiempo el exceso de polvo acumulado, que de otra manera absorbe una gran cantidad de biocida que luego entra en el medio ambiente.

Los arbustos y árboles que se desarrollan dentro de juntas de las estructuras, deben ser cortados a ras de la superficie sin tratar de eliminar las raíces que quedan adentro. Para evitar que renazca la planta,

Também existem produtos inorgânicos que podem ser utilizados. O mais difundido é a água sanitária ou hipoclorito de sódio. Este produto **NÃO** deve ser utilizado para o caso de estruturas arqueológicas ou de valor histórico, pois deixa como resíduos sais solúveis, introduzindo um novo fator de deterioração.

Mas pode-se utilizar água oxigenada de 10 ou 20 volumes, uma vez que esta não deixa resíduos de nenhuma espécie. Deve-se considerar que não tem efeito residual, de modo que não protege a superfície de nova colonização.

No que se refere aos biocidas comerciais, são **desaconselhados**, por sua alta toxicidade, os formulados com base em produtos organofosforados, organoclorados, piridinas e carbamidas.

Até o momento, os biocidas que deram melhores resultados na eliminação da biocolonização em estruturas históricas ou arqueológicas foram os formulados à base de sais de amônio quaternário, tais como o cloreto de benzalcônio. Estes biocidas têm uma baixa ação residual — às vezes chegam a alguns anos — mas não matam os esporos. Deve-se considerar que a ação destes biocidas não é instantânea, mas que seu efeito se nota depois de alguns meses.

### 4.3 Aplicação de biocidas

É conveniente aplicar um biocida apenas sobre uma colonização fina, aderente à superfície. Além disso, é também conveniente realizar a aplicação na época em que a maior parte das plantas tenha perdido suas folhas, ou seja, no inverno, antes da chegada da primavera. Portanto, se há uma colonização de gramíneas, samambaias ou musgos, esta deve ser erradicada manualmente e com uma escovação suave, de modo a eliminar o maior crescimento, eliminando ao mesmo tempo o excesso de pó acumulado, que poderá absorver uma grande quantidade de biocida, que ficará no ambiente.

Os arbustos e árvores que se desenvolvem no interior das juntas das estruturas devem ser cortados rentes à superfície, sem tratar de eliminar as raízes que estão no interior. Para evitar que a planta se recupere, pode-se injetar um herbicida o um bio-



se puede inyectar un herbicida o un biocida, como el amonio cuaternario mencionado anteriormente.

Una vez que se tiene la superficie relativamente limpia de todas las plantas foliosas y musgos, se puede aplicar el biocida para eliminar los hongos, algas y líquenes. El agua oxigenada conviene aplicarla en compresas, pues no conviene aplicarla a pincel o por aspersión ya que se descompone rápidamente. La solución (entre el 3 y el 5% v/v) del biocida en base a sales de amonio cuaternario, puede aplicarse por spray o aspersión, a pincel o por compresas. Se recuerda que su acción, a diferencia de la del agua oxigenada, **NO** es inmediata, por lo que se ha de esperar unos meses para ver su acción.

Una vez que el biocida tuvo su efecto, lo que se nota sobre todo en los líquenes porque se comienzan a desprender solos, se debe realizar una limpieza superficial, por cepillado en seco o húmedo.

Hay algunos líquenes que son muy resistentes, y pueden necesitar la reaplicación puntual del biocida. Es más efectivo y mejor para el medio ambiente, aplicar una solución diluida del biocida, y reaplicarla en unos meses, que hacer una sola aplicación de una solución más concentrada.

La limpieza puede completarse con la aplicación de compresas de una solución carbonato de amonio  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ , concentración 20% p/v (peso/volumen) o sea 20 g en 100 ml.

#### 4.4 Conclusiones

La eliminación de la colonización biológica es fundamental para la conservación de estructuras arqueológicas, tales como las de las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes. Pero se debe tener en cuenta que esta actividad es realmente una actividad de mantenimiento, pues aunque el biocida aplicado sea efectivo por unos años, los micro y macro-organismos vuelven a crecer. Por lo tanto, es fundamental planear la operación con tiempo y en el tiempo.

Muchas veces, la eliminación de la colonización biológica en la estructura se realiza al mismo tiempo de una intervención extraordinaria, pues es entonces que se tienen andamios para acceder a las

cida, como el amônio quaternário anteriormente mencionado.

Uma vez que se tenha a superfície relativamente limpa de todas as plantas folhosas e de musgos, pode-se aplicar o biocida para eliminar os fungos, algas e líquens. A água oxigenada deve ser aplicada em compresas, pois não convém aplicá-la com pincel ou por aspersão, uma vez que ela se decompõe rapidamente. A solução (entre 3 e 5% p/volume) do biocida à base de sais de amônio quaternário pode ser aplicada por spray ou aspersão, com pincel ou por compresas. Reitera-se que sua ação, diferentemente da água oxigenada, **NÃO** é imediata, razão pela qual devemos esperar alguns meses para verificar sua ação.

Uma vez que o biocida fez efeito, o que se nota principalmente nos líquens porque começam a se desprender, deve-se realizar uma limpeza superficial, com uma escova seca ou úmida.

Existem alguns líquens que são muito resistentes que podem necessitar uma reaplicação pontual de biocida. É mais eficiente e melhor para o meio ambiente aplicar uma solução diluída do biocida e reaplicá-la em alguns meses, do que fazer uma única aplicação de uma solução mais concentrada.

A limpeza pode ser concluída com a aplicação de compresas de uma solução de carbonato de amônio  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ , concentração 20% p/v (peso/volume), ou seja, 20g em 100 ml.

#### 4.4 Conclusões

A eliminação da colonização biológica é fundamental para a conservação de estruturas arqueológicas, tais como as das Missões Jesuíticas dos Guaraníes. Mas deve-se considerar que esta é uma atividade de manutenção, pois ainda que o biocida aplicado seja eficaz por alguns anos, os micro e macro-organismos voltam a crescer. Portanto, é fundamental planejar a operação com tempo e ao longo do tempo.

Muitas vezes a eliminação da colonização biológica em uma estrutura se realiza durante uma intervenção extraordinária, pois é quando há andaimes para alcançar as partes mais altas. E justamente



partes más altas. Y justamente por que sólo se accede a esos sitios ocasionalmente, es que se debe planear la aplicación de biocida. Por ejemplo, se tiene experiencia que la aplicación de los biocidas a base de sales de amonio cuaternario, llevan unos meses en mostrar su efectividad. Y que, los microorganismos, una vez muertos, se desprenden solos. Esto quiere decir que, en el caso de limpieza de mamposterías altas, no es preciso hacer una limpieza “perfecta” sino que es importante asegurarse que el biocida se haya aplicado uniformemente. Si se sabe que hay organismos muy resistentes, como ciertos líquenes, se puede aumentar, para estos casos específicos, la concentración del biocida a un 10% v/v, pero no es necesario cepillar inmediatamente después. El tiempo, y la lluvia eliminarán los organismos muertos.

En zonas más visibles y con tallas, –recién luego de tres meses de aplicado el biocida–, puede ser necesario un suave cepillado o, en los peores casos, la aplicación de compresas con carbonato de amonio, para completar la limpieza. Hay algunos organismos, como los llamados “hongos blancos” (en realidad son líquenes crustosos) que son muy resistentes y difíciles de eliminar. En estos casos conviene dejarlos, pues el tratar de eliminarlos a toda costa induce más daño de lo que inducen estos organismos.

En resumen, la eliminación de la biocolonización es una actividad que debe ser considerada de mantenimiento regular para el caso de las Misiones. Se debe planificar para hacerla lo más eficiente posible de modo de minimizar el trabajo requerido así como el uso de biocidas y herbicidas.

## 5. Tratamientos consolidantes

El deterioro de los materiales porosos resulta en la disminución de su resistencia mecánica por acción de los varios factores de deterioro. Esta menor resistencia resulta en una aceleración del deterioro de manera que, con el tiempo, la velocidad de deterioro incrementa de manera exponencial.

Para tratar de proporcionar al material debilitado una mayor resistencia, se puede aplicar un tratamiento consolidante. Hay muchos productos que

porque sólo se tem acceso a estos puntos ocasionalmente, é que se deve planejar a aplicação do biocida. Por exemplo, tem-se a experiência de que a aplicação dos biocidas a base de sais de amônio quaternário, leva alguns meses para demonstrar sua eficácia. E que os microorganismos mortos, logo se desprendem. Isto quer dizer que, no caso de limpeza de alvenarias altas, não é preciso fazer uma limpeza “perfeita”, mas é importante assegurar que o biocida tenha sido aplicado uniformemente. Quando se sabe que existem organismos muito resistentes, como certos líquens, pode-se aumentar, nestes casos específicos, a concentração do biocida para 10% v/v, mas não é necessário escovar imediatamente após. O tempo e a chuva eliminarão os organismos mortos.

Em zonas mais visíveis e com relevos – apenas após três meses da aplicação do biocida –, pode ser necessária uma suave escovada e, nos casos piores, a aplicação de compresas com carbonato de amônio para completar a limpeza. Existem alguns organismos, como os chamados “fungos brancos”, (na realidade são líquens crustosos) que são muito resistentes e difíceis de eliminar. Nestes casos, é conveniente deixá-los, pois tratar de eliminá-los a qualquer custo pode causar mais danos do que estes organismos provocam.

Em resumo, a eliminação da biocolonização é uma atividade que deve ser considerada como de manutenção rotineira para o caso das Missões. Deve-se planejar para fazê-la o mais eficiente o possível de forma a minimizar o trabalho requerido bem como o uso de biocidas e herbicidas.

## 5. Tratamentos consolidantes

A deterioração dos materiais porosos provoca a diminuição de sua resistência mecânica, por ação dos vários fatores de degradação. Esta menor resistência resulta na aceleração da degradação, de forma que, com o tempo, a velocidade de deterioração aumenta de maneira exponencial.

Para tratar de proporcionar ao material debilitado uma maior resistência, pode-se aplicar um tratamento consolidante. Existem muitos produtos



se pueden obtener en el mercado, y su elección no puede ser realizada solamente en base a las indicaciones dadas por las empresas que los producen o venden. Se requieren estudios de laboratorio para asegurarse que el producto elegido produzca el resultado deseado.

Los productos consolidantes se pueden dividir en productos inorgánicos y en productos orgánicos. Entre los productos inorgánicos, el agua de cal es el que se ha usado tradicionalmente para la consolidación de piedras calizas y también para materiales cerámicos, si éstos fueron calcinados a temperaturas relativamente bajas.

Los productos orgánicos se pueden agrupar de acuerdo al tipo de resina utilizada en su formulación. Los principales tipos de resinas son las acrílicas, las epoxídicas, los poliuretanos y los silicatos de etilo.

## 5.2 Agua de cal

El agua de cal ha sido utilizada fundamentalmente en Inglaterra para consolidar las piedras calizas locales. No es un método muy eficiente, pero tiene la gran ventaja que no produce ninguna reacción negativa. Se basa en la carbonatación de la cal tal como ocurre en un mortero (ver Capítulos 7 y 8). No se recomienda su uso sobre materiales coloreados ya que la formación del carbonato de calcio resultará en un velo blancuzco sobre la superficie.

Pero el agua de cal también se puede utilizar para la consolidación de materiales cerámicos, como las baldosas en las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes. El principio de consolidación se basa en la reacción puzolánica entre la cal y las arcillas calcinadas a temperatura relativamente baja, resultando en la formación de compuestos hidráulicos. Estos últimos, con la presencia del agua, reaccionan como un cemento consolidando el material cerámico.

## 5.2 Resinas acrílicas

Estos materiales, como el Paraloid B72, han sido muy utilizados en el pasado, pero se ha encontrado que, para monumentos exteriores, tienen el inconveniente que los materiales tratados con ellos se ensu-

que podem ser obtidos no mercado e sua escolha não pode ser realizada somente a partir das indicações fornecidas pelas empresas que os produzem ou comercializam. São necessários estudos de laboratório para se assegurar que o produto escolhido produza o resultado desejado.

Os produtos consolidantes podem ser divididos em produtos inorgânicos e orgânicos. Entre os produtos inorgânicos, a água de cal é o que tem sido usado tradicionalmente para a consolidação de pedras calcárias assim como para materiais cerâmicos se estes foram cozidos a temperaturas relativamente baixas.

Os produtos orgânicos podem ser agrupados de acordo com o tipo de resina utilizada em sua formulação. Os principais tipos de resinas são as acrílicas, as epoxídicas, os poliuretanos e os silicatos de etilo.

## 5.1 Água de cal

A água de cal foi utilizada fundamentalmente na Inglaterra para consolidar as pedras calcárias locais. Não é um método muito eficiente, porém tem a grande vantagem de não produzir nenhuma reação negativa. Baseia-se na carbonatação da cal, tal como ocorre numa argamassa (ver Capítulos 7 e 8). Não se recomenda seu uso sobre materiais coloridos, uma vez que a formação do carbonato de cálcio resultará em uma veladura esbranquiçada na superfície.

Mas a água de cal também pode ser utilizada para a consolidação de materiais cerâmicos, como as lajotas das Missões Jesuíticas dos Guaraní. O princípio da consolidação se baseia na reação puzolânica entre a cal e as argilas calcinadas a uma temperatura relativamente baixa, resultando na formação de compostos hidráulicos. Estes últimos, com a presença da água, reagem como um cimento, consolidando o material cerâmico.

## 5.2 Resinas acrílicas

Estes materiais, como o Paraloid B72, foram muito utilizados no passado, mas se descobriu que, aplicados a monumentos localizados em áreas externas, eles sujam-se mais rapidamente que os



cian mucho más rápido que los no tratados. Sin embargo es importante recordar que, para uso en objetos en interiores, como en el caso de museos, es una de las resinas que mejor resultado ha dado.

### 5.3 Resinas epoxídicas

Estas resinas se utilizan sobre todo para unir piezas quebradas dada su excelente adherencia a los materiales inorgánicos como la piedra. Ha sido utilizada como consolidante en el pasado (en los años '70) pero hoy en día hay productos mucho mejores que cumplen esta función.

### 5.4 Poliuretanos

Estas resinas se han empezado a utilizar hace unos 10 años, sobre todo en Alemania, pero no se han mostrado mejores que los silicatos de etilo, por lo que su uso no se ha generalizado

### 5.5 Silicatos de etilo

Químicamente estas resinas son ésteres alquílicos del ácido silícico y las más utilizadas son los ésteres etílicos. Son las que actualmente se utilizan con mejor resultado y hay una larga lista de monumentos consolidados con este producto en los últimos 30 años. Se debe tener en cuenta que hay muchos productos basados en este tipo de resina, tales como el Wacker OH uno de los primeros puestos en venta. No sólo los fabricantes de este tipo de resina venden estos productos, sino que existen muchos reformuladores que, comprando el principio activo, varían su concentración, solvente y catalizador, de modo que el comportamiento del producto variará.

Es importante considerar que el control de calidad de una empresa mayor, es en general, mejor que el de las empresas reformuladoras. Conviene mencionar que en los últimos 10 años se han introducido importantes mejoras en estos productos, tales como el desarrollo de resinas elasticadas, que son menos rígidas y evitan un cambio brusco entre la resistencia del material original y del consolidado. Entre ellas cabe mencionar las desarrolladas por la empresa Remmers.

não tratados. Não obstante, é importante recordar que, para o uso em objetos localizados em interiores, como no caso de museus, é uma das resinas que deram melhores resultados.

### 5.3 Resinas epoxídicas

Estas resinas são utilizadas principalmente para unir peças quebradas dada sua excelente aderência a materiais inorgânicos, como a pedra. Foi utilizada como consolidante no passado (nos anos 70), mas hoje em dia existem produtos muito melhores para esta função.

### 5.4 Poliuretanos

Estas resinas começaram a ser utilizadas há cerca de 10 anos, principalmente na Alemanha, mas não demonstraram ser melhores que os silicatos de etilo, razão pela qual seu uso não se generalizou.

### 5.5 Silicatos de etilo

Quimicamente, estas resinas são ésteres alquílicos do ácido silícico e os mais utilizados são os ésteres etílicos. São as que atualmente se utilizam com melhor resultado e existe uma longa lista de monumentos consolidados com este produto nos últimos 30 anos. Deve-se considerar que existem muitos produtos baseados neste tipo de resina, tais como o Wacker OH, um dos primeiros postos à venda. Não só os fabricantes deste tipo de resina vendem estes produtos, mas também existem muitos reformuladores que, comprando o princípio ativo, variam sua concentração, solvente e catalizador, de modo que o comportamento do produto variará.

É importante considerar que o controle de qualidade de uma empresa maior é, geralmente, melhor que o das empresas reformuladoras. Convém mencionar que nos últimos 10 anos, foram introduzidos importantes melhoramentos nestes produtos, tal como o desenvolvimento de resinas elasticadas, que são menos rígidas e evitam mudanças bruscas entre a resistência do material original e do consolidado. Entre eles, cabe mencionar os desenvolvidos pela empresa Remmers.



## 5.6 Conclusiones

Tanto la selección como la aplicación de un consolidante debe ser realizada por personal idóneo. No sólo es fundamental realizar un estudio previo para asegurarse que la consolidación del material en cuestión resultará eficaz y que no introducirá cambios negativos en el material. Por ejemplo, dada las muchas variables en las formulaciones de un tipo de resina, puede resultar que una formulación resulte en un material consolidado que aunque absorba menos agua tarde más tiempo en secar (característica negativa) que el material original o que el material tratado con otra formulación.

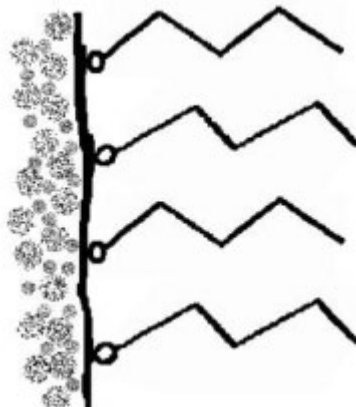
La aplicación en terreno de estos materiales requiere de la experiencia y criterio de un conservador. Pues una buena aplicación es fundamental para asegurar una consolidación uniforme, eficaz y duradera.

## 6. Tratamientos hidrofugantes

Los tratamientos hidrofugantes tienen la función de evitar la penetración del agua líquida por la superficie a la que son aplicados. Los productos que se usan para hidrofugar mamposterías son similares a los utilizados en la impermeabilización de telas.

El hidrofugante es un polímero con una cabeza hidrófila y una “cola” hidrófuga. Como las moléculas superficiales de la piedra y otros materiales porosos inorgánicos son hidrófilos, el polímero se orienta de modo que la punta hidrófila se “agarre” al material que de hecho queda cubierto por las “colas” hidrófugas. De esta manera, el agua no puede pasar por esta barrera.

Fig 4 Esquema de un hidrofugante: la “cabeza” del silicato se adhiere a la superficie, mientras que la “cola” del radical alquilo confiere la hidrofugación.



## 5.6 Conclusões

Tanto a seleção como a aplicação de um consolidante deve ser realizada por pessoal idóneo. É fundamental que, além de realizar-se um estudo prévio para se assegurar de que a consolidação do material em questão seja eficaz, se verifique que o mesmo não provocará transformações negativas no material. Por exemplo, considerando as diferentes variações nas formulações de um tipo de resina, pode acontecer que o uso de uma formulação resulte num material consolidado que, mesmo que absorva menos água, demore mais tempo para secar (característica negativa) que o material original, ou que o material tratado com uma outra formulação.

A aplicação em campo destes materiais requer experiência e critérios de um conservador, pois uma boa aplicação é fundamental para assegurar uma consolidação uniforme, eficaz e duradoura.

## 6. Tratamentos hidrorepelentes

Os tratamentos hidro-repelentes têm a função de evitar a penetração da água líquida na superfície onde são aplicados. Os produtos utilizados como hidro-repelentes para alvenarias são similares aos utilizados na impermeabilização de tecidos.

O hidrorepelente é um polímero com uma cabeça hidrófila e uma “cauda” hidrófuga. Como as moléculas superficiais da pedra e outros materiais porosos inorgânicos são hidrófilos, o polímero se orienta de modo que a ponta hidrófila se “vincule” ao material, que de fato fica coberto pelas “caudas” hidrófugas. Deste modo, a água não pode passar por esta barreira.

Fig 4 Esquema de um hidro-repelente: a “cabeça” do silicato se adere à superfície, enquanto que a “cauda” do radical alquilo permite a hidrofugação.



Los hidrofugantes más usados están basados en resinas de silicato de etilo, en las cuales una o dos de las cuatro “patas” del silicio están reemplazadas por las “colas” hidrófugas, que químicamente son radicales tales como el metilo, etilo u otros. Como tienen estos grupos directamente unidos al silicio (Si), es decir tienen una unión Si-C, se los llaman **silanos**. Los radicales alquilo son los que proveen la función hidrofugante. De esta manera, los hidrofugantes se pueden llamar tanto como alquil silicatos de alquilo o como alquil trietoxi silanos.

La Figura 5 ilustra el metil silicato de etilo o metil trietoxi silano.

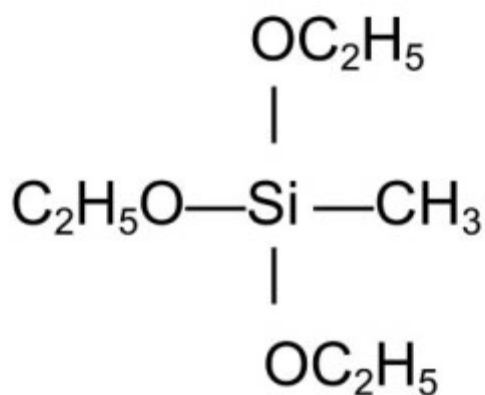


Fig. 5 Fórmula esquematizada del metil silicato de trietilo o metil tri-etoxi silano.

Os hidrorrepelentes mais usados são baseados em resinas de silicato de etilo, nas quais um ou dois dos quatro “pés” do silício são substituídos pelas “caudas” hidrófugas, que quimicamente são radicais, tais como o metilo, etilo ou outros. Como têm estes grupos diretamente unidos ao silício (Si), ou seja, tem uma ligação Si-C, são chamados de **silanos**. Os radicais alquilo são os que provêm a função hidrorrepelente. Desta maneira, os hidrorrepelentes podem ser chamados tanto de alquil silicatos, de alquilo ou de alquil trietoxi silanos.

A Figura 5 ilustra o metil silicato de etilo ou metil trietoxi silano.

Fig. 5 Fórmula esquematizada do metil silicato de trietil ou metil trietoxi-silano



Como los silanos son muy volátiles, en general se usan ya polimerizados. Cuando se tienen polímeros con tres a ocho unidades, se los llama genéricamente **siloxanos** u **oligosiloxanos**. Cuando tienen más de 9 unidades, se pueden llamar **polisiloxanos**. Y cuando los polímeros están altamente ramificados, se denominan **siliconas**. La mayor parte de los hidrofugantes comerciales están basados en suspensiones acuosas de siloxanos.

Como os silanos são muito voláteis, em geral são utilizados já polimerizados. Quando se tem polímeros com três a oito unidades, são denominados genericamente **siloxanos** ou **oligosiloxanos**. Quando têm mais de 9 unidades, são chamados **polisiloxanos**. E quando os polímeros estão muito ramificados, denominam-se **silicones**. A maior parte dos hidrorrepelentes comerciais está baseada em suspensões aquosas de siloxanos.



## 6.1 Conclusiones

Como en el caso de los consolidantes, tanto la elección del hidrofugante como su aplicación deberán ser realizadas por un conservador idóneo.

Es importante tener en cuenta que la única función que cumple un hidrofugante es la de disminuir la absorción de agua líquida. Si un edificio tiene problemas de absorción capilar, el hidrofugante no cumple ninguna función y puede aún, empeorar la situación.

También se debe tener en cuenta que la eficiencia de un hidrofugante no es homogénea con el paso del tiempo, resultando que una pared hidrofugada pueda adquirir un aspecto “manchado” cuando llueve. En ciertos materiales, y de ahí la importancia de ensayos y estudios previos, un hidrofugante puede reducir la velocidad de secado de la pared. Este es un punto importante, pues aunque el agua líquida no penetre, el vapor de agua sí lo hace, y entonces queda atrapada por más tiempo dentro del material, es decir, el material queda húmedo por más tiempo. Y es justamente ésto lo que se quiere evitar con un tratamiento hidrófugo. En resumen, el tratamiento puede empeorar la situación original. La razón para esto es que aún no se sabe exactamente cómo va a reaccionar un material dado con un hidrófugo en particular. Por lo tanto, los estudios previos son fundamentales.

## 6.1 Conclusões

Como no caso dos consolidantes, tanto a escolha do hidrorepelente como a sua aplicação deverá ser realizada por um conservador idóneo.

É importante observar que a única função de um hidrorepelente é a de diminuir a absorção de água líquida. Se um edifício tem problemas de absorção capilar, o hidrorepelente não tem nenhuma função e ainda pode piorar a situação.

Também se deve considerar que a eficiência de um hidrorepelente não é homogênea com o passar do tempo, resultando que uma parede hidrofugada possa adquirir um aspecto “manchado” quando chova. Em certos materiais, e daí a importância dos ensaios e estudos prévios, um hidrorepelente pode reduzir a velocidade de secagem da parede. Este é um ponto importante, pois ainda que a água líquida não penetre, o vapor o faz, e a água fica retida por mais tempo dentro do material, quer dizer, o material fica úmido por mais tempo. E é justamente isto o que se quer evitar com um tratamento hidrófugo. Em resumo, o tratamento pode piorar a situação original. A razão para isto é que ainda não se sabe exatamente como vai reagir um dado material com um hidrófugo em particular. Desta maneira, os estudos prévios são fundamentais.



## 7. INTRODUCCIÓN A LA CAL Y MORTEROS

A. Elena Charola

### 1. La cal aérea y el ciclo de la cal

La cal se obtiene por calcinación de piedra caliza que está constituida fundamentalmente por carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ , normalmente presente como el mineral calcita. El carbonato de calcio se descompone, a temperaturas superiores a los  $600^\circ\text{C}$ , liberando anhídrido carbónico,  $\text{CO}_2$ , y dejando un residuo de óxido de cal,  $\text{CaO}$ . En la práctica, se calcina la piedra caliza a unos  $900^\circ$  a  $1300^\circ\text{C}$ .



#### Ecuación 1

El óxido de cal,  $\text{CaO}$ , es muy reactivo, por lo que se lo llama comúnmente “cal viva”.

La cal viva reacciona rápidamente con el agua formando el hidróxido de cal,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , conocido como “cal apagada”. Este proceso se denomina apagado de cal.



#### Ecuación 2

A su vez, la cal apagada tiende a carbonatarse absorbiendo anhídrido carbónico del aire para volver a formar el carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ . El proceso se denomina fragüe.



#### Ecuación 3

El fraguado de la cal apagada ocurre por reacción con el anhídrido carbónico gaseoso presente en el aire, por lo que las cales puras se llama comúnmente “cales aéreas”.

Este proceso circular de calcinación, apagado y fraguado puede representarse como el ciclo de la cal.

## 7. INTRODUÇÃO À CAL E ARGAMASSAS

A. Elena Charola

### 1. A cal aérea e o ciclo da cal

A cal se obtém por calcinação de rochas calcárias, que são constituídas, fundamentalmente, por carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , normalmente presente como o mineral calcita. O carbonato de cálcio se decompõe em temperaturas superiores a  $600^\circ\text{C}$ , liberando anidrido carbônico (gás carbônico),  $\text{CO}_2$ , e deixando resíduo de óxido de cálcio,  $\text{CaO}$ . Na prática, se calcina o calcário entre  $900^\circ$  a  $1300^\circ\text{C}$ .

#### Equação 1

O óxido de cálcio,  $\text{CaO}$ , é muito reativo, razão pela qual geralmente é denominado de “cal virgem”.

A cal virgem reage rapidamente com a água, formando o hidróxido de cálcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , conhecido como “cal hidratada”. Este processo se denomina de extinção da cal.

#### Equação 2

Por sua vez, a cal hidratada tende a carbonatar-se, absorvendo o anidrido carbônico do ar para voltar a formar o carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ . Este processo se denomina cura.

#### Equação 3

A cura da cal apagada ocorre por reação com o gás carbônico presente no ar, razão pela qual a cal pura geralmente é denominada de “cal aérea”.

Este processo circular de calcinação, extinção e cura pode ser representado como o ciclo da cal.





Figura Ciclo

Aún cuando el ciclo empieza y termina en carbonato de calcio, la morfología de este compuesto es totalmente distinta en su origen y en su fin. En su origen es una piedra caliza, con una porosidad y tamaño de partícula dada, mientras que al final, tanto la porosidad como el tamaño de partícula incrementa enormemente, lo que hace que el material sea mucho más susceptible a deterioro (como se menciona en el Capítulo 4).

## 2. Cales hidráulicas

Si la piedra caliza que se utiliza para la obtención de la cal contiene también arcillas, dependiendo de la temperatura de calcinaçión, se obtienen compuestos resultantes de la reacción de las arcillas con el óxido de cal, basados en silicatos y aluminatos de calcio. Estos compuestos tienen la propiedad de hidratarse con el agua lo que da origen a nuevos compuestos insolubles en el agua. De ahí, que las cales que contienen estos compuestos se llamen cales hidráulicas.

El fraguado de estas cales ocurre en dos etapas:

- hidrataçión de los compuestos hidráulicos, silicatos y aluminatos de calcio (reacción rápida);
- carbonataçión de la cal hidratada,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (reacción lenta).

Figura Ciclo

Mesmo quando o ciclo começa e termina em carbonato de cálcio, a morfologia deste composto é muito diferente, tanto na origem quanto no fim. Na origem, é uma pedra calcária, com porosidade e tamanho de uma partícula definida, enquanto que no final, tanto a porosidade como o tamanho da partícula aumentam enormemente, o que faz com que o material seja muito mais suscetível à degradaçión (como se menciona no Capítulo 4).

## 2. Cal hidráulica

Se a rocha calcária que se utiliza para a obtençión da cal também contém argilas, dependendo da temperatura da calcinaçión são obtidos compostos resultantes da reaçión das argilas com o óxido de cálcio, baseados em silicatos e aluminatos de cálcio. Estes compostos têm a propriedade de hidratar-se com a água, e dão origem a novos compostos, insolúveis em água. Por esta razão, a cal que contém estes compostos é denominada cal hidráulica.

A cura da cal se dá em duas etapas:

- hidrataçión dos compostos hidráulicos, silicatos e aluminatos de cálcio (reaçión rápida);
- carbonataçión da cal hidratada,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (reaçión lenta).



Como las cales hidráulicas naturales tienen una gran variación, dependiendo de la concentración de arcillas contenidas en la piedra, industrialmente se preparan cales hidráulicas mezclando cal hidratada con cemento Pórtland que contiene fundamentalmente compuestos hidráulicos.

### 3. Materiales puzolánicos

Las puzolanas son cenizas volcánicas originarias de Pozzuoli en Italia. Pero en todo el mundo existen cenizas volcánicas semejantes. Estos materiales tienen la particularidad de que, mezclados con cal hidratada y en presencia de agua, reaccionan para formar compuestos hidráulicos que subsecuentemente se hidratan y fraguan. En este caso, el fraguado ocurre en tres etapas:

reacción pozzolánica entre las pozzolanas con la cal hidratada para formar compuestos hidráulicos;

hidratación de los compuestos hidráulicos;

carbonatación de la cal hidratada.

Aparte de las cenizas volcánicas naturales, existen muchos otros compuestos que tienen propiedades similares. Entre ellos se encuentran las tejas o ladrillos calcinados a temperaturas relativamente bajas, por ejemplo entre 600°C a 800°C.

### 4. Nomenclatura en el tema de la cal

Como a cal hidráulica natural apresenta grande variação, dependendo da concentração de argilas contidas na rocha, industrialmente se prepara a cal hidráulica misturando cal hidratada com cimento Portland, que contém, principalmente, compostos hidráulicos.

### 3. Materiais pozolânicos

As pozolanas são cinzas vulcânicas originárias da região de Pozzuoli, na Itália. Em todo o mundo existem cinzas vulcânicas semelhantes. Estes materiais têm a propriedade de, quando misturados com cal hidratada e na presença de água, reagir para formar compostos hidráulicos que, subseqüentemente, se hidratam e se fundem. O processo de cura ocorre em três etapas:

reação pozolânica, entre materiais pozolânicos com a cal hidratada para formar compostos hidráulicos;

hidratação dos compostos hidráulicos;

carbonatação da cal hidratada.

Além das cinzas vulcânicas naturais, existem muitos outros compostos que têm propriedades semelhantes. Entre eles, encontram-se as telhas ou ladrilhos calcinados a temperaturas relativamente baixas, por exemplo, entre 600°C e 800°C.

### 4. Nomenclatura em relação à cal

Nombre común <i>Nome comum</i>	Químico	Mineralógico	Fórmula
Cal viva <i>Cal virgem</i>	óxido de calcio <i>óxido de cálcio</i>		CaO
Cal apagada <i>Cal hidratada</i>	hidróxido de calcio	Portlandita	Ca(OH) <sub>2</sub>
Cal carbonatada (fraguada, curada)	carbonato de calcio	Calcita	CaCO <sub>3</sub>
Piedra caliza <i>Calcário</i>	carbonato de calcio	Calcita	CaCO <sub>3</sub>



## 8. MORTEROS ORIGINALES Y MORTEROS DE REPOSICIÓN

Maria Isabel Kanan

### 1. Visión histórica

Durante miles de años, la arcilla, el yeso y la cal fueron empleados como ligantes de los morteros. Hay evidencias del uso de la cal desde las primeras épocas (antigua Grecia y Egipto, e incluyendo las culturas Incas y Mayas). La disponibilidad y su fácil aplicación hicieron que estos materiales se utilizaran como componentes básicos para morteros y revoques. En algunos lugares los niveles de sofisticación artesanal llegaron a producir ejemplos de gran valor.

En el siglo XVIII, particularmente en su segunda mitad, se desarrollaron las tecnologías de las cales hidráulicas y de los cementos naturales. En base a ellos se logró la evolución a los cementos modernos. La decadencia de los morteros tradicionales empezó con la producción del cemento Portland, patentado en 1824.

Los tipos de morteros de cal y sus usos más frecuentes son los siguientes:

Morteros para albañilería y de inyección: de mamposterías, cimientos, pisos y hasta techados. Se pueden aplicar flúidas, para rellenar vacíos en los núcleos de mamposterías. Sirven para unir los elementos de las mamposterías y ayudan a darle estabilidad y distribuir sus cargas.

Morteros de recubrimiento (protectores y de sacrificio): revoques, cerramiento de juntas y acabados. Protegen del intemperismo (lluvia, viento, erosión, abrasión) o “se sacrifican” para proteger al sustrato.

Morteros decorativos: revoques o morteros moldeados, trabajados y pintados. Protegen y decoran las superficies de elementos arquitectónicos.

## 8. ARGAMASSAS ORIGINAIS E ARGAMASSAS DE INTERVENÇÕES

Maria Isabel Kanan

### 1. Visão Histórica

Durante milhares de anos, a argila, o gesso e a cal foram empregados como aglomerantes de argamassas. Há evidências do uso da cal desde as culturas mais antigas (antiga Grécia e Egito, bem como as culturas Inca e Maia). A disponibilidade e fácil uso fizeram com que estes materiais fossem utilizados como componentes básicos para argamassas e rebocos. Em alguns lugares, o nível de conhecimento chegou a produzir obras de grande valor e sofisticação artesanal.

No século XVIII, particularmente na segunda metade, se desenvolveram as tecnologias da cal hidráulica e dos cimentos naturais. Com base nestas experiências, chegou-se ao cimento moderno. O declínio das argamassas tradicionais começou com o advento do cimento Portland, patentado em 1824.

Os tipos de argamassas de cal e usos mais frequentes são os seguintes:

Argamassas de assentamento e preenchimento: das alvenarias, fundações, pisos e até mesmo coberturas. Às vezes são aplicadas fluidas, para preencher vazios dos núcleos das alvenarias. Interligam os elementos das alvenarias e ajudam a dar estabilidade e distribuir cargas das alvenarias.

Argamassas de revestimento (proteção e sacrifício): rebocos, rejuntes e acabamentos. Dão proteção contra as intempéries (chuva, vento, erosão, abrasão) ou “sacrificam-se” para proteger o substrato.

Argamassas decorativas: estuques moldados, esculpidos e pintados. Dão proteção e acabamento às superfícies e elementos arquitetônicos.



## 2. Caracterización de los morteros originales

### 2.1 Introducción

Las intervenciones de conservación y/o restauración de estructuras históricas, requieren del conocimiento de los materiales que han sobrevivido, así como de los que han de utilizarse en los trabajos de conservación y/o restauración, ya que deben ser compatibles. Con este fin es importante conocer la constitución de los morteros históricos, lo que se logra mediante análisis físicos y químicos. Muestras íntegras de morteros y revoques, incluyendo las capas pictóricas, se han analizado con el objetivo de identificar características y preparar materiales de restauración compatibles con los originales.

Los ensayos y metodologías a usar, sean simples o más avanzadas, dependerán de las necesidades y de los problemas de conservación y restauración de cada obra. En la mayor parte de los casos, no se justifican técnicas de análisis avanzadas y de alto costo si los resultados de éstos no son puestos en práctica. Y es importante saber que no es posible contestar a todas las preguntas de la investigación con un único método de análisis, pero sí mediante la combinación de diferentes métodos, complementados con informaciones recogidas sobre la obra.

Aunque las investigaciones de laboratorio pueden ayudar a identificar componentes y características de estos materiales antiguos, no siempre es posible obtener toda la información que se desearía tener, como por ejemplo, la de los métodos de preparación y aplicación de los morteros utilizados en el pasado. Aún los análisis más sofisticados no pueden determinar estas informaciones. Por ejemplo, la proporción de agua en la mezcla utilizada no se puede detectar una vez fraguado el mortero. Además, las exigencias de las formulaciones de reconstitución de morteros y revoques de reposición pueden ser significativamente diferentes de las originales. Por ejemplo, pueden necesitar una mayor resistencia a las sales.

En general, los morteros antiguos presentan características más heterogéneas en su constitución que

## 2. Caracterização das argamassas originais

### 2.1 Introdução

As intervenções de conservação e restauração das alvenarias históricas requerem o entendimento dos materiais que sobreviveram e os que vão ser utilizados nas obras de reconstituição, que devem ser compatíveis. Com esta finalidade, é importante conhecer as características das argamassas antigas, o que é possível através de análises químico-físicas. Amostras íntegras de argamassas e rebocos, incluindo camadas pictóricas, têm sido analisadas com o objetivo de identificar características e preparar materiais de restauração compatíveis com os originais.

Os ensaios e metodologias a serem utilizados, sejam simples ou mais avançados, dependerão das necessidades e problemas de conservação e restauração a serem resolvidos em cada obra. Na maioria das vezes, não se justificam técnicas sofisticadas e de alto custo se os resultados de pesquisas de laboratório não são colocados em prática. É importante saber que não é possível responder a todas as questões da investigação com um único método de análise, mas sim, através da combinação de diferentes métodos, complementados com informações recolhidas sobre a obra.

Ainda que as investigações de laboratório possam ajudar a identificar os componentes e as características destes materiais antigos, nem sempre é possível obter toda a informação que se deseja; como por exemplo, os métodos de preparação e de aplicação das argamassas que foram utilizadas no passado. Mesmo as análises mais sofisticadas não podem determinar todas estas informações. Por exemplo, a proporção de água da mistura utilizada não pode ser detectada uma vez que a argamassa já esteja curada. Além disso, as exigências das formulações das reconstituições de argamassas e rebocos de reposição podem ser significativamente diferentes das originais. Por exemplo, podem requerer uma maior resistência aos sais.

Em geral, as argamassas antigas apresentam características mais heterogêneas na sua constituição do



los producidos actualmente, con microestructura más cristalizada, alteración de compuestos, desgastes y presencia de agentes de deterioro, por lo que es más difícil determinar sus características. Un mortero que resistió varios siglos o aún décadas, envejece, lo que trae aparejado un cambio en su microestructura debido a la recristalización de la calcita (carbonato de calcio) formada durante su fraguado.

En la antigüedad, las fuentes de materia prima para la producción de la cal no siempre eran muy puras, como lo son las actuales. También los procesos de calcinación, hornos y métodos de producción eran distintos y más rudimentarios. Por tales razones, estos morteros pueden contener fragmentos de cal sin calcinar y de carbón. Además, pueden presentar cantidades menores de compuestos hidráulicos provenientes de la calcinación de impurezas arcillosas en la piedra caliza.

Sin embargo, no es necesario determinar todas las características de los morteros antiguos para producir morteros de reposición, para faltantes o zonas deterioradas, y es necesario definir el nivel de información que se necesita tener para fundamentar las intervenciones. Por esta razón es evidente, que los morteros de reposición y/o reintegración, no necesariamente deben repetir la composición original del mortero antiguo, pero sí deben ser formulados para ser compatibles con su estructura y para adecuarse a las necesidades de la misma, así como para presentar una buena resistencia a las sales solubles y a otros agentes de deterioro.

A continuación, se describen las características más comunes y los constituyentes más importantes de los morteros antiguos.

## 2.2 Condiciones previas al análisis y toma de muestras

Con el objetivo práctico de conocer la composición aproximada de la mezcla de los morteros históricos, es decir, la proporción de cal y arena (ligante y agregado), se pueden realizar análisis simplificados de los morteros que sirvan de guía para las nuevas formulaciones. Para ello es preciso analizar muestras íntegras y representativas de morteros y/o revoques antiguos.

que as produzidas hoje, com maior cristalização na sua microestrutura, alterações de constituintes, desgastes e presença de agentes deteriorantes e, por isto, há mais dificuldade para determinar suas características. Uma argamassa que sobreviveu vários séculos ou décadas envelhece e traz com ela mudanças em sua microestrutura devido à recristalização da calcita (carbonato de cálcio) formada durante sua cura.

Na antiguidade, as fontes de matéria-prima para a produção de cal nem sempre eram muito puras, como as de hoje. Os processos de calcinação, fornos e métodos de produção também eram diferentes e mais rudimentares. Por estas razões, estas argamassas podem apresentar fragmentos calcários sem calcinar e de carvão. Além disso, podem apresentar quantidades menores de compostos hidráulicos provenientes da calcinação de impurezas argilosas do calcário.

Porém, não é necessário determinar todas as características das argamassas antigas para a produção de argamassas de reconstituição, de lacunas ou partes deterioradas e é necessário definir o nível de informação que se necessita ter para fundamentar as intervenções. Por isto, é evidente que as argamassas de recuperação e/ou reintegração não devem, necessariamente, repetir a composição original da argamassa antiga, mas devem ser formuladas para serem compatíveis com sua estrutura e para se adequarem às necessidades da mesma, bem como apresentarem boa resistência aos sais solúveis e a outros agentes de degradação.

A seguir, se descrevem as características mais comuns os componentes mais importantes das argamassas antigas.

## 2.2 Condições prévias das análises e coleta de amostras

Com o objetivo prático de conhecer a composição aproximada das argamassas históricas, ou seja, proporções de cal e areia (aglomerante e agregado) se podem realizar análises que sirvam para orientar as novas formulações. Para isto, é preciso utilizar amostras íntegras e representativas de argamassas e/ou de rebocos antigos.



Una condición previa al análisis de morteros antiguos es tener los objetivos claros y la documentación completa de las muestras. La documentación en terreno de los materiales, hecha a simple vista y mediante el uso de instrumentos sencillos, como lupas, y realizando prospecciones, para identificar la estratigrafía y naturaleza de los morteros, representan un paso importante en la intervención, ya que permiten una evaluación preliminar del estado de conservación y de la naturaleza de los materiales.

Las orientaciones para estos procedimientos se dan a continuación:

1. Definición del objetivo de la investigación, o sea, definir el/ o los análisis a realizar y limitar el número de muestras a tomar y su cantidad al mínimo indispensable, asegurándose que sean representativas.
2. Documentación completa del edificio, la que debe incluir información sobre ubicación, fecha de construcción, reparaciones e intervenciones anteriores, así como sus condiciones físicas de las áreas a analizar, tales como puntos visibles de deterioro, presencia de manchas de humedad, eflorescencias, biocolonización u otras alteraciones.
3. Documentación completa de la toma de muestras. Es fundamental documentar su remoción con fotografías, dibujos o bosquejos para registrar su ubicación. Además, debe incluir una descripción macroscópica (estratigrafía, textura, etc.) de su aspecto y condición, a simple vista y con lupa de 10x.
4. Número de muestras y con peso correctos. Su peso debe variar entre 20 a 300 gramos, aunque con unos 150g ya se puede efectuar un programa bastante completo de análisis. Es evidente que si se toman muchas muestras, o muy grandes, se induce un daño estético al edificio y se pierde material histórico-documental.
5. Material adecuado para la toma de muestras. Las muestras se pueden retirar con un pequeño cincel y martillo, y se guardan en bolsas plásticas sellables o recipientes con tapa hermética, limpios

Uma condição prévia às análises das argamassas antigas é ter objetivos claros e completa documentação das amostras. A documentação em campo dos materiais, baseada em inspeção visual das áreas e a observação mediante o uso de instrumentos simples, como lupas, e realização de prospeções para identificar a estratigrafia e a natureza das argamassas, representam um passo importante na intervenção, uma vez que permitem uma avaliação preliminar do estado de conservação e da natureza dos materiais.

As orientações para estes procedimentos são apresentadas a seguir:

1. Definição do objetivo da investigação, ou seja, definir *a* ou *as* análises a serem realizadas e limitar o número de amostras a extrair e sua quantidade mínima indispensável, assegurando-se que as amostras sejam representativas.
2. Documentação completa do edifício, a qual deve incluir informações sobre localização, data da construção, reparações e intervenções anteriores, assim como as condições físicas das áreas em análise, tais como pontos visíveis de deterioração, presença de manchas de umidade, eflorescências, biocolonização e outras alterações.
3. Documentação completa das coletas das amostras. É fundamental documentar sua retirada com fotografias, desenhos ou croquis, para registrar sua localização. Além disso, se deve incluir uma descrição macroscópica (estratigrafia, textura, etc.) do seu aspecto e condições, visualmente e com lupa de 10x.
4. Amostras com quantidade e peso corretos. Seu peso deve variar entre 20 e 300 gramas, mesmo que com 150g já se possa efetuar um programa bastante completo de análises. É evidente que quando se extraem muitas amostras, ou amostras muito grandes, se provoca danos estéticos ao edifício e se perde material histórico-documental.
5. Equipamento apropriado para coleta de amostras. As amostras podem ser retiradas com um pequeno cincel (cortador, estilete, talhadeira) e martelo, e guardadas em sacos plásticos seláveis ou reci-





y secos. Los envases deben rotularse indicando el número de la muestra, su proveniencia, su ubicación, fecha y responsable por la toma. En el registro de muestras se debe anotar también la hora a la que fue tomada y las condiciones climáticas (soleado, lluvioso, ventoso y, en lo posible la dirección del viento).

### 3. Criterios para formular morteros de reposición compatibles

La conservación, o la intervención puntual o parcial en los morteros antiguos debe ser siempre la primera opción y no la remoción o sustitución total. Cuando sean necesarias reparaciones y/o sustituciones parciales o totales de morteros, revoques y acabados a base de cal, no es necesario que los materiales de sustitución sean idénticos a los antiguos. Ser compatible significa conciliar propiedades físicas, químicas y estéticas sin necesariamente ser idéntico. Los materiales empleados deben presentar características compatibles con los materiales del sustrato, con los que estarán en contacto.

Los morteros y revoques antiguos a base de cal desempeñan una función importante en la estructura de mamposterías tradicionales, contribuyendo tanto a su apariencia visual, como a una eficaz conservación del edificio.

Como los morteros antiguos son también un documento que proporciona información sobre métodos, prácticas y materiales de construcción históricos, es importante preservarlos el mayor tiempo posible. Además sirven para definir parámetros útiles en la formulación de los morteros de reposición que serán utilizadas en la conservación y manutención periódica.

En el proceso de formulación de los morteros de reposición, las principales propiedades que deben tener para ser compatibles con la mampostería sobre la que se aplicarán, son las siguientes:

Apariencia visual (color/textura y rugosidad de la superficie) similar, para conservar la apariencia e integridad del edificio.

pientes com tampa hermética, limpos e secos. As embalagens devem ser rotuladas indicando o número da amostra, identificação do edifício, local da retirada, data e nome do responsável pela coleta. No registro das amostras se devem registrar também a hora da coleta e as condições climáticas (ensolarado, chuvoso, ventoso e, se possível, a direção do vento).

### 3. Critérios para formular argamassas de reconstituição compatíveis

A conservação ou a intervenção pontual ou parcial nas argamassas antigas deve ser sempre a primeira opção e não sua remoção ou substituição total. Quando são necessários reparos e/ou substituições parciais ou totais de argamassas, rebocos e acabamentos à base de cal, não é necessário que os materiais de substituição sejam idênticos aos antigos. Ser compatível significa conciliar propriedades físicas, químicas e estéticas, sem necessariamente ser idêntico. Os materiais empregados devem apresentar características compatíveis com os materiais do substrato, com os quais estarão em contato.

As argamassas, rebocos e acabamentos antigos à base de cal desempenham importantes funções na estrutura das alvenarias tradicionais e contribuem na aparência visual, bem como, para a eficaz conservação do edifício.

Considerando que as argamassas antigas também guardam evidências sobre a história construtiva do edifício, os métodos e materiais não apenas devem ser preservados pelo maior tempo possível, mas além disso, servem como parâmetros na formulação das argamassas de reconstituição que serão empregadas na conservação e manutención periódica.

No processo de formulação das argamassas de reconstituição, as principais propriedades que devem ter para serem compatíveis com as alvenarias onde serão aplicadas, são as seguintes:

Aparência visual similar (cor/textura e acabamento da superfície), para conservar a aparência e integridade do edifício.



Propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y tensión) no mucho mayores para no originar tensiones. Módulo de elasticidad y deformabilidad similares para no producir grietas.

Buena adherencia, proporción y tenor de humedad correctos; buena trabajabilidad, garantizando un buen comportamiento sin agrietarse.

Porosidad (permeabilidad) y micro estructura similares para mantener las características hídricas (buen control del movimiento de gases y del agua) frente al eventual deterioro por diversos factores como sales solubles, biocolonización, etc.

Durabilidad (resistencia a la intemperie), con costos de mantenimiento adecuados, sin perder sus características como material de sacrificio para protección de la estructura.

## 4. Preparación de morteros de reposición o intervención

### 4.1 Introducción

Las propiedades de los morteros que se han de utilizar para la conservación y restauración de mamposterías históricas deben ser evaluadas y/o ensayadas previamente. El desarrollo de formulaciones de morteros a base de cal en laboratorio es un paso importante para el uso adecuado de este material en la conservación de edificios históricos. Tiene como objetivo establecer los parámetros necesarios para adecuar las formulaciones de los morteros de restauración al edificio a ser intervenido. Las características y finalidades de los morteros de cal deberán ser definidas en el inicio de la obra.

Por lo tanto, es fundamental tener en cuenta que los morteros a base de cal requieren de métodos de ensayo, y por ende de equipamientos y moldes, adecuados a sus propiedades.

En obra, el comportamiento de los morteros a base de cal depende de la calidad de los materiales (cal, arena, agua, etc.) y de las condiciones de su preparación, aplicación y el eventual proceso de cura "in situ". Se ha de tener en cuenta que es muy

Propriedades mecánicas (resistência à compressão e tensão) não muito maiores, para não originar tensões. Módulos de elasticidade e deformabilidade similares, para não produzir fissuras.

Boa aderência, traço e teor de umidade corretos; boa amassadura garantindo bom comportamento sem fissurar.

Porosidade (permeabilidade) e microestrutura similar para manter boas características hídricas (bom controle dos vapores e da água) e a degradação eventual por diversos fatores como sais solúveis, biocolonização, etc.

Durabilidade (resistência à intempérie), com custos de manutenção adequados, sem perder suas características de material de sacrifício para proteção da estrutura.

## 4. Preparação de argamassas de reconstituição ou intervenção

### 4.1 Introdução

As propriedades das argamassas que vão ser utilizadas para conservação e restauração de alvenarias históricas devem ser avaliadas e/ou testadas previamente. O desenvolvimento de formulações de argamassas à base de cal em laboratório é um passo importante para o uso adequado deste material na conservação de edificações históricas. Tem como objetivo estabelecer os parâmetros necessários para adequar as formulações das argamassas de restauração aos edifícios onde se fará a intervenção. As características e finalidades das argamassas de cal deverão ser definidas no início da obra.

Para isto é fundamental levar em consideração que as argamassas à base de cal requerem métodos de análise e, portanto de equipamentos e modelos, adequados às suas propriedades.

Em obra, o comportamento das argamassas à base de cal depende da qualidade dos materiais (cal, areia, água, etc.) e das condições de preparação, aplicação destes e do eventual processo de cura "in situ". Deve ser considerado que é muito difícil



difícil simular en un laboratorio las condiciones de la obra. Sobre todo cuando algunas de las propiedades de los materiales a base de cal sólo se desarrollan con el tiempo, como ser su resistencia mecánica que depende de la cura del mortero. Este proceso es resultado de la carbonatación de la cal, que se inicia rápidamente, pero que tarda mucho tiempo (a veces años) en completarse. Estudios e investigaciones realizados acerca de morteros de cal han comprobado que estos materiales presentan características de cementación más específicas a partir de los 6 meses de fabricación (y cura), dependiendo del tipo de formulación del mortero.

Son muchos los factores que influyen en el eventual comportamiento de un mortero frente al medio ambiente (presencia de sales solubles, resistencia a la presencia de agua). Entre ellos es preciso mencionar el tipo de cal, la granulometría de la arena utilizada en la mezcla, y la proporción de agua usada en su preparación, ya que estos factores definirán la retención de agua del mortero y su eventual retracción. También son importantes la aplicación en obra del mortero y las condiciones de cura. Una buena aplicación y un control de la retracción durante el inicio del fragüe asegurarán un mejor comportamiento y una mayor durabilidad del mortero.

Los ensayos y tests necesarios para evaluar los morteros de reposición también dependerán de las funciones que estos morteros desempeñarán en la mampostería antigua, como ser morteros de juntas, revoques u otros. Los ensayos se pueden dividir en los que se realizan sobre las mezclas frescas o sobre los morteros en proceso de cura.

El resultado de una recuperación depende mucho de los materiales que son utilizados, así como de las técnicas de aplicación. Para garantizar un buen resultado de los morteros de cal en obra, se recomienda entrenar al personal en el correcto uso y aplicación de este tipo de material. Las distintas fuentes de cal y los procesos de hidratación, mezcla y aplicación influyen en el resultado final de la obra.

simular em laboratório as condições e características da obra. Sobretudo quando algumas das propriedades dos materiais à base de cal só se desenvolvem com o tempo, como sua resistência mecânica, que depende da cura da argamassa. Este processo é o resultado da carbonatação da cal, que se inicia rapidamente, porém leva muito tempo (às vezes anos) para se completar. Estudos e investigações realizados sobre argamassas de cal têm comprovado que estes materiais apresentam características de cimentação mais específicas a partir dos seis meses de fabricação (e cura), dependendo do tipo de formulação da argamassa.

São muitos os fatores que influem em um eventual comportamento de uma argamassa em relação ao meio ambiente (presença de sais solúveis, resistência à presença de água). Entre eles, é preciso mencionar o tipo de cal, a granulometria da areia utilizada na mistura e a proporção de água que se usou na preparação, já que estes fatores definirão a retenção de água na argamassa e sua eventual retração. Também são importantes na obra os métodos de aplicação das argamassas e as condições de cura. Uma aplicação bem feita e um controle da retração da mesma no início do processo de cura vão assegurar um melhor comportamento e uma maior durabilidade da argamassa.

Os ensaios e testes necessários para avaliar as argamassas de recuperação também dependem das funções que as argamassas vão desempenhar nas alvenarias, tais como ser usados em juntas, rebocos e outras funções. Os ensaios se dividem nos que se realizam em argamassas frescas ou sobre as que estão em processo de cura.

O resultado de uma recuperação depende muito dos materiais que são utilizados, assim como das técnicas de aplicação. Para se garantir um bom resultado das argamassas de cal nas obras é recomendável que as equipes de obra sejam treinadas para usar e aplicar este tipo de material de forma correta. As diferentes proveniências da cal e os processos de hidratação, mistura e aplicação influem no resultado final da obra.



## 4.2 Parámetros que afectan las propiedades de los morteros a base de cal

Las propiedades de los morteros de cal, tales como su durabilidad y su resistencia a los factores de deterioro del ambiente son influenciados por varios factores. Entre ellos, el fragüe del mortero, es decir su completa carbonatación, es crítico ya que de él depende la resistencia mecánica final, y por ende, la durabilidad del mismo.

La carbonatación del mortero de cal, su fragüe, es el resultado de la reacción del dióxido de carbono  $[CO_2]$  del aire, con la cal hidratada  $[Ca(OH)_2]$  de la pasta del mortero, para formar el carbonato de calcio  $[CaCO_3]$ .

Es deseable que el mortero se carbonate totalmente. Dependiendo de la velocidad de la reacción de carbonatación, el proceso puede ocurrir en unos meses o inclusive tardar años.

El fragüe del mortero de cal ocurre en dos fases:

1. la evaporación del agua de la mezcla, que resulta en una contracción del volumen de la masa;
2. la reacción, relativamente lenta, del dióxido de carbono con la cal hidratada.

Esta segunda reacción es la que da origen al carbonato de calcio y que resulta en el aumento de la resistencia mecánica del mortero.

Hay varios factores que afectan la reacción de carbonatación, y consecuentemente, influyen en la durabilidad del mortero de cal. Estos son:

**La calidad y cantidad de cal:** cuanto mejor la calidad de la cal, o sea, más fina, más pura, más plástica etc., mejor será el proceso de carbonatación. El método de hidratación tiene una influencia muy grande en la calidad de la cal (ver las Conclusiones abajo). Una mayor cantidad de cal en el mortero aumenta su resistencia, pero puede causar retracciones y afectar la adhesión del material en la superficie de los mampuestos.

## 4.2. Parâmetros que afetam as propriedades das argamassas à base de cal

As propriedades das argamassas de cal, tais como sua durabilidade e resistência aos agentes de deterioração do ambiente são influenciadas por vários fatores. Entre eles, a cura da argamassa, ou seja, a sua completa carbonatação, é um processo crítico, uma vez que dele depende a resistência mecânica final e, por consequência, a durabilidade da argamassa.

A carbonatação da argamassa de cal, – sua cura –, é o resultado da reação do dióxido de carbono  $[CO_2]$  do ar, com a cal hidratada  $[Ca(OH)_2]$  da mistura da argamassa, para formar o carbonato de cálcio  $[CaCO_3]$ .

É desejável que a argamassa cure completamente. Dependendo da velocidade da reação de carbonatação o processo pode ocorrer em alguns meses, ou mesmo demorar anos.

A cura das argamassas de cal ocorre em duas fases:

1. a evaporação da água da mistura provoca uma contração no volume da argamassa;
2. a reação, relativamente lenta, do dióxido de carbono com a cal hidratada.

Esta segunda reação é a que produz o carbonato de cálcio, o que resulta no aumento da resistência mecânica da argamassa.

São muitos os fatores que afetam esta reação de carbonatação e, em consequência, a durabilidade das argamassas de cal. Estes fatores são os seguintes:

**A qualidade e quantidade de cal:** quanto melhor a qualidade da cal, ou seja, mais fina, mais pura, mais plástica, etc., melhor será o processo de carbonatação. O método de hidratação tem uma influência muito grande na qualidade da cal (ver as Conclusões abaixo). Uma maior quantidade de cal na argamassa aumenta sua resistência, mas pode causar retração e afetar a aderência do material na superfície da alvenaria.



**La temperatura:** la carbonatación es más lenta a temperaturas por debajo de 5°C, retardando el fragüe del mortero.

**El contenido de humedad:** un exceso de humedad/agua bloquea la reacción de carbonatación, pero su falta dificulta la reacción. El periódico humedecimiento en el inicio de la reacción favorece la buena carbonatación.

**La estructura de poros del mortero:** a mayor porosidad del mortero, mayor será la posibilidad de penetración del dióxido de carbono y su reacción con la cal en la mezcla, aumentando su carbonatación. La porosidad de los morteros depende en parte de la granulometría de la arena utilizada.

## Conclusiones

Una completa carbonatación del mortero a base de cal aumenta su durabilidad. Esta reacción depende de varios factores que afectan el comportamiento del mortero, tales como la estructura de poros y el balance humedad/temperatura que controlarán, tanto la facilidad de acceso del dióxido de carbono, como su reacción con la cal.

## 5. Evaluación de los materiales y morteros frescos de cal

Antes de empezar los trabajos de conservación y restauración es necesario caracterizar los morteros antiguos y ensayar los nuevos materiales y morteros. Tanto los componentes de los morteros, como las mezclas frescas y las que están en proceso de cura, deben, preferentemente, ser evaluados. Los ensayos y tests necesarios para evaluar los morteros de reposición también dependen de las funciones que éstos han de cumplir en la mampostería, es decir, si serán para reintegración de revoques, juntas, cappings, u otra función. Algunos ensayos solo pueden ser realizados en laboratorios, pero casi todos admiten ser realizados de manera más sencilla y con menor precisión en el lugar de la obra. Se aconseja realizar ensayos en laboratorio sobre probetas de morteros de reposición con el objetivo de procurar formulaciones más adecuadas, pero se

**A temperatura:** a carbonatação é mais lenta abaixo de 5°C, retardando a cura da argamassa.

**O teor de umidade:** o excesso de umidade/água provoca o bloqueio da reação de carbonatação; falta da mesma dificulta a reação. O umedecimento periódico no início da reação facilita uma boa carbonatação.

**A estrutura dos poros da argamassa:** quanto maior a porosidade da argamassa, maior será a possibilidade de dissipação do dióxido de carbono e de reação com a cal da argamassa, aumentando sua carbonatação. A porosidade das argamassas depende em parte da granulometria da areia utilizada.

## Conclusões

A completa carbonatação de uma argamassa de cal aumenta sua durabilidade. Esta reação depende de vários fatores que influem no comportamento da argamassa, tal como a estrutura dos poros, o equilíbrio de umidade/temperatura que controlará tanto a facilidade de ingresso do dióxido de carbono como sua reação com a cal.

## 5. Avaliação dos materiais e argamassas frescas à base de cal

Antes de começar os trabalhos de conservação e restauração é preciso caracterizar as argamassas antigas e testar os novos materiais e argamassas. Tanto os componentes das argamassas como as argamassas frescas e as em processo de cura devem, de preferência, ser avaliados. Os ensaios e testes necessários para avaliar as argamassas de reconstituição também vão depender das funções que as argamassas vão desempenhar nas alvenarias, ou seja, se serão para reintegração de alvenarias, juntas, recapeamentos, rebocos ou outra função. Alguns ensaios só podem ser realizados em laboratório, mas quase todos podem ser realizados de uma maneira mais simplificada e com menor precisão no próprio local da obra. É aconselhável realizar ensaios em laboratório em corpos de prova, com o objetivo de testar formulações para arga-



debe tener en cuenta que es imposible reproducir/simular en un laboratorio todas las situaciones del edificio y del ambiente de obra.

El comportamiento de un mortero frente al medio ambiente (presencia de sales solubles, resistencia a la presencia de agua) está influenciado por varios factores. Entre ellos es importante mencionar el tipo de cal, la granulometría de la arena utilizada en la mezcla y la proporción de agua utilizada en su preparación, una vez que estos componentes interfieren en la retención de agua en el mortero y su eventual retracción.

Algunas de las propiedades de los morteros de cal sólo se alcanzan después de fraguadas, ya que la carbonatación inicial es distinta de la carbonatación después de cuatro, seis o doce meses de fragüe. Algunas de las propiedades dependen, y sólo van a desarrollarse después de la interacción con el ambiente, como por ejemplo, la recristalización de la calcita. Por esto, los resultados de laboratorio se deben ajustar a las necesidades de los morteros que serán utilizados en mamposterías. Pero las evaluaciones en laboratorio son muy válidas y presentan interesantes aspectos. Por ejemplo, *Cazalla et al.*, (1998) observaron que, después de tres meses, distintas formulaciones de morteros de cal presentaban claramente aspectos similares de carbonatación, o sea, el aglomerante y la arena no presentaban demasiada liga. Pero que, después de seis meses, cada una de las formulaciones presentaba características de textura propias y el aglomerante y la arena estaban más ligados.

Los ensayos se dividen entre los que se realizan sobre los componentes, los morteros frescos y los que están en proceso de cura. A continuación, se listan varios ensayos sencillos que pueden realizarse en campo con los materiales componentes y los morteros de reposición (ver Protocolos de Laboratorio 5 y 6 en el CD anexo):

### 5.1 Cal/pasta de cal

#### Reactividad de la cal

Una cal viva (óxido de calcio, CaO) puro, dentro del plazo de evaluación (máximo a tres días de cal-

massas de reconstituição mais adequadas, mas é preciso saber que é impossível reproduzir/simular em laboratório todas as situações do edifício e do ambiente da obra.

O comportamento de uma argamassa em relação ao meio ambiente (presença de sais solúveis, resistência à presença de água), sofre a influência de vários fatores. Entre eles é preciso mencionar o tipo de cal, a granulometria da areia utilizada na mistura e a proporção de água que se usou na preparação, já que definirão a retenção de água da argamassa e sua eventual retração.

Algunas das propriedades das argamassas de cal só se apresentam depois de curadas, e a carbonatação inicial é diferente da carbonatação após quatro, seis, doze meses de cura. E algumas das propriedades dependem e só irão acontecer após a interação com o ambiente, como, por exemplo, a recristalização dos cristais de calcita. Por isto, os resultados de laboratório devem se ajustar às necessidades das argamassas que serão usadas nas alvenarias. Mas as avaliações em laboratório são muito válidas, e apresentam interessantes aspectos. Por exemplo, *Cazalla et al.*, (1998) observou que, depois de três meses, diferentes formulações de argamassas de cal apresentavam claramente aspectos similares de carbonatação, ou seja, o aglomerante e a areia não apresentavam demasiada liga/pega. No entanto, depois de seis meses, cada uma das formulações apresentava características de textura próprias e o aglomerante e a areia estavam mais ligados.

Os ensaios se dividem entre os que se realizam nos componentes, nas argamassas frescas e nas em processo de cura. A seguir, se listam os vários ensaios simples que podem ser realizados em campo com os componentes e as argamassas de reconstituição (ver Procedimentos de Laboratório 5 e 6 no CD em anexo):

### 5.1 Cal/pasta de cal

#### Reatividade da cal

Uma cal virgem (óxido de cálcio, CaO) pura, dentro do prazo de avaliação (máximo três dias depois



cinada), reaccionará rápidamente, y casi violentamente, con el agua al ser inmersa en ella (reacción de hidratación para formar la cal apagada (hidróxido de calcio,  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ). Esta reacción libera tanto calor que la temperatura del agua puede aumentar hasta casi hervir. En consecuencia, midiendo la temperatura del agua se puede evaluar la reactividad de la cal.

### Solubilidad

La cal apagada pura es bastante soluble en agua (aproximadamente dos veces más soluble que el yeso y casi 200 veces más que el carbonato de calcio). El agregado de azúcar, que actúa como un agente complejante de los iones calcio  $[\text{Ca}^{++}]$ , ayuda a incrementar su solubilidad. Cualquier partícula insoluble (calcárea, residuo de una incompleta calcinación o sílicea de una impureza del calcáreo calcinado) quedará sin disolver. Una muestra de cal apagada pura, en pasta o en polvo, se debe disolver completamente en agua fresca y limpia, si al residuo inicial se le continúa agregando agua y agitando, a diferencia de los residuos calcáreos o síliceos que nos se disolverán.

### Contenido de cal no calcinada

Una cal bien calcinada y apagada, guardada en un envase hermético, no deberá presentar efervescencia al ser sometida a la acción del ácido clorhídrico. El desarrollo de efervescencia indica presencia de carbonato de calcio, ya sea por una mala calcinación o porque la pasta de cal apagada ha reaccionado, al menos en parte, con el dióxido de carbono del aire (reacción de carbonatación) y que por lo tanto, ya perdió parte de su valor como material para un mortero a base de cal.

### Residuos insolubles

Los residuos insolubles pueden deberse tanto a una mala calcinación que, si es incompleta deja parte del material calcáreo (caliza, carbonato de calcio  $[\text{CaCO}_3]$ ) o dolomítico (caliza que contiene también carbonato de calcio y magnesio,  $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ ) sin calcinar, o que si es excesiva produce la cal “requemada” que pierde su reactividad. El porcentaje de residuo debe ser mínimo para no disminuir las propiedades aglutinantes de

de calcinada), reagirá rápidamente, e quase violentamente, com a água ao ser imersa nela (reação de hidratação para formar a cal apagada (hidróxido de cálcio,  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ). Esta reação libera tanto calor que a temperatura da água pode aumentar até quase ferver. Conseqüentemente, mediante as medições da temperatura da água se pode avaliar a reatividade da cal.

### Solubilidade

A cal apagada pura é bastante solúvel em água (aproximadamente duas vezes mais solúvel que o gesso e quase 200 vezes mais que o carbonato de cálcio). O agregado de açúcar, que atua como um agente complexante dos íons de cálcio  $[\text{Ca}^{++}]$ , ajuda a incrementar a solubilidade. Qualquer partícula insolúvel (calcária, resíduo de uma calcinação incompleta, ou sílica, de uma impureza do calcário calcinado) ficará sem dissolver. Uma amostra de cal apagada pura, em pasta ou em pó, deve dissolver-se completamente em água fresca e limpa, se ao resíduo inicial se continua agregando água e agitando a mistura restará a diferença dos resíduos calcários ou silícicos que não se dissolveram.

### Conteúdo de cal não calcinada

Uma cal bem calcinada e apagada, guardada em uma embalagem de tampa hermética, não deverá apresentar efervescência ao ser submetida à ação do ácido clorídrico. O desenvolvimento de efervescência indica a presença de carbonato de cálcio, resultante duma calcinação incompleta ou porque a cal apagada reagiu, pelo menos em parte, com o dióxido de carbono do ar (reação de carbonatação) e que, portanto, já perdeu parte de suas propriedades como material para uma argamassa à base de cal.

### Resíduos insolúveis

Os resíduos insolúveis podem estar presentes devido a uma má calcinação, que, se é incompleta, deixa parte do material calcário (pedra crua, carbonato de cálcio  $[\text{CaCO}_3]$ ) ou dolomítico (calcários que contêm também carbonato de cálcio e magnésio,  $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ ) sem calcinar, ou que, se é excessivo, chega a produzir cal “requemada”, que perde sua reatividade. A porcentagem de resíduo deve ser mínima, para não diminuir as proprieda-



la cal. La cantidad de residuos insolubles que quedan, luego de la disolución, retenidos en el tamiz de 0,150mm de luz, no debe superar el 10% en peso de la muestra.

### Densidad de la pasta de cal

La densidad límite para una pasta de cal, de acuerdo a la norma BS 890 (British Standard), es de 1,45 g/cm<sup>3</sup>. La densidad de una pasta de cal puede ser determinada con cualquier muestra que presente una consistencia apropiada.

## 5.2 Morteros frescos (mezclas)

### Tenor de agua

La cantidad de agua usada para preparar la mezcla influenciará su “trabajabilidad o maniabilidad” así como el subsiguiente proceso de carbonatación. Tanto el exceso como la falta de agua dificultan la carbonatación.

Primero se pesan las muestras de morteros en su estado fresco y húmedo. Luego se ponen a secar en estufa a 60°C, hasta que presenten un peso constante. La diferencia de peso entre el estado inicial y el seco, sirve para determinar el contenido de humedad de cada muestra, lo que se expresa como porcentaje del peso seco.

### Proporción cal / arena

Varios factores influyen en el aspecto y el comportamiento físico mecánico del mortero, tales como la granulometría de la arena, el tipo de cal, la eventual función de la argamasa, y otros. La determinación de la granulometría de la arena es muy importante para los estudios de compatibilidad (ver Protocolo de Laboratorio 6 – Análisis granulométrico). La evaluación del volumen de los vanos, es decir de los espacios vacíos de una arena, puede ser determinada como parámetro para estimar la proporción de la cal en una argamasa. Una manera simple y práctica de evaluar la cantidad de cal necesaria para un mortero a fin de mantener al mínimo la retracción, es determinar el volumen de vanos de una arena seca. Esto se puede evaluar midiendo el volumen de agua necesaria para humedecer una muestra de arena de volumen

des aglutinantes da cal. A quantidade de resíduos insolúveis que, logo após a dissolução, ficam retidos em uma peneira de malha de 0,150mm, não deve ser superior a 10% em peso da amostra.

### Densidade da pasta de cal

A densidade limite para uma pasta de cal é de 1,45 g/cm<sup>3</sup>, de acordo com a norma BS 890 (British Standard). A densidade de uma pasta de cal pode ser determinada a partir de qualquer amostra que apresente uma consistência apropriada.

## 5.2 Argamassas frescas (misturas)

### Teor de água

A quantidade de água usada para preparar uma argamassa influenciará sua “trabalhabilidade ou plasticidade”, assim como o subsequente processo de carbonatação. Tanto o excesso, como a falta de água, dificultam a carbonatação.

Primeiro, se pesam as amostras de argamassa em seu estado fresco e úmido. Depois, se colocam a secar em estufa a 60°C, até que apresentem um peso constante. A diferença de peso entre o estado natural e o seco serve para determinar o conteúdo de umidade de cada amostra, o que se expressa como uma porcentagem do peso seco.

### Proporção de cal / areia

Vários fatores influem na determinação do aspecto e do comportamento físico-mecânico da argamassa, tais como a granulometria da areia, o tipo de cal, a eventual função da argamassa, e outros. A determinação da granulometria da areia é muito importante para os estudos de compatibilidade (ver Procedimento de Laboratório 6 – Análise granulométrica). A avaliação do volume dos vãos, isto é dos espaços vazios de uma areia pode ser determinada como parâmetro para estimar a proporção da cal em uma argamassa. Uma maneira simples e prática de avaliar a quantidade de cal de uma determinada argamassa mantendo o mínimo de retração é determinar o volume de vazios de uma areia seca. Isto pode ser avaliado medindo a quantidade de água necessária para umedecer uma amostra de areia de volume conhecido. Desta





conocido. De esta manera estimamos la cantidad mínima de cal necesaria para conglomerar los granos de arena. Cuanto mejor sea la distribución del tamaño de los granos de arena, de menor a mayor, menos vanos tendrá la arena. Por consiguiente, será menor la cantidad de cal necesaria, lo que minimizará la retracción del mortero.

### Trabajabilidad y tiempo de preparación

Una de las ventajas de una buena pasta de cal es su buena trabajabilidad. Pero también influyen la arena, la proporción de cal y arena, así como la manera de mezclado, que cuánto más enérgica, mejor. La trabajabilidad de la mezcla puede ser mejorada por el simple impacto entre las partículas de cal y arena resultante del modo de mezclar, sin ser necesario agregar más agua.

Una muestra de mortero de cal puede ser evaluada preliminarmente, con respecto a su trabajabilidad, sin equipamiento de laboratorio. Con el mortero se hace una pelota de unos 7cm de diámetro y se la tira contra una superficie plana. Un mortero con buena trabajabilidad, una vez “desparramado” por el impacto, debe alcanzar, según las normas, unos 15 a 16cm de diámetro. Dependiendo de la función del mortero en obra, la consistencia puede variar. Por ejemplo, para reintegración de juntas, se requiere una consistencia más pastosa.

### 5.3 Mortero en proceso de cura

#### Profundidad de carbonatación / ensayo de la fenolftaleína

Los morteros a base de cal fraguan y endurecen por el proceso de carbonatación. La carbonatación es una reacción química de la cal hidratada  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  con el dióxido de carbono  $[\text{CO}_2]$  del aire, por el cual el material a base de cal va desarrollando su resistencia mecánica de manera lenta y gradual. El ensayo de carbonatación es una manera simple y práctica, a pesar de no ser totalmente exacto, de controlar y evaluar el proceso de carbonatación de un mortero a lo largo de su tiempo de cura. Para ello se utiliza la fenolftaleína como reactivo. La fenolftaleína es un indicador químico que

maneira, se estima a quantidade mínima de cal necessária para aglomerar os grãos de areia. Quanto melhor seja a distribuição do tamanho dos grãos de areia, de menor a maior, menos vazios terá a areia. Como conseqüência, será menor a quantidade de cal necessária o que minimizará a retração da argamassa.

### Trabalhabilidade e tempo de preparação

Uma das vantagens de uma boa pasta de cal é sua boa trabalhabilidade. Mas também influem a areia e a proporção de cal e areia, assim como a maneira de misturar, que quanto mais enérgica, melhor. A trabalhabilidade da mistura pode ser melhorada pelo simples impacto entre as partículas de cal e areia de acordo com a forma de misturar, sem ser preciso adicionar mais água.

Uma amostra de argamassa de cal pode ser avaliada preliminarmente quanto à sua trabalhabilidade sem equipamento de laboratório. Faz-se uma bola de argamassa de cal de uns 7cm de diámetro que se atira contra uma superfície plana. Uma argamassa de boa trabalhabilidade e consistência, segundo as normas, quando “esparramada” pelo impacto, deve atingir a uns 15 a 16 cm de diámetro. Dependendo da função a ser desempenhada pela argamassa na obra, sua consistência pode variar. Por exemplo, para reintegração de juntas, geralmente se precisa de uma consistência mais pastosa.

### 5.3 Argamassa em processo de cura

#### Profundidade de carbonatação / ensaio com fenolftaleína

As argamassas à base de cal curam e endurecem pelo processo de carbonatação. A carbonatação é uma reação química da cal hidratada  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  com o dióxido de carbono  $[\text{CO}_2]$  do ar, pelo qual o material à base de cal vai desenvolvendo sua resistência mecânica de forma lenta e gradual. O ensaio de carbonatação é uma maneira simples e prática, apesar de não totalmente exata, de controlar e avaliar o processo de carbonatação de uma argamassa ao longo do seu tempo de cura. Para este teste, se utiliza a fenolftaleína como reagente. A fenolftaleína é um indicador químico que



adquiere color rosa intenso en medio alcalino (por encima de pH 8) e incoloro en medio neutro o ácido. En el mortero fresco predomina la cal hidratada,  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ , y en las curadas, la cal carbonatada  $[\text{CaCO}_3]$ .

Una muestra de mortero recién cortada, y rociada con fenolftaleína, mostrará zonas rosas (más al interior y que corresponden a la parte aún sin carbonatar), y zonas incoloras (en la superficie externa de la muestra y que corresponden a las partes carbonatadas). La zona carbonatada aparece como una corona que va avanzando hacia el centro de la muestra de mortero. La carbonatación se inicia en los primeros días, presentando unos milímetros de espesor y va aumentando de la superficie hacia el interior del mortero en un proceso que dura algunos meses, o aún más tiempo, dependiendo de varios factores, tales como las características de la mezcla mortero, su espesor y las condiciones ambientales.

El ensayo de la fenolftaleína también puede ser aplicado, *in loco*, en el edificio mismo, y para esto se hace necesario abrir un pequeño orificio en el revoque, aplicar la fenolftaleína y observar de la superficie hacia el interior el efecto del reactivo.

## 6. Materiales apropiados para la preparación de morteros y pinturas a base de cal.

1. *Cal viva*. Preferentemente *cálcica*, con más de 90% de óxido de calcio, de alta *reactividad*.
2. *Pasta de cal gorda*. Muy plástica. Hidratada con exceso de agua, conteniendo entre 30 a 45% de agua libre. Es preferible a la cal hidratada en polvo.
3. *Agregado limpio*. Exento de materia orgánica. Tradicionalmente se usa arena natural de fuentes locales, de yacimientos y ríos.
4. *Agregado con granulometría variada*. Permite una mejor distribución de la cal entre los granos (excepto en los casos donde color y textura de la arena deben ser similares al del material existente). Morteros con un exceso de arena gruesa en la mezcla serán más difíciles de trabajar y más débiles (en

adquire cor rosa intensa em meio alcalino (acima de pH 8), e incolor em meio neutro ou ácido. Em uma argamassa fresca predomina a cal hidratada,  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ , e nas curadas, a cal carbonatada  $[\text{CaCO}_3]$ .

Uma amostra de argamassa recém cortada, e pulverizada com fenolftaleína, mostrará zonas rosa (mais no interior, que correspondem a partes ainda não carbonatadas) e zonas incolores (na superfície externa da amostra, e que correspondem às partes carbonatadas). A zona carbonatada aparece como uma coroa, que vai avançando de fora para dentro do núcleo da amostra da argamassa. A carbonatação se inicia nos primeiros dias, apresentando uns milímetros de espessura e vai aumentando da superfície para o interior da argamassa em um processo que leva alguns meses, ou mais tempo, dependendo de vários fatores, tais como características dos componentes da argamassa, sua espessura, bem como condições ambientais.

O ensaio da fenolftaleína também pode ser aplicado *in loco*, no próprio edifício, e para isto é necessário abrir um pequeno orificio no reboco, aplicar a fenolftaleína e observar, da superfície para o interior, o efeito do reagente.

## 6. Materiais mais apropriados para a preparação de argamassas e tintas à base de cal

1. *Cal virgem*. Preferencialmente *cálcica*, com mais de 90% de óxido de cálcio, de alta *reatividade*.
2. *Pasta de cal gorda*. Muito plástica, hidratada com excesso de água, contendo entre 30 a 45% de água livre. Deve ser usada preferentemente à cal hidratada em pó.
3. *Agregado limpo*. Isento de matéria orgânica. Tradicionalmente se usa areia natural de fontes locais, de jazidas e rios.
4. *Agregado com granulometria variada*. Permite uma melhor distribuição da cal entre os grãos (exceto nos casos onde cor e textura da areia devem ser similares ao do material existente). Argamassas com excesso de areia grossa resultarão



fase de cura). Mezclas con arena de granos de tamaño uniforme son más fáciles de trabajar, pero necesitan más agua y cal, resultando en una mayor retracción.

5. *Agregado de forma angular*. Es el más recomendado para trabajos de restauración, ya que la rugosidad de los granos aumenta la carbonatación. Se deben especificar agregados que mezclen granos de forma redondeada con angulares.

6. *Exceso de finos*. Se puede añadir al máximo 10% de granos inferiores a 0,150mm. Morteros preparados con un exceso de granos finos disminuyen el potencial de la cal como aglutinante, pues dificultan la adhesión entre cal y arena.

7. *Agregados porosos*. Se obtienen por molienda de conchas, mármol, calizas y/o dolomitas. Se recomiendan como sustitutos parciales de la arena común. Estos agregados aumentan la porosidad, auxiliando la carbonatación, y por ende al endurecimiento, al promover el crecimiento de cristales de calcita, por el contacto con materiales que ya contienen este compuesto y con superficies ásperas e irregulares.

## 7. Técnicas más apropiadas para aplicación de morteros de cal

1. *Pasta de cal*. Se recomienda el uso de esta pasta que se obtiene por la hidratación de cal viva con exceso de agua, guardada bajo agua por un mínimo de tres semanas, mejorando su calidad con el paso del tiempo (de tres meses en adelante). Este proceso tiene la ventaja de asegurar una completa hidratación, incrementando la plasticidad y disminuyendo la tendencia de retracción del mortero, ya que requiere una menor cantidad de agua para la preparación de la mezcla que la necesaria para una cal hidratada en polvo.

2. *Apagado de cal con agregado*. También se recomienda este proceso que hidrata la cal viva ya mezclada con el agregado. Es un sistema bastante antiguo y parece mejorar la adherencia entre la cal y el agregado.

3. *Proporción y consistencia*. La proporción de 1:2,5 o 1:3 (cal: arena) por volumen es la formulación

em argamassas mais difíceis de trabalhar e serão mais fracas (na fase de cura), enquanto que argamassas com areia de grãos de tamanho uniforme são mais fáceis de trabalhar, mas necessitam mais água e cal, resultando em maior retração.

5. *Agregado de forma angular*. É o mais recomendado para trabalhos de restauração, uma vez que a rugosidade dos grãos aumenta a carbonatação. Devem ser especificados agregados que misturem grãos de formas arredondadas com angulares.

6. *Finos em excesso*. Adicionam-se no máximo 10% de grãos menores do que 0,150mm. Argamassas produzidas com excesso de grãos finos diminuem o potencial da cal como aglutinante, pois dificultam a adesão entre cal e areia.

7. *Agregados porosos*. Produzido de pó de concha, mármore, calcário e dolomito; são recomendados em substituição à parte de areia comum. Estes componentes aumentam a porosidade, auxiliando na carbonatação, e por consequência no endurecimento, ao promover o crescimento de cristais de calcita pelo contato com as superfícies que já contém este composto e com superfícies ásperas e irregulares.

## 7. Técnicas mais apropriadas para aplicação de argamassas de cal

1. *Pasta de cal*. Recomenda-se o uso desta pasta resultante da hidratação da cal virgem com excesso de água, estocada debaixo d'água por no mínimo três semanas, melhorando sua qualidade com o tempo (de três meses em diante). Este processo tem a vantagem de assegurar uma completa hidratação, aumentando a plasticidade e diminuindo a tendência à retração da argamassa, uma vez que requer uma menor quantidade de água na pasta de cal do que a necessária para cal hidratada em pó.

2. *Hidratação da cal com agregado*. Também se recomenda este processo que hidrata a cal virgem já misturada com agregado. É um sistema bastante antigo e parece melhorar a aderência entre a cal e o agregado.

3. *Traço e consistência da mistura*. A proporção de 1:2,5 ou 1:3 (cal: areia), em termos de volume é a



más apropiada para revoques gruesos y morteros de asiento. Sin embargo, diferentes fuentes de cal y/o agregado pueden dar resultados variables. Si la arena no estuviera seca, la proporción deberá ser corregida para aumentar su cantidad. Los morteros de acabado (revoque o juntas) deben tener una mayor cantidad de cal.

4. *Consistencia correcta del mortero.* Esta consistencia puede ser alcanzada con un mínimo de agua. En general la humedad contenida en la pasta de cal (40 a 50%) es suficiente para la mezcla, pudiendo necesitar una mínima adición de agua. Los morteros se pueden mezclar y dejar descansar, protegidos del aire, hasta que alcancen el tenor de humedad deseado.

5. *Técnicas de mezclado.* Se puede mezclar, manual o mecánicamente, la cal con el agregado, para alcanzar la consistencia pastosa seca ideal. Al trabajar con batidores de madera, el mortero adquiere trabajabilidad por el correcto tenor de humedad, pues el impacto extrae el agua interna de la pasta y la distribuye por toda la mezcla. La mezcladora más indicada para este tipo de morteros tiene tambor horizontal, donde giran dos rodillos en torno de un eje central vertical.

6. *Superficie de aplicación limpia y humedecida.* Se debe preparar la superficie antes de la aplicación del mortero. Si el soporte no estuviese debidamente humedecido, éste retirará agua de la argamasa por succión, causando retracciones y fisuras en la mezcla en el proceso de cura.

7. *Herramientas y técnicas de aplicación apropiadas.* En general, los morteros de cal no deben ser alisados, pues este movimiento hará migrar la cal hacia la superficie, causando fisuras y segregación del material. Se debe tirar el mortero con un buen impacto, en cantidades reducidas y usando una pequeña cuchara de albañil. Luego se corta en sentido transversal el exceso de mortero, nivelando el mismo al espesor deseado, y finalmente se pasa la regla y la llana. La adherencia entre las capas de un revoque debe ser preferentemente química, o sea, aplicando una nueva capa antes de que la capa anterior este completamente seca. Otra técnica de

mais apropriada para emboços e argamassas de assentamento. No entanto, diferentes fontes de cal e/ou agregado podem resultar resultados variáveis. Se a areia não estiver seca, a proporção deverá ser corrigida para aumentar sua quantidade. Argamassas de acabamento (rebocos ou juntas) devem ter uma quantidade maior de cal.

4. *Consistência correta.* Esta consistência pode ser alcançada com um mínimo de água. Em geral, a umidade contida na pasta de cal (40 a 50%) é suficiente para a mistura, podendo necessitar de uma mínima adição de água. As argamassas podem ser misturadas e deixadas descansar, desde que protegidas contra o ar, até atingirem o teor de umidade desejado.

5. *Técnicas de misturar.* Pode-se misturar, manual ou mecanicamente, a cal com o agregado para alcançar a consistência pastosa seca ideal. Trabalhar com pilões de madeira dá à argamassa uma trabalhabilidade pelo correto teor de umidade, por meio de impacto que retira a água do interior da pasta e a distribui por toda a argamassa. A misturadora mais indicada para este tipo de argamassas tem caçamba horizontal, onde giram dois rolos em torno de um eixo central vertical.

6. *Base do revestimento limpo e úmido.* A superfície onde vai ser aplicada a argamassa deve estar preparada. Se o suporte não estiver devidamente umedecido, este irá retirar água da argamassa por sucção, causando retrações e fissuras durante a cura.

7. *Ferramentas e técnicas de aplicação apropriadas.* Em geral, as argamassas de cal não devem ser alisadas, pois este movimento fará a cal migrar para a superfície, causando fissuras e segregação do material. Se deve atirar a argamassa na superfície, com bom impacto, em quantidades reduzidas, usando uma colher de pedreiro. Em seguida, se corta no sentido transversal o excesso de argamassa, nivelando a mesma na espessura desejada, e por fim se passa a régua e a desempenadeira. A ligação entre as camadas de um reboco deve ser principalmente a química, ou seja, se deve aplicar uma nova camada antes da anterior secar completamente. Outra



aplicación es colocar una porción de argamasa sobre la llana, prensando y deslizando la misma sobre la superficie de la pared.

8. *Espesor máximo.* Las capas de revoque grueso y medio no deben tener espesores superiores a 1,2 cm. Cuanto más espesa es la capa, mayor la probabilidad de aparición de fisuras.

9. *Espesor mínimo.* Los acabados de revoques o revoques finos deben tener un espesor mínimo de 0,3 a 0,5 cm de mortero con bastante cal y agregado fino. Estas capas pueden ser acabadas con texturas lisas y hasta pulidas, o repasadas con un fieltro de tal forma que la textura de la arena sobresalga, abriendo de esta forma los poros, y auxiliando en la evaporación de la humedad de la pared. Dependiendo de la ubicación del revoque, se pueden aplicar dos o más capas de acabado, una sobre otra antes de curar, utilizando sucesivamente morteros conteniendo mayor cantidad de cal y arena cada vez más fina. Las capas deben ser aplicadas compactando una sobre la otra para que la nueva se funda en la anterior y se obtenga una textura homogénea.

10. *Control de condiciones de ejecución.* Durante los primeros días de cura, los morteros de cal deben ser controlados, no permitiendo la acción directa del sol, viento o lluvia fuerte. Cualquier aplicación de cal debe ser siempre precedida de un humedecimiento del sustrato con rociadores, lo que facilita la impregnación de los poros del material con agua. Con esta medida se evita la succión del agua del mortero por el sustrato. Las áreas externas deben ser protegidas con la colocación de tejidos o bolsas de arpillera, que deben ser humedecidas periódicamente, creando un ambiente propicio para un secado (lento), con la consiguiente formación de cristales más grandes de calcita y microfisuras, mientras que un secado rápido resultaría en la formación de fisuras grandes e inhibiría el desarrollo de los cristales de calcita.

11. *Mantenimiento de los revoques.* La pintura periódica con pintura a base de cal ayuda a consolidar las estructuras y a aumentar la durabilidad de los revoques y de todo el edificio.

técnica de aplicação é colocar uma porção de argamassa sobre a desempenadeira, prensando e deslizando a mesma sobre a superfície da parede.

8. *Espessura máxima.* As camadas de emboço e reboco não devem ter espessura superior a 1,2 cm. Quanto mais espessa a camada, maior a probabilidade de aparecimento de fissuras.

9. *Espessura mínima.* Os acabamentos de rebocos devem ter espessura mínima de 0,3 a 0,5 cm de argamassa contendo bastante cal e agregado fino. Estas camadas podem ser acabadas com texturas bastante alisadas ou até mesmo polidas ou desempenadas com feltro, de tal forma que a textura da areia sobressaia, abrindo desta forma os poros, e auxiliando na evaporação da umidade da parede. Dependendo da situação do reboco, duas ou mais camadas de acabamento podem ser aplicadas, uma sobre a outra antes de curar, utilizando sucessivamente argamassas contendo maior teor de cal e areia cada vez mais fina. As camadas devem ser aplicadas compactando uma à outra para que a nova se funda na anterior e ganhe textura homogénea.

10. *Controle das condições de execução.* Deve ser efetuado controle durante os primeiros dias de cura das argamassas, não permitindo sol, vento ou chuva forte. Toda aplicação de cal deve ser precedida de umedecimento dos suportes com vaporizadores, que facilitam a impregnação de água dentro dos poros dos materiais. Com esta medida se evita a sucção da água da argamassa pelo suporte. As áreas externas devem ser protegidas preferencialmente com a colocação de uma proteção de tecido ou sacos de aniagem, a qual deve ser umedecida periodicamente, criando ambiente mais propício à secagem (lenta) com a consequente formação de cristais longos de calcita e microfissuras, enquanto que a secagem rápida poderia resultar na formação de grandes fissuras e inibir o desenvolvimento de cristais de calcita.

11. *Manutenção dos rebocos.* A pintura periódica com tinta à base de cal ajuda a consolidar as estruturas e aumentar a durabilidade dos rebocos e de toda a edificação.



## 9. PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN INTERVENCIONES EN EL PATRIMONIO CONSTRUIDO

Gisela M. A. Korth

### 1. Introducción

Este capítulo tiene como objetivo ayudar a la prevención de accidentes durante intervenciones en construcciones de valor patrimonial. Adelantarse a los riesgos laborales que se pueden presentar en el transcurso de la obra, nos dará la oportunidad de anticipar las medidas necesarias para evitarlas y, ante lo acaecido, tener previstas las soluciones.

Disponiendo de una rápida y adecuada respuesta ante un incidente, minimizamos sus consecuencias y evitamos el exponencial incremento de los riesgos. Es por ello necesario, crear conciencia en los trabajadores y en los responsables de los equipos, acerca de la importancia de cumplimentar las normas de “Higiene y Seguridad Laboral” en las obras.

El trabajo es una actividad en donde las personas desarrollan y ponen en práctica sus capacidades físicas e intelectuales. Es en el hacer y en las modificaciones que su desempeño produce en el medio ambiente, donde se generan los posibles “riesgos”.

### 2. Factores de Riesgo

Se puede definir al riesgo laboral como la posibilidad de que un operario sufra un daño derivado de su trabajo, que puede concretarse durante la ejecución del mismo (por ejemplo, lesiones) o como consecuencia de haberlo realizado (por ejemplo, enfermedades profesionales).

Los factores de riesgo no actúan solamente de modo individual, sino también en forma sumada y potenciada entre sí. Los que se relacionan en forma directa con las condiciones de trabajo son:

#### Condiciones de seguridad

Reúne todos los factores que influyen en las posi-

## 9. PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM INTERVENÇÕES NO PATRIMÔNIO CONSTRUIDO

Gisela M. A. Korth

### 1. Introdução

Este capítulo tem como objetivo ajudar na prevenção de acidentes durante intervenções em construções de valor patrimonial. Prever os riscos que possam ocorrer no decorrer da obra nos dará a oportunidade de propor as medidas necessárias para evitá-los, e, perante a ocorrência, ter previstas alternativas de solução.

Dispondo de uma rápida e adequada resposta perante um incidente minimizamos suas consequências e evitamos a ampliação exponencial dos riscos. Por isso, é necessário criar a consciência nos trabalhadores e nos responsáveis pelas equipes sobre a importância de observar e cumprir as normas de “Higiene e Segurança no Trabalho” nas obras.

O trabalho é uma atividade onde as pessoas desenvolvem e põem em prática suas capacidades físicas e intelectuais. É no fazer e nas modificações que seu desempenho produz no meio ambiente que se criam os possíveis “riscos”.

### 2. Fatores de Risco

O risco de acidentes no trabalho pode ser definido como a possibilidade de que um operário sofra uma lesão derivada de sua atividade profissional, que pode ocorrer durante sua execução (por exemplo, contusões, ferimentos) ou como consequência (por exemplo, doenças profissionais).

Os fatores de risco não atuam somente de modo individual, mas também de forma somada e potencializada entre si. Os que se relacionam de forma direta com as condições de trabalho são:

#### Condições de Segurança

Reúne todos os fatores que influem nas possibili-



bilidades de accidentes: características del lugar de trabajo, particularidades de los equipos empleados, metodología, etc.

### Condiciones ambientales y físicas

Son los factores a los que se encuentra expuesto el trabajador: ruido, radiaciones, iluminación, temperaturas ambientales, etc.

### Contaminaciones químicas y biológicas

Son los agentes químicos, bacteriológicos, gases, etc. que en determinada concentración o contacto, pueden afectar al trabajador.

### Carga de trabajo

Son los esfuerzos requeridos para realizar ciertas tareas, como un excesivo nivel de concentración o atención, etc.

### Organización de trabajo

Agrupar la forma de realizarlo, la distribución de las tareas, horarios, descansos, etc.

## 3. Técnicas de Prevención

Para evitar los daños o reducir los riesgos, se actúa en forma directa sobre las causas, recurriendo a las Técnicas de Prevención. Básicamente, éstas actúan sobre dos grandes grupos:

**El trabajador:** selección del personal, actitud del trabajador, estado físico previo, información sobre prevención de accidentes, indumentaria idónea, capacitación y concientización, etc.

**El ambiente:** para mantener el estado físico, mental y social del trabajador, se debe adecuar el lugar de trabajo a la persona que desarrolla la actividad. No solamente teniendo en cuenta la geometría del puesto, sino también la iluminación, temperatura, humedad, ruido, que generan “fatiga” en el individuo. También abarca la duración de la jornada, el ritmo de trabajo, los tiempos de descanso, etc. Otro aspecto a considerar es la psico-sociología, la repetición de tareas despersonalizadas y monótonas por el mismo trabajador.

dades de accidentes: características do local de trabalho, particularidades dos equipamentos empregados, metodologia, etc.

### Condições ambientais e físicas

São os fatores aos quais se encontram expostos os trabalhadores: ruído, radiações, iluminação, temperatura ambiente, etc.

### Contaminações químicas e biológicas

São os agentes químicos, bacteriológicos, gases, etc. que, em determinada concentração ou contato, podem afetar aos trabalhadores.

### Carga de trabalho

É o esforço requerido para realizar certas tarefas, como um excessivo nível de concentração ou atenção, etc.

### Organização de trabalho

Engloba a forma de realizá-lo, a distribuição das tarefas, horários, descansos, etc.

## 3. Técnicas de Prevenção

Para evitar os danos ou reduzir os riscos, se atua de forma direta sobre as causas, recorrendo-se às Técnicas de Prevenção. Basicamente, estas atuam sobre dois grandes grupos:

**O trabalhador:** seleção de pessoal, atitude do trabalhador, estado físico prévio, informação sobre prevenção de acidentes, indumentária correta, capacitação e conscientização, etc.

**O ambiente:** para manter o estado físico, mental e social do trabalhador, deve-se adequar o local de trabalho à pessoa que desenvolve a atividade. Não somente levando em conta a geometria do posto, mas também a iluminação, temperatura, umidade, ruído, que geram fadiga no indivíduo. Também abarca a duração da jornada, o ritmo de trabalho, os tempos de descanso, etc. Outro aspecto a ser considerado é a psico-sociologia, a repetição de tarefas despersonalizadas e monótonas pelo mesmo trabalhador.



Según sea el momento en que se actúa, las técnicas de seguridad se pueden clasificar como:

**Prevención:** son las más importantes a tener en cuenta, engloban las técnicas que tienden a eliminar las causas o los factores de riesgo.

**Protección:** son aquellas que minimizan los riesgos y evitan las consecuencias graves.

**Reparación:** son técnicas que tienden a reparar en la forma más efectiva posible las consecuencias producidas por un accidente.

#### 4. Normativas para la prevención de accidentes en la construcción

Para prevenir los accidentes en obra, es necesario conocer el marco legal que regula la actividad. Éstas dependen de las regulaciones legales de “Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo” particulares de cada país.

#### 5. Prevención de riesgos relacionados a las intervenciones en el patrimonio construido

##### 5.1 Riesgos de caída

Derivada de la “pérdida de equilibrio” es la causa más común que origina la caída de un operario y que suele terminar en un “accidente”. Las causas que pueden originar una caída son:

- a) Tratar de alcanzar algo que esta fuera de la superficie de trabajo.
- b) Desorden y falta de limpieza.
- c) Caminar en una orilla desprotegida.
- d) Acarrear objetos.
- e) Transitar por superficies resbalosas.
- f) Tratar de subirse a, o desde, una superficie de trabajo.
- g) Trabajar sobre una escalera.
- h) Trabajar en superficies o estructuras inestables, poco resistentes o defectuosas.

De acordo com o momento em que se efetuam, as técnicas de segurança podem ser classificadas como:

**Prevenção:** são as mais importantes a se ter em conta; englobam as técnicas que tendem a eliminar as causas ou os fatores de risco.

**Proteção:** são aquelas que minimizam os riscos e evitam as conseqüências graves.

**Reparação:** técnicas que tendem a reparar, da forma mais eficiente possível, as conseqüências produzidas por um acidente.

#### 4. Normativas para a prevenção de acidentes na construção

Para prevenir os acidentes em obras é necessário conhecer a legislação específica que regula a atividade. Esta depende das normas específicas de cada país para “Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho”.

#### 5. Prevenção de riscos relacionados às intervenções no patrimônio construído

##### 5.1 Riscos de queda

Derivada da “perda de equilíbrio” é a causa mais comum que provoca a queda de um operário e que pode gerar um “acidente”. As causas que podem originar uma queda são:

- a) Tentar alcançar algo que está fora da superfície de trabalho.
- b) Desordem e falta de limpeza.
- c) Caminhar em borda desprotegida.
- d) Carregar objetos.
- e) Transitar por superfícies escorregadias.
- f) Tratar de subir o descer da uma superfície de trabalho.
- g) Trabalhar sobre uma escada;
- h) Trabalhar em superfícies ou estruturas instáveis, pouco resistentes ou defeituosas.





i) Condiciones del tiempo: calor, lluvia, hielo y/o viento.

La protección contra caídas consiste en un sistema que involucra uno o más dispositivos, componentes o métodos para prevenir o reducir lesiones o fatalidades debido a una caída. Se pueden dividir en:

#### a) Protección activa

Arnés (modelo específico según la tarea a desarrollar).

Elemento de conexión o cabo de vida (a veces se utilizan dos).

Punto de anclaje estructural.

Capacitación.

Inspección rutinaria del equipo.

#### b) Protección pasiva

Baranda de protección.

Malla de seguridad.

Cercas y barricadas.

Cubiertas.

Andamios.

Plataformas móviles.

### 5.2 Andamios

Los andamios de trabajo son prioritariamente instalaciones provisorias de carácter temporal, con efecto directo contra la caída de altura. Si están bien realizados, sirven para crear un adecuado y seguro lugar de trabajo con acceso seguro para los trabajos que se han de efectuar.

De acuerdo con su forma de sustentarlos o apoyarlos, los andamios pueden clasificarse en:

- a) Apoyados.
- b) Volados o en voladizo.
- c) Colgados o suspendidos.

i) Condições do tempo: calor, chuva, gelo e/ou vento.

A proteção contra quedas consiste em um sistema que envolve um ou mais dispositivos, componentes ou métodos para prevenir ou reduzir lesões ou fatalidade devido a uma queda. Pode ser dividida em:

#### a) Proteção ativa

Arnês (modelo específico segundo a tarefa a desenvolver).

Elemento de conexão ou cinto de segurança (às vezes se utilizam dois).

Ponto de ancoragem estrutural.

Capacitação.

Inspeção rotineira do equipamento.

#### b) Proteção passiva

Guarda-corpo de proteção.

Rede de segurança.

Cercas e barricadas.

Coberturas.

Andaimes.

Plataformas móveis.

### 5.2 Andaimes

Os andaimes de trabalho são prioritariamente instalações provisórias, de carácter temporário, com efeito direto contra a queda de altura. Se estiverem bem feitos, servem para criar um adequado e seguro local de trabalho, com acesso seguro para os trabalhos a serem efetuados.

De acordo com a forma de sustentá-los ou apoiá-los, os andaimes podem ser classificados em:

- a) Apoiados.
- b) Em balanço.
- c) Suspensos.



Para ser una estructura segura, las condiciones básicas que un andamio debe satisfacer son:

- a) Rigidez.
- b) Resistencia.
- c) Estabilidad.
- d) Ser apropiados para la tarea a realizar.
- e) Estar dotados de los dispositivos de seguridad correspondientes.
- f) Asegurar inmovilidad lateral y vertical.

Precauciones generales para evitar accidentes:

- a) La separación entre montantes no debe ser superior a los 3 metros.
- b) Evitar el sobrepeso.
- c) En estructuras de varios pisos, revisar la condición del piso donde se colocará carga y asegurarse de que pueda soportarla.
- d) Poner las bases sobre una superficie nivelada y sólida que soporte el peso de la estructura.
- e) Caminar sólo en superficies niveladas.
- f) Subir siempre por la escalera. No hacerlo por cualquier lugar de la estructura.
- g) No utilizar tablonos o componentes dañados o defectuosos.
- h) Mantener los andamios a una distancia mínima de 3 metros o más de los cables eléctricos (o un metro si los cables son de menos de 300 voltios), salvo que se tenga la absoluta seguridad de que no tienen energía eléctrica.
- i) Si hay mucho viento o una tormenta, no se debe trabajar en el andamio. Tampoco si los tablonos tienen agua o hielo.
- j) Un andamio que tenga una altura cuatro veces mayor que el ancho de su base debe estar amarrado a postes de apoyo.
- k) Los tablonos de madera deben estar sin

Para ser uma estrutura segura, as condições básicas que um andaime deve satisfazer são:

- a) Rigidez.
- b) Resistência.
- c) Estabilidade.
- d) Ser apropriado para a tarefa a realizar.
- e) Estar dotado dos dispositivos de segurança correspondentes.
- f) Assegurar imobilidade lateral e vertical.

Precauções gerais para evitar acidentes:

- a) A separação entre montantes não deve ser superior a 3 metros.
- b) Evitar o excesso de peso.
- c) Em estruturas de vários pisos, revisar a condição do piso onde se colocará carga e assegurar-se de que possa suportá-la.
- d) Colocar as bases sobre uma superfície nivelada e sólida, que suporte o peso da estrutura.
- e) Caminhar somente em superfícies niveladas.
- f) Subir sempre pela escada. Não fazê-lo pela estrutura.
- g) Não utilizar tábuas, pranchas e componentes estragados ou defeituosos.
- h) Manter os andaimes a uma distância mínima de 3 metros ou mais dos cabos elétricos (ou a um metro se os cabos são de menos de 300 volts), a menos que se tenha absoluta certeza de que estão sem energia.
- i) Se há muito vento ou tempestade, não se deve trabalhar no andaime. Tampouco se as tábuas estão molhadas ou têm gelo.
- j) Um andaime que tenha altura quatro vezes maior que a largura de sua base, deve estar vinculado a postes de apoio.
- k) As tábuas ou pranchas utilizadas devem



pintar para que se puedan ver las rajaduras y defectos como nudos o similares.

l) La plataforma de trabajo debe tener un ancho mínimo de 60 cm. Todo perímetro que de al vacío contará con baranda a 1 metro de altura, otra intermedia, a 50 cm. y un zócalo en contacto con la plataforma de 10 cm. de alto.

m) Las barandas y los zócalos deben fijarse del lado interior de los montantes.

n) Todas las plataformas de trabajo deben estar separadas como máximo 20 cm del muro, si esta distancia fuera mayor debe colocarse una baranda a una altura de 70 cm.

o) Los tablonos deben estar trabados y amarrados a la estructura del andamio sin utilizar clavos. De modo tal que no se puedan separar transversalmente, ni de sus puntos de apoyo, ni deslizarse accidentalmente.

p) Una media sombra tensada colocada cubriendo el andamio, funciona como barrera contenedora para cualquier objeto que se caiga.

### 5.3 Escaleras

Es muy común el empleo de escaleras en la realización de alguna tarea en donde ni la altura ni la duración del trabajo, haga necesario el armado de un andamio.

Estadísticamente, la cantidad de accidentes relacionados con caídas desde una escalera son numerosos. La gente que se cae al bajarse, es el doble que la gente que se cae al subirse. La causa principal de las caídas desde una escalera recta o una escalera de extensión es el deslizamiento de la base de la misma. En cambio, en las escaleras de tijera, la causa principal es irse de lado. El traslado de la escalera también puede ser un riesgo, para el operario que la traslada o para aquel que se cruzó en el camino de la escalera.

Las causas que pueden originar una caída son:

a) Deslizamiento lateral de la cabeza de la escalera. Causas posibles: apoyo precario, esca-

estar sem pintura, para que se possam verificar rachaduras e defeitos, como nós ou similares.

l) A plataforma de trabalho deve ter uma largura mínima de 60 cm. Todo perímetro que dê para o vazio contará com guarda-corpo a 1 metro de altura, outro intermediário, a 50 cm, e um rodapé em contato com a plataforma de 10 cm de altura.

m) O guarda-corpo e o rodapé devem ser fixados do lado interno dos montantes.

n) Todas as plataformas de trabalho devem estar distantes, no máximo, 20 cm das paredes. Se esta distância for maior deve ser colocado um guarda-corpo a uma altura de 70 cm.

o) As tábuas devem estar fixadas e unidas à estrutura do andaime sem utilizar pregos. De tal modo que não possam separar-se transversalmente, nem de seus pontos de apoio, nem deslizarem acidentalmente.

p) Uma proteção tensionada, que envolva o andaime, funciona como barreira para qualquer objeto que venha a cair.

### 5.3 Escadas

É muito comum o emprego de escadas na realização de tarefas onde a altura ou a duração do trabalho não justifiquem a montagem de um andaime.

Estatisticamente, os acidentes relacionados a quedas de uma escada são numerosos. O número de pessoas que cai ao descer é o dobro do número dos que caem ao subir. A causa principal das quedas de uma escada reta ou de uma escada de extensão é o deslizamento de sua base. No caso das escadas duplas, a causa principal é o deslocamento lateral. O transporte da escada também pode ser um risco, tanto para o operário que a carrega quanto para os que estejam em seu caminho.

As causas que podem originar uma queda são:

a) Deslizamento lateral da parte superior da escada. Causas possíveis: apoio precário, esca-



lera mal situada, viento, desplazamiento lateral del usuario, etc.

b) Deslizamiento del pie de la escalera. Causas posibles: falta de zapatas antideslizantes, suelo que cede o en pendiente, poca inclinación, etc.

c) Desequilibrio subiendo cargas o al inclinarse lateralmente hacia los lados para efectuar un trabajo.

d) Rotura de un peldaño o montante. Causas posibles: que esté en mal estado, mal reparado, mala inclinación de la escalera, existencia de nudos, etc.

e) Desequilibrio al resbalar de un peldaño. Causas posibles: peldaño sucio, calzado inadecuado, etc.

f) Gesto brusco del usuario. Causas posibles: Objeto difícil de subir, descarga eléctrica, intento de recoger un objeto que cae, pinchazo con un clavo que sobresale, etc.

g) Basculamiento hacia atrás. Causas posibles: una escalera demasiado corta o instalada muy verticalmente.

h) Subida o bajada de una escalera de espaldas a ella.

i) Mala posición del cuerpo, manos o pies. Oscilación de la escalera.

j) Rotura de la cuerda de unión entre los dos planos de una escalera de tijera doble o transformable.

k) Desencaje de los herrajes de ensamblaje de las cabezas de una escalera de tijera o transformable.

#### Medidas generales de protección

a) Use principalmente las escaleras para subirse a niveles más altos o para bajarse de ellos. Hay que tener en cuenta que los andamios o elevadores tipo tijera son más seguros para trabajar que las escaleras.

b) Los escalones, los listones y travesaños, deben ser paralelos y debe estar nivelados y espaciados parejamente.

da mal localizada, viento, deslocamento lateral do usuário, etc.

b) Deslizamento do pé da escada. Causas possíveis: falta de apoios antiderrapantes, solo que cede ou em declive, pouca inclinação, etc.

c) Desequilíbrio ao subir cargas ou ao inclinar-se lateralmente para efetuar um trabalho.

d) Ruptura de um degrau ou montante. Causas possíveis: peça em mau estado, conser-to precário, má inclinação da escada, existência de nós, etc.

e) Desequilíbrio ao resvalar de um degrau. Causas possíveis: degrau sujo, calçado inadequado, etc.

f) Gesto brusco do usuário. Causas possíveis: objeto difícil de elevar, descarga elétrica, intenção de evitar que um objeto caia, machucar-se com aresta na estrutura etc.

g) Inclinação para trás. Causas possíveis: escada demasiado curta ou instalada muito verticalmente.

h) Subida ou descida de uma escada de costas para ela.

i) Má posição do corpo, mãos ou pés. Oscilação da escada.

j) Ruptura da conexão entre os dois planos de uma escada dupla ou extensível.

k) Desencaixe das ferragens da estrutura de uma escada dupla ou extensível.

#### Medidas gerais de proteção

a) Use principalmente escadas para subir ou descer de níveis mais altos. Deve-se considerar que os andaimes ou elevadores tipo cremalheira são mais seguros para trabalhar do que as escadas.

b) Os degraus, as travessas e os travessões devem ser sempre paralelos, estar nivelados e igualmente espaçados.



- c) Los escalones debe estar ranurados o tener una terminación rugosa para reducir las posibilidades de que se deslice el pie.
- d) No se debe amarrar una escalera a otra.
- e) Si se tiene que utilizar dos o más escaleras para alcanzar un lugar, debe tener una plataforma o un descanso entre una y otra.
- f) Salvo los escalones, las piezas de la escalera deben ser lisas y libres de todo elemento punzante, para evitar perforaciones, heridas o enganches de la ropa.
- g) Las escaleras de madera no se pueden pintar con una pintura que pueda ocultar los defectos como nudos, fisuras, etc.
- h) Las escaleras no deben utilizarse para otros fines distintos de aquellos para los que han sido construidas. No se deben utilizar las escaleras dobles como simples. Tampoco deben utilizar una posición horizontal para servir de puentes, pasarelas o plataformas. Por otro lado no deben utilizarse para servir de soportes a un andamiaje.
- i) Cuando **coloque** la escalera para trabajar tenga en cuenta:

Mantener todo tipo de escaleras y herramientas a una distancia mínima de tres metros de los cables de alto voltaje o de cualquier otra obstrucción que pudiera haber en lo alto.

Las escaleras de madera, aluminio e incluso las de fibra de vidrio, pueden conducir electricidad si están húmedas o sucias.

Siempre coloque la escalera en el suelo firme y parejo.

La escalera debe sobrepasar al menos en un metro el punto de apoyo superior.

En pasillos, puertas o en cualquier lugar con tránsito de personas, asegure la escalera y ponga barreras alrededor del área de trabajo.

No coloque la escalera sobre un andamio, caja o ningún otro objeto.

- e) Os degraus devem possuir ranhuras ou revestimento rugoso para reduzir as possibilidades de deslizamento dos pés.
- d) Não se deve amarrar uma escada à outra.
- e) Se for preciso utilizar duas ou mais escadas para chegar a um lugar, devem-se prever plataformas ou descansos intermediários.
- f) Salvo os degraus, as peças da escada devem ser lisas e livres de pontas, para evitar perfurações, feridas ou que as roupas fiquem presas.
- g) As escadas de madeira não devem ser pintadas com uma pintura que possa ocultar os defeitos, como nós, fissuras, etc.
- h) As escadas não devem ser utilizadas para outros fins, distintos daqueles para os quais foram construídas. Não se devem utilizar escadas duplas como simples. Tampouco devem ser utilizadas em posição horizontal, para servir de pontes, passarelas ou plataformas. Também não devem ser utilizadas para servir de suporte a um andaime.
- i) Quando **colocar** a escada para trabalhar considere:

Manter todo tipo de escadas e ferramentas a uma distância mínima de três metros dos cabos de alta voltagem ou de qualquer outra obstrução que possa haver no alto.

As escadas de madeira, alumínio assim como as de fibra de vidro podem conduzir eletricidade se estiverem úmidas ou sujas.

Sempre coloque a escada em solo firme e nivelado.

A escada deve ultrapassar pelo menos em um metro o ponto de apoio superior.

Em corredores, portas ou em qualquer lugar com trânsito de pessoas, fixe bem a escada e ponha barreiras ao redor da área de trabalho.

Não coloque a escada sobre um andaime, caixa ou nenhum outro objeto.



No sitúe la escalera detrás de una puerta que previamente no se ha cerrado con traba o llave. Ésta no debe ser abierta accidentalmente.

De preferencia no situarla en lugar de paso para evitar todo riesgo de colisión con peatones o vehículos y en cualquier caso balizarla o situar una persona para que avise de la circunstancia.

j) Cuando utilice la escalera tenga en cuenta:

Revisar la escalera antes de utilizarla. Si está rota, no la emparche, cambie de escalera.

Siempre mire hacia la escalera cuando este trabajando en ella. También cuando suba o baje.

Utilice zapatos con suela antideslizante.

Mantenga siempre tres puntos de contacto. Por ejemplo: una mano y dos pies.

No trabaje desde la parte de arriba ni desde el peldaño mas alto de una escalera de tijera, ni desde ninguno de los tres peldaños de arriba de una escalera de extensión o recta.

Mantenga su cuerpo centrado dentro de las ancas de la escalera para no ladearla.

Utilice arnés de seguridad anclado a un punto sólido y resistente, externo a la escalera.

Fije el extremo superior de la escalera.

No lleve nada en las manos cuando suba o baje. Coloque el objeto que tenga que llevar en el cinturón o jálelo con una cuerda después de haber llegado a su punto de trabajo.

No use la escalera si hay mucho viento.

La escalera sólo puede ser usada por una sola persona a la vez.

Nunca mueva la escalera si alguien está en ella.

Mantenga la escalera sostenida por un ayudante desde la base de la misma, esto puede evitarse si la escalera dispone de algún tipo de dispositivo que la rigidice con la estructura donde se apoya.

Não coloque a escada atrás de uma porta que não esteja previamente fechada com trava ou chave, ou que possa ser aberta acidentalmente.

De preferência, não situá-la em lugar de passagem para evitar qualquer risco de colisão com pedestres ou veículos e, em qualquer caso, sinalizá-la ou colocar uma pessoa para que alerte para as circunstâncias.

j) Quando for utilizar a escada, atente para:

Revisá-la antes de utilizar. Se a escada estiver quebrada, não remende, mas substitua.

Sempre olhe para a escada quando estiver trabalhando nela. Da mesma forma, quando estiver subindo ou descendo.

Utilize calçados com solas antiderrapantes.

Mantenha sempre três pontos de contato com a escada. Por exemplo: uma mão e dois pés.

Não trabalhe na parte superior nem no degrau mais alto de uma escada dupla, nem nos três últimos degraus de uma escada de extensão ou reta.

Mantenha seu corpo centrado entre as laterais da escada, evitando incliná-la para os lados.

Utilize arnês de segurança, ancorados a pontos sólidos e resistentes, externos à escada.

Fixe a extremidade superior da escada.

Não carregue nada nas mãos quando subir ou descer de escadas. Coloque o objeto que tenha que carregar no cinto ou puxe-o com uma corda depois de chegar ao ponto de trabalho.

Não use a escada se houver muito vento.

A escada só pode ser usada por uma pessoa a cada vez.

Nunca mova a escada se alguém estiver nela.

Mantenha a escada segura pela base por um ajudante; isto pode ser desnecessário se a escada dispuser de dispositivo que a fixe na estrutura onde se apoia.



Para trabajos de cierta duración, debe utilizar dispositivos tales como rodapiés que se acoplan a la escalera.

Si esta usando una escalera de extensión y la va a mover, pliegue la sección de arriba antes de moverla.

Sítue la escalera de forma que pueda acceder fácilmente al punto de operación sin tener que estirarse o colgarse. Si debe acceder a otro punto de operación no dude en variar la situación de la escalera volviendo a verificar los elementos de seguridad de la misma.

### Inclinación de la escalera

La inclinación de la escalera debe ser tal que la distancia del pie a la vertical pasando por el vértice este comprendida entre el cuarto y el tercio de su longitud, correspondiendo una inclinación comprendida entre 75.5° y 70°.

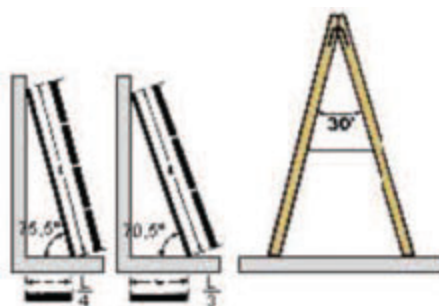


Fig. 1 - Inclinación correcta de escaleras.

Fig. 1 - Inclinção correta das escadas.

### 5.4 Señalizaciones en los lugares de trabajo

El sistema de señalización no elimina riesgos, pero es un complemento de otra serie de medidas tendientes a evitar o reducir la cantidad de accidentes.

#### Tipos de señalización

En función de su sistema de llamado de atención, se las puede dividir en:

Acústica

Óptica

Táctil

Para trabalhos de maior duração, devem-se utilizar dispositivos tais como rodapés, que se acoplem à escada.

Se está usando uma escada de extensão e é preciso transferi-la, recolha a parte extensível antes de movimentá-la.

Situe a escada de forma que possa ter facilmente acesso ao local de trabalho sem ter que esticar-se ou pendurar-se. Se necessitar acessar a um outro ponto, não hesite em modificar a posição da escada, voltando a verificar todos os seus elementos de segurança.

### Inclinación da escada

A inclinação da escada deve ser tal que a distância do pé à vertical passando pelo vértice esteja compreendida entre o quarto e o terço de seu comprimento, correspondendo a uma inclinação compreendida entre 75.5° e 70°.

### 5.4 Sinalizações nos locais de trabalho

O sistema de sinalização não elimina riscos, mas é um complemento de outra série de medidas que visam evitar ou reduzir a quantidade de acidentes.

#### Tipos de sinalização

Em função de seu sistema de chamada de atenção, podem ser divididas em:

Acústica

Ótica

Tátil



En relación con la señalización óptica, es el conjunto de estímulos visuales que condicionan el comportamiento del operario que los recibe. Se basa en el uso de formas, colores u esquemas.

Las condiciones mínimas que deben cumplir son:

Atraer la atención.

Dar a conocer el mensaje.

Ser clara y de interpretación única.

Fácil de entender por alguien que la ve por primera vez o no sabe leer o escribir.

Informar sobre la conducta a seguir.

Debe haber una posibilidad real de cumplir con lo que se indica.

Dimensiones adecuadas al recinto donde se encuentra.

Para evitar demoras en la lectura de la señal, las “formas” y “colores” están normalizadas.

Colores

**Azul:** establece una obligación de procedimiento.

**Rojo:** determina una prohibición. También se relaciona con incendios.

**Amarillo:** advierte de un peligro. Combinado con el negro sirve para alertar o llamar la atención.

**Verde:** brinda una información, en general relacionado con la seguridad.

**Naranja:** indica riesgos de máquinas o instalaciones.

**Negro:** instrumentos, volantes para accionamiento de válvulas, leyendas, etc.

Formas

**Círculo:** Indica señal obligatoria o de prohibición.

**Triángulo:** indica señal de advertencia de algún peligro.

Em relação à sinalização óptica, é o conjunto de estímulos visuais que condicionam o comportamento do operário que as recebe. Baseia-se no uso de formas, cores ou esquemas.

As condições mínimas que devem cumprir são:

Atrair a atenção.

Comunicar a mensagem.

Ser clara e de interpretação única.

Fácil de entender por alguém que a vê pela primeira vez ou não sabe ler ou escrever.

Informar sobre uma conduta a ser seguida.

Deve haver uma possibilidade real de cumprir o que se indica.

Dimensões adequadas ao recinto onde se encontra.

Para evitar demoras na leitura da sinalização, as “formas” e “cores” estão normatizadas.

Cores

**Azul:** estabelece uma obrigação de procedimento.

**Vermelho:** determina uma proibição. Também se relaciona com incêndios.

**Amarelo:** adverte sobre um perigo. Combinado com o preto serve para alertar ou chamar a atenção.

**Verde:** traz uma informação, em geral relacionada com a segurança.

**Laranja:** indica riscos de máquinas ou instalações.

**Preto:** instrumentos, dispositivos para accionamento de válvulas, legendas, etc.

Formas

**Círculo:** Indica sinal de obrigatoriedade ou de proibição.

**Triângulo:** indica sinal de advertência de algum perigo.





**Cuadrado o rectángulo:** indica señal de información.



**Quadrado ou retângulo:** indica sinal de informação.



Fig. 2 - Algunas de las señalizaciones más comunes.

Fig. 2 - Algumas das sinalizações mais comuns.

## 5.5 Protección contra riesgo de incendio

Las estadísticas de accidentes nos muestran que el fuego es una de las causas más importantes de muerte, ignorándose muchas veces sus peligros. La idea fundamental consiste en resguardar como primera medida a la vida humana, permitiendo detectar el incendio y facilitar la evacuación de las personas.

La técnica para la extinción de los fuegos, consiste básicamente en eliminar uno de los tres elementos del “triángulo de fuego”. Bajar la temperatura, sofocar el oxígeno, o retirar el combustible. Los sistemas para extinción, están directamente relacionados con los tipos de fuego a combatir.

Tipos o clases de fuego

**Fuego Clase A:** Se representa dentro de un **triángulo** en azul. Es producto de la combustión de madera, papel, cartón, telas limpias, etc.

**Fuego Clase B:** Se representa dentro de un **cuadrado** en rojo. Es producto de la combustión de elementos con grasa, combustibles, aceites, naftas, etc.

## 5.5 Proteção contra risco de incêndio

As estatísticas de acidentes nos mostram que o fogo é uma das causas mais importantes de morte, ignorando-se muitas vezes seus perigos. A idéia fundamental consiste em resguardar como primeira medida a vida humana, permitindo detectar o incêndio e possibilitando a evacuação das pessoas.

A técnica para a extinção do fogo consiste, basicamente, em eliminar um dos três elementos do “triângulo de fogo”. Baixar a temperatura, sufocar o oxigênio ou retirar o combustível. Os sistemas para extinção estão diretamente relacionados com os tipos de fogo a combater.

Tipos ou classes de fogo

**Fogo Classe A:** se representa dentro de um **triângulo** em azul. É produto da combustão de madeira, papel, papelão, tecidos limpos, etc.

**Fogo Classe B:** se representa dentro de um **quadrado** em vermelho. É produto da combustão de elementos com gordura, combustíveis, óleos, benzinas, etc.



**Fuego Clase C:** Se representa dentro de un círculo en azul. Es todo tipo de fuego eléctrico.

**Fuego Clase D:** Se representa dentro de una estrella de cinco puntas. Se refiere a metales combustibles, como el magnesio, circonio, titanio, etc.

En función del elemento o sustancia que utilicen para apagar el fuego, se clasifican en:

**Tipo A:** agua pura impulsada por gas carbónico.

**Tipo B:** anhídrido carbónico.

**Tipo C o Triclase:** polvo seco.

Cada clase de fuego debe ser combatido por un tipo específico de matafuego. Por ejemplo: para atacar el fuego Clase B, producto de los combustibles líquidos o hidrocarburos, se utilizan los matafuegos cargados con espuma química.

**Fogo Classe C:** se representa dentro de um círculo em azul. É todo tipo de fogo elétrico.

**Fogo Classe D:** se representa dentro de uma estrela de cinco pontas. Refere-se a metais combustíveis, como o magnésio, zircônio, titânio, etc.

Em função do componente ou substância que se utilize para apagar o fogo, classificam-se em:

**Tipo A:** água pura pressurizada ou água-gás.

**Tipo B:** anidrido carbônico.

**Tipo C ou Triclase:** pó químico seco.

Cada classe de fogo deve ser combatida por um tipo específico de extintor. Por exemplo: para atacar o fogo Classe B, produto dos combustíveis líquidos ou hidrocarburetos se utilizam os extintores carregados com espuma química.

CLASES DE FOGO CLASSES DE FUEGO		AGENTES EXTINTORES						Forma de Ação Forma de Ação	Observaciones Observações
Identificación Identificação	Medios Combustibles Materiais Combustíveis	Agua Água	Espumas AFFF	Pó Químico - Polvo Químico Pó Químico - Polvo Químico	CO2	Pó Químico Especial Pó Químico Especial			
					A, B, C				
	Papeles, maderas, papelito, lechidos, fibras, etc. Papeles, maderas, cartones, textiles, desperdicios, etc.	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	Resfriamiento Interrupción de reacción en cadena e Sufocación Estratamiento Interrupción de reacción en cadena y Sufocación	
	Nafta, gasolina, tritas, aceites e outros líquidos inflamáveis. Nafta, gasolina, petrolas, aceites y otros líquidos inflamables. Butano, propano e outros gases. Butano, propano y otros gases.	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	Interrupción de reacción en cadena e Sufocación Interrupción de reacción en cadena y Sufocación	Não usar água em jatos, apenas névoas. No usar água em jatos, unicamente névoas.
	Equipamentos e instalações elétricas. Equipos e instalaciones eléctricas.	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	Interrupción de reacción en cadena e Sufocación Interrupción de reacción en cadena y Sufocación	Não usar água nem espuma (só bons condutores de electricidade). No usar água. A espuma tem bucos conductores de la electricidad.
	Metais combustíveis, magnésio, sódio, etc. Metales combustibles, magnesio, sodio, etc.	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>NÃO</b> <b>NO</b>	<b>SIM</b> <b>SI</b>	Absorción de calor e Sufocación Absorción de calor y Sufocación	Não usar extintores comuns. Seleccionar o produto adequado para cada metal. No usar extintores comuns. Seleccionar el producto adecuado para cada metal.

Para señalar la ubicación de los matafuegos hay que disponer de una placa o superficie a franjas rojas y blancas y en el ángulo superior derecho debe constar la categoría o clase de matafuego.

Para sinalizar a localização dos extintores deve-se colocar uma placa ou superfície vermelha e branca onde deve constar a categoria ou classe do extintor.



## 5.6 Levantamiento y transporte seguro de carga

La carga de trabajo es un factor más a tener en cuenta en la prevención de riesgos laborales. Son factores de riesgo los esfuerzos físicos, la postura de trabajo y la manipulación de cargas, los que pueden suponer un riesgo para los trabajadores.

Aplicando técnicas seguras de levantamiento y transporte de carga, se previenen muchos de los accidentes que ocasionan numerosas y dolorosas lesiones (hernias, fracturas, contracturas musculares, etc.) y pueden ser causa de incapacidad prolongada.

### Transporte de materiales pesados:

- Seleccione el recorrido mas corto.
- Revíselo y elimine todo obstáculo posible.
- Recuerde la ubicación de los obstáculos que no pueden ser modificados.
- Pida ayuda siempre que la carga exceda su capacidad.
- Lleve la carga con las palmas de las manos, no utilice las yemas de los dedos.
- Use guantes de seguridad cuando la carga sea cortante, con aristas vivas, etc.

### Levantamiento de cargas:

- Separe levemente los pies.
- Doble las rodillas colocándose en cuclillas.
- Mantenga la espalda lo más recta y erguida posible.
- Tome firmemente la carga.
- Utilice la fuerza de sus piernas para levantarse con suavidad, manteniendo la espalda erguida.

## 5.6 Elevação e transporte seguro de cargas

O transporte de cargas ou materiais pesados também são fatores de risco a serem considerados na prevenção de acidentes de trabalho. Como a própria carga, os esforços físicos, a postura no trabalho e a forma de manipulação e transporte de cargas também podem representar riscos.

Aplicando técnicas adequadas para elevação e transporte de carga, pode-se prevenir muitos dos acidentes que provocam numerosas e dolorosas lesões (hérnias, fraturas, contraturas musculares, etc.) que podem causar incapacidades prolongadas.

### Transporte de materiais pesados:

- Escolha o caminho mais curto.
- Revise-o e elimine todo obstáculo possível.
- Lembre-se da localização dos obstáculos que não podem ser removidos.
- Peça ajuda sempre que a carga exceda sua capacidade.
- Leve a carga com as palmas das mãos, não utilize as polpas dos dedos.
- Use luvas de segurança quando a carga for cortante, possuir arestas vivas, etc.

### Elevação de cargas:

- Separe levemente os pés.
- Dobre os joelhos, colocando-se de cócoras.
- Mantenha as costas o mais retas possível.
- Segure firmemente a carga.
- Utilize a força das pernas para levantar-se com suavidade, mantendo as costas retas.



### Sostenimiento y transporte de cargas:

Cargue los materiales en forma simétrica, el mismo peso en cada lado del cuerpo.

Mantenga los brazos pegados al cuerpo.

Acerque la carga al cuerpo de manera que le permita ver hacia adelante.

Lleve la carga manteniéndose derecho.

Haga rodar la carga siempre que sea posible.

Realice giros completos con el cuerpo, evite giros bruscos de la cintura.



### Suporte e transporte de cargas:

Carregue os materiais de forma simétrica, o mesmo peso em cada lado do corpo.

Mantenha os braços junto ao corpo.

Aproxime a carga do corpo de forma que lhe permita ver para frente.

Leve a carga mantendo-se ereto.

Vire a carga sempre que possível.

Realize giros completos com o corpo, evite giros bruscos da cintura.

### 5.7 Contaminantes ambientales

En las intervenciones en patrimonio construido se aúnan los agentes contaminantes de la construcción y los elementos químicos empleados en acciones propias de la restauración. No olvidemos los agentes biológicos que aportan lo suyo, como el guano de aves, hongos, líquenes, bacterias, insectos, etc. La exposición de los trabajadores a estos contaminantes pueden acarrear efectos adversos importantes.

Si bien en general las obras se realizan al aire libre, es de vital importancia contar siempre con una buena circulación de aire, que facilite la eliminación de los contaminantes, evitando que éstos sean conducidos hacia otros operarios.

Para finalizar, se mencionan especialmente a los contaminantes químicos, por ser los más nocivos y riesgosos para el operador.

Los contaminantes químicos pueden presentarse como:

**Sólidos:** fibras, partículas producidas por un proceso de molienda, polvo; partículas producidas por un proceso térmico, humos.

### 5.7 Poluidores ambientais

Nas intervenções no patrimônio construído se combinam os agentes contaminantes da construção com os elementos químicos empregados nos trabalhos de restauração. Não esqueçamos dos agentes biológicos que também participam tais como excrementos de aves, cogumelos, líquens, bactérias, insetos, etc. A exposição de trabalhadores a este tipo de contaminantes pode produzir efeitos adversos importantes.

Apesar de que, geralmente as obras se realizem ao ar livre, é de vital importância contar sempre com uma boa circulação de ar, que facilite a eliminação dos contaminantes, evitando que estes atinjam outros operários.

Para finalizar, se mencionam especialmente aos contaminantes químicos, por serem os mais nocivos e perigosos para seus operadores.

Os contaminantes químicos podem apresentar-se como:

**Sólidos:** fibras, partículas produzidas por um processo de moagem, pó; partículas produzidas por um processo térmico, húmus.



**Líquidos:** como nieblas o aerosoles.

**Gases y vapores.**

Vías de entrada de los contaminantes químicos:

**Aérea, respiratoria:** En forma conjunta al aire que respiramos. Puede dividirse en agudo, gran cantidad de producto inhalado en un corto periodo de tiempo, o en efecto grave, pequeñas cantidades de producto inhaladas en forma continua, día tras día, a lo largo de la jornada laboral.

**Dérmica:** A través de la piel, por salpicaduras.

**Digestiva:** Por ingestión accidental.

Medidas preventivas para disminuir los riesgos:

Evaluar y conocer los productos químicos que se manipulan y sus riesgos potenciales.

Contar con la indumentaria y accesorios idóneos para la manipulación de los químicos a emplear (ej.: filtros específicos en las máscaras).

Substituir, siempre que sea posible, los productos nocivos por otros menos perjudiciales.

No consumir alimentos en los lugares de guarda de los agentes contaminantes o durante su empleo.

Etiquetar en forma clara -y con fecha- cada envase contenedor.

La guarda o deposito de los químicos debe contemplar las normas de seguridad.

Conocer la información Técnica y de Seguridad de cada una de las sustancias nocivas.

Capacitar a todo el personal en el manejo de los productos químicos.

### **Pictogramas y etiquetado de productos químicos**

Para comunicar los riesgos de los diferentes productos químicos se ha establecido un sistema de identificación, denominado Código NFPA 704,

**Líquidos:** como névoas ou aerossóis.

**Gases e vapores.**

Vias de entrada dos contaminantes químicos:

**Aérea, respiratória:** em conjunto com o ar que respiramos. A contaminação pode ser aguda - grande quantidade de produto inalado em um curto período de tempo – ou grave - pequenas quantidades de produto inaladas de forma contínua, dia após dia, ao longo da jornada de trabalho.

**Dérmica:** através da pele, por respingos.

**Digestiva:** por ingestão accidental.

Medidas preventivas para diminuir os riscos:

Avaliar e conhecer os produtos químicos que se manipulam e seus riscos potenciais.

Utilizar indumentária e acessórios corretos para manipulação de produtos químicos (ex.: filtros específicos nas máscaras).

Substituir, sempre que possível, os produtos nocivos por outros menos prejudiciais à saúde.

Não consumir alimentos em lugares onde os agentes contaminantes são armazenados ou durante a sua utilização.

Etiquetar de forma clara – e com data – cada embalagem de produto.

O depósito dos produtos químicos deve observar as normas de segurança.

Conhecer as informações Técnicas e de Segurança de cada uma das substâncias nocivas.

Capacitar todos os trabalhadores para o manuseio de produtos químicos.

### **Pictogramas e rótulos de produtos químicos**

Para comunicar os riscos dos diferentes produtos químicos foi estabelecido um sistema padrão de identificação denominado Código NFPA 704 que



que consiste en una etiqueta en donde consta el nombre del material y cuatro secciones con un color asignado según sea el caso.

Las cuatro secciones son:

**Inflamabilidad:** Capacidad del producto para entrar en combustión.

**Reactividad:** Capacidad del producto para reaccionar con el agua, calor, aire.

**Información adicional:** Corr corrosivo, OXY oxidante, ALC alcalino, W no usar agua, O radiante.

**Salud:** Se refiere al nivel de daño que puede producir en la salud de las personas, la exposición directa al contaminante.

En cada una de las secciones se coloca el grado de peligrosidad, de 0 a 4, siendo el cero (0) el menos peligroso y aumentando la peligrosidad hasta llegar al cuatro (4) como nivel más alto.

consiste em uma etiqueta onde consta o nome do material e quatro seções com uma cor atribuída de acordo com o caso.

As quatro seções são:

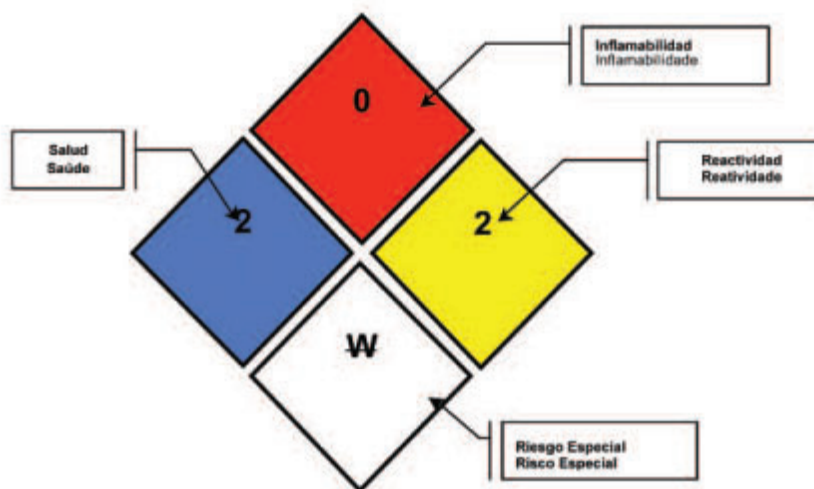
**Inflamabilidade:** capacidade do produto para entrar em combustão.

**Reatividade:** capacidade do produto para reagir com a água, calor, ar.

**Informação adicional:** Corr - corrosivo, OXY - oxidante, ALC - alcalino, W - não usar água, O - radiante.

**Saúde:** refere-se ao nível de dano que pode produzir na saúde das pessoas, no caso de exposição direta ao contaminante.

Em cada uma das seções se coloca o grau de periculosidade, de 0 a 4, sendo o zero (0) o menos perigoso e aumentando a periculosidade até chegar a quatro (4) como nível mais alto.



## 5.8 Botiquín de primeros auxilios

El botiquín de primeros auxilios es un recurso básico para las personas que prestan un primer auxilio, ya que en él se encuentran los elementos indispensables para dar atención satisfactoria a las víctimas de un accidente.

Debe estar en todo sitio donde haya concentración

## 5.8 Maleta de primeiros socorros

A maleta de primeiros socorros é um recurso básico para as pessoas que prestam o primeiro atendimento, já que nele se encontram os elementos indispensáveis para dar uma atenção satisfatória às vítimas de acidentes.

Devem estar localizadas em pontos onde haja con-



de gente, poseer una buena identificación y su ubicación debe ser visible y accesible.

Elementos esenciales de un botiquín:

**Antisépticos:** Substancias que previenen infecciones. Puede ser yodopovidona, clorhexidina, alcohol al 70%, jabón, etc.

**Material de curación:** Sirve para controlar hemorragias, limpiar y cubrir heridas o quemaduras, prevenir infecciones. Pueden ser gasas, compresas, apósitos, vendas, cinta adhesiva, etc.

**Instrumental y elementos adicionales:** Consiste en pequeños instrumentos como pinza, aguja, tijera, etc.

**Medicamentos:** Deberán ser de venta libre y suministrarse con responsabilidad, pueden ser analgésicos, antifebriles, antiinflamatorios, etc.

## 5.9 Elementos de Protección Personal (EPP)

Estos elementos comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios a las vestimentas de los operarios, de diversas formas y diseños, que deberán emplear los trabajadores, en forma permanente y obligatoria. Son barreras eficaces contra agentes potencialmente nocivos para la salud de las personas.

Es importantísimo tener presente que el uso de estos elementos, por sí solo, **no** elimina el riesgo intrínseco de la operación.

*Clasificación de los EPP, según el grado de protección:*

**Protección parcial:** Protegen una zona determinada del operario según la tarea. Por ejemplo: guantes, casco, máscara, etc.

**Tipos de riesgos:** Es importante considerar la tarea que originará el riesgo. Por ejemplo: agentes físicos y mecánicos (casco), acústicos (tapones auditivos), térmicos (traje a prueba de fuego), agentes biológicos (trajes especiales), etc.

**Según la zona del cuerpo:** A donde se aplican. Por ejemplo: en la nariz (máscara), cabeza

centração de gente, possuir uma boa identificação e ser visíveis e acessíveis.

Elementos essenciais de uma maleta de primeiros socorros:

**Anti-sépticos:** substâncias que previnem infecções. Pode ser iodopovidona, clorhexidina, álcool a 70%, sabão, etc.

**Material para curativos:** servem para controlar hemorragias, limpar e cobrir feridas ou queimaduras, prevenir infecções. Podem ser gazes, compresas, curativos, vendas, esparadrapo, etc.

**Instrumental e elementos adicionais:** consistem em pequenos instrumentos como pinças, agulhas, tesouras, etc.

**Medicamentos:** deverão ser de venda livre e serem administrados com responsabilidade. Podem ser analgésicos, antipiréticos, antiinflamatórios, etc.

## 5.9 Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

Estes equipamentos compreendem todos aqueles dispositivos, acessórios para as vestimentas dos operários, de diversas formas e desenhos, que os trabalhadores deverão utilizar de forma permanente e obrigatória. São barreiras eficazes contra agentes potencialmente nocivos para a saúde das pessoas.

É importantíssimo ter presente que o uso destes elementos, por si só, **não** elimina o risco intrínseco da operação.

*Classificação dos EPI, segundo o grau de proteção:*

**Proteção parcial:** protegem uma zona determinada do operário, segundo a tarefa. Por exemplo: luvas, capacete, máscara, etc.

**Tipos de riscos:** é importante considerar a tarefa que originará o risco. Por exemplo: agentes físicos e mecânicos (capacete), acústicos (tampões auditivos), térmicos (traje à prova de fogo), agentes biológicos (trajes especiais), etc.

**Segundo a zona do corpo:** onde se aplicam. Por exemplo: no nariz (máscara, respirador), cabeça



(casco), ojos (gafas), manos (guantes), etc.

#### *Requisitos imprescindibles de los EPP:*

Deben tener un mantenimiento continuo.

Deben controlarse las fechas de caducidad.

Cada operario debe tener su equipo básico propio y hacerse responsable del mismo.

Cada equipo debe venir acompañado de un folleto que incluya las instrucciones de uso, las normas del fabricante, las condiciones de almacenamiento, etc.

Elección y disposición del EPP idóneo para cada tarea.

#### *Características técnicas que deberán reunir los elementos de protección más utilizados:*

##### **Protección para la cabeza**

El casco es el elemento de protección personal más conocido. Su diseño obedece a la protección contra choques eléctricos, caídas de objetos, golpes, etc. Se los fabrica de material plástico resistente y utilizan el principio de “suspensión” para amortiguar los golpes, dejando un espacio vacío entre el casco propiamente dicho y el arnés interior que apoya sobre la cabeza.

Factores que brindan la máxima efectividad en un casco:

Máxima absorción de golpes, mínima transmisión de los mismos.

Livianos y cómodos.

Mínima conductividad eléctrica y térmica, siendo a la vez autoextinguible.

La suspensión debe permitir una rápida limpieza interior.

##### **Protección del oído**

Los protectores auditivos poseen características de atenuación sonora para prevenir el trauma acústico que se produce en el oído interno cuando se está expuesto a altas intensidades sonoras o las que superen los 90 dB en toda la jornada laboral.

(capacete), olhos (óculos), mãos (luvas), etc.

#### *Requisitos imprescindíveis dos EPI:*

Devem ter uma manutenção contínua.

Devem ser controladas as datas de validade.

Cada operário deve ter seu equipamento básico próprio e ser responsável pelo mesmo.

Cada equipamento deve vir acompanhado de um folheto que inclua as instruções de uso, as normas do fabricante, as condições de armazenamento, etc.

Escolha e disponibilização do EPI correto para cada tarefa.

#### *Características técnicas que deverão reunir os elementos de proteção mais utilizados:*

##### **Proteção para a cabeça**

O capacete é o elemento de proteção pessoal mais conhecido. Seu desenho contempla a proteção contra choques elétricos, quedas de objetos, batidas, etc. São fabricados de material plástico resistente e utilizam o princípio de “suspensão” para amortecerem batidas, deixando um espaço vazio entre o capacete propiamente dito e o arnés interno que se apóia sobre a cabeça.

Fatores que garantem a máxima eficiência em um capacete:

Máxima absorção de batidas, mínima transmissão das mesmas.

Leves e cómodos.

Mínima condutividade elétrica e térmica, tipo autoextinguível.

A suspensão deve permitir uma rápida limpeza interna.

##### **Proteção dos ouvidos**

Os protetores auditivos possuem características de atenuação sonora para prevenir traumas acústicos que se produzem no ouvido interno quando se está exposto a altas intensidades sonoras ou que superem os 90 dB em uma jornada de trabalho.





Pueden ser:

### *Tapones*

Son elementos pequeños que se introducen en el canal auditivo, son de uso personal e individual. Evitan que la presión sonora llegue a la membrana o tímpano. Son de goma, plástico, lavables y en su interior poseen una cámara de aire que amortigua el sonido ambiente. Su atenuación está en el orden de los 15 a 20 dB,

### Auriculares

Son dos casquetes que cubren las orejas, sostenidos en su parte superior a la cabeza por un arco rígido. Constan de un relleno de lana antirruído con una envoltura plástica. Deben ser cómodos, livianos y cubrir la totalidad del pabellón auricular. Son de uso obligatorio en ciertas tareas como accionamiento de martillos neumáticos, compresores, empleo de maquinarias potentes como sierras, amoladoras, etc.

### *Orejeras*

Son dos casquetes que cubren las orejas adaptados a la cabeza por medio de almohadillas blandas, generalmente rellenas de espuma plástica o líquido y forrados normalmente con un material con capacidad para absorber el sonido. Están unidos entre sí por una banda de presión denominada arnés. Tienen una mayor capacidad de protección que los tapones auditivos y los arcos aurales.

### *Cascos antirruído*

Son cascos que recubren la oreja, así como una gran parte de la cabeza. Permiten reducir además la transmisión de ondas acústicas aéreas a la cavidad craneana, disminuyendo así la conducción ósea del sonido al oído interno.

### **Protección de los ojos y de la cara**

Casi todos los operarios exponen la vista y el rostro a una gran variedad de riesgos. Los accidentes en los ojos son estadísticamente elevados, produciendo graves consecuencias en la vista, muchas veces irreparables.

Podem ser:

### *Tampões ou de inserção*

São pequenos elementos que se introduzem no canal auditivo, são de uso pessoal e individual. Evitam que a pressão sonora chegue à membrana ou tímpano. São de borracha, plástico, laváveis e em seu interior possuem uma câmara de ar que amortece o som ambiente. Sua atenuação está na ordem de 15 a 20 dB.

### Arcos auriculares

São duas conchas que cobrem as orelhas, sustentadas em sua parte superior por um arco rígido. Possuem um recheio de lã anti-ruído com um envoltório plástico. Devem ser cômodos, leves e cobrir a totalidade do pavilhão auricular. São de uso obrigatório em certas tarefas como acionamento de martelos pneumáticos, compressores, emprego de máquinas potentes como serras, fresas, etc.

### *Abafadores*

São duas conchas que cobrem as orelhas, adaptadas à cabeça por meio de almofadinhas macias, geralmente recheadas de espuma plástica ou por líquido, forradas com material que possa absorver o som. Estão unidas entre si por uma faixa de pressão denominada arnés. Têm uma maior capacidade de proteção que os tampões auditivos e os arcos auriculares.

### *Capacetes anti-ruído*

São capacetes que recobrem a orelha, assim como uma grande parte da cabeça. Permitem reduzir também a transmissão de ondas acústicas aéreas à cavidade craniana, diminuindo assim a condução ósea do som ao ouvido interno.

### **Proteção dos olhos e do rosto**

Quase todos os operários expõem seus olhos e o rosto a uma grande variedade de riscos. Os acidentes envolvendo os olhos são estatisticamente elevados, produzindo graves conseqüências na visão, muitas vezes irreparáveis.



Para proteger los ojos se deberán utilizar gafas o anteojos con lentes endurecidos. Existen varios modelos y tipos según sea la tarea a desarrollar. Podemos decir, en general, que son de uso exclusivo y personal, de marco rígido y fácil de limpiar. Pueden ser con filtros para el deslumbramiento o transparentes. También los hay abiertos o cerrados en todo su perímetro, con o sin patilla regulable.

Son de uso obligatorio cuando en la tarea exista posibilidades de desprendimiento de alguna partícula (aserrín, viruta, arena, etc.) o salpicadura de alguna sustancia como pintura, ácidos, detergentes, soluciones cáusticas, etc.

Existen además los protectores faciales completos que cubren la totalidad del rostro, como las mascararas para soldar que se complementa con los vidrios especiales para rayos ultravioleta.

### **Protección de las vías respiratorias**

Estos protectores incluyen a todos los equipos y dispositivos diseñados para proteger al trabajador contra la respiración de agentes contaminantes del aire.

Los agentes contaminantes pueden ser de gran variedad: polvo, vapor, emanaciones tóxicas, gases, etc.

Quando por el tipo de tarea, resulte imposible eliminar el desprendimiento de partículas o polvo en el ambiente de trabajo, y para evitar o eliminar la posibilidad de que ciertas partículas o gases se introduzcan en los pulmones a través de las vías respiratorias, resulta obligatorio el empleo de un medio filtrante o máscara.

Según sea el grado de acción del contaminante, los modelos varían desde el barbijo hasta máscaras de uno o dos filtros. Estos últimos tendrán agentes activos específicos que neutralicen al agente nocivo.

### **Protección de manos y brazos**

Las estadísticas dicen que una tercera parte de los accidentes graves que se suscitan tienen que ver con los dedos, manos y brazos. Es debido a la gran vulnerabilidad de los miembros superiores, que se

Para proteger os olhos deverão ser utilizados viseiras ou óculos com lentes endurecidas. Existem vários modelos e tipos, segundo a tarefa a ser desenvolvida. Podemos dizer, em geral, que são de uso exclusivo e pessoal, de armação rígida e fácil de limpar. Podem vir com filtros para ofuscamento ou serem transparentes. Também há os abertos ou fechados em todo seu perímetro, com ou sem haste regulável.

São de uso obrigatório quando na tarefa exista possibilidade de desprendimento de alguma partícula (serragem, areia, etc.) ou respingar de alguma substância como tinta, ácidos, detergentes, soluções cáusticas, etc.

Existem também os protetores faciais completos, que cobrem a totalidade do rosto, como as máscaras para soldar que se complementam com os óculos especiais para raios ultravioletas.

### **Proteção das vias respiratórias**

Estes protetores incluem todos os equipamentos e dispositivos desenhados para proteger o trabalhador contra a respiração de agentes contaminantes do ar.

Os agentes contaminantes podem ser de grande variedade: pó, vapor, emanções tóxicas, gases, etc.

Quando, pelo tipo de tarefa, for impossível eliminar o desprendimento de partículas ou pó no ambiente de trabalho, e para evitar ou eliminar a possibilidade de que partículas ou gases entrem nos pulmões através das vias respiratórias, faz-se obrigatório o emprego de um meio filtrante ou máscara.

Segundo o grau de ação do contaminante, os modelos variam desde a máscara de respiração simples até máscaras de um ou dois filtros. Estes últimos terão agentes ativos específicos, que neutralizem o agente nocivo.

### **Proteção de mãos e braços**

As estatísticas dizem que uma terça parte dos acidentes graves que acontecem têm a ver com os dedos, as mãos e os braços. É devido à grande vulnerabilidade dos membros superiores que se



impone el uso de protecciones en los mismos.

Si bien existe una gran oferta de elementos en el mercado, los guantes son los más utilizados. Cabe destacar que cuando se manipulan máquinas mecánicas, el operario debe hacerlo sin guantes, para no correr el riesgo de que sus dedos queden enganchados o atrapados.

El guante debe permitir el movimiento de los dedos y el perfecto agarre de los elementos o piezas. Cuando la tarea implique manipular sustancias químicas, como ácidos, se deberán cubrir también los antebrazos. Las mangas de la camisa del operario deben colocarse por encima del cuello del guante.

Básicamente se los puede clasificar:

Según su forma: guantes de dos dedos, de tres dedos, mitones, manoplas, manguitos, dediles, muñequeras, almohadillas, etc.

Por tamaño: guantes cortos, largos o normales.

Según el material: textiles, de cuero, de tejido aluminizado, de PVC de malla metálica, caucho, etc.

El material constitutivo del guante se elegirá según sea la tarea a realizar. Por ejemplo: de cuero para el manipuleo de piezas metálicas, de goma o látex para realizar tareas húmedas o emplear productos epoxídicos, de PVC o nitrilo si se trabaja con agentes químicos o productos corrosivos, etc.

### **Protección de los pies y piernas**

Es uno de los elementos de protección personal de uso obligatorio para la totalidad de los trabajadores.

La protección debe resguardar de humedad, temperatura, caída de objetos, objetos cortantes o puntiagudos, shocks eléctricos, pisos resbaladizos, etc.

El material del calzado debe ser durable, liviano, de buena confección, con puntera de acero que resistan un impacto o carga de magnitud.

Dentro de los elementos de protección para los pies se encuentran las botas de goma, utilizadas en

impõe a necessidade de uso de proteções para os mesmos.

Apesar de haver uma grande oferta de equipamentos no mercado, as luvas são as mais utilizadas. Cabe destacar que quando se manipulam máquinas mecânicas o operário deve fazê-lo sem luvas, para não correr o risco de que seus dedos sejam enganchados ou presos.

A luva deve permitir o movimento dos dedos e a perfeita manipulação dos elementos ou peças. Quando a tarefa implique em manipular substâncias químicas, como os ácidos, os antebraços também devem ser cobertos. As mangas da camisa devem se sobrepor à parte superior da luva.

Basicamente, podem ser classificadas:

Segundo sua forma: luvas de dois dedos, de três dedos, luvas sem dedos, manoplas, mangas, dedeiras, munhequeiras, almofadinhas, etc.

Por tamanho: luvas curtas, longas ou normais.

Segundo o material: têxteis, de couro, de tecido aluminizado, de PVC, de malha metálica, borracha, etc.

O material constitutivo da luva deverá ser escolhido de acordo com a tarefa a realizar. Por exemplo: de couro para a manipulação de peças metálicas, de borracha ou látex para realizar tarefas úmidas ou utilizar produtos epoxídicos, de PVC ou nitrilo se o trabalho é com agentes químicos ou produtos corrosivos, etc.

### **Proteção dos pés e pernas**

É um dos elementos de proteção individual de uso obrigatório para a totalidade dos trabalhadores.

A proteção deve incluir umidade, temperatura, queda de objetos, objetos cortantes ou pontiagudos, choques elétricos, pisos escorregadios, etc.

O material do calçado deve ser durável, eles devem ser leves, de boa qualidade, com biqueiras de aço que resistam a um impacto ou carga de magnitude.

Dentro dos elementos de proteção para os pés se encontram as botas de borracha, utilizadas em



tareas que involucran agua o humedad, como la descarga de hormigón, limpieza, etc.

### Protección de la piel

La ropa de trabajo es el primero de los elementos de protección personal. Si bien para la mayoría de las tareas bastará con que sea de tela gruesa (tipo gabardina), en algunos casos pueden requerirse otras características. Tal es el caso de la limpieza que requiere de equipos impermeables; o la aplicación de biocidas o germicidas que involucran una indumentaria específica.

### Protección contra caídas a distinto nivel

Todo trabajador que realice tareas a más de 2,50 m de una superficie, deberá emplear equipos de seguridad que lo proteja de posibles caídas.

Los pasos a seguir para la protección son los siguientes:

Evitar la caída: empleando protecciones colectivas como barandas, plataformas de trabajo anchas y niveladas, superficies limpias y secas, etc.

Limitar la caída: colocando redes de protección, pantallas contenedoras, etc.

Proteger al trabajador: utilizando implementos particulares que contengan al operario, como cinturones o arnés de seguridad.

El equipo de protección individual consta de un arnés de seguridad y una conexión (cabo de vida) destinada a detener y amortiguar las caídas de altura, que puede incluir un amortiguador de impacto y que debe fijarse a un punto de anclaje estructural.

El cabo de vida conecta el arnés, desde una argolla ubicada en medio de los omoplatos del operario. El anclaje estructural debe encontrarse de preferencia, por encima de la cabeza del operario, pero a no más de 1,80 m. Esto reduce el recorrido de caída.

Es importante señalar que las argollas laterales de la cintura del arnés **no** deben ser utilizadas como elemento para prevenir caídas de altura, solo se

tarefas que envolvam água ou umidade, como a descarga de concreto armado, limpeza, etc.

### Proteção da pele

A roupa de trabalho é o primeiro dos elementos de proteção individual. Apesar de para a maioria das tarefas basta que sejam de tecido grosso (tipo gabardine), em alguns casos pode ser preciso que tenham outras características. Tal é o caso da limpeza, que requer equipamentos impermeáveis; ou a aplicação de biocidas ou germicidas, que envolvem uma indumentária específica.

### Proteção contra quedas

Todo trabalhador que realize tarefas a mais de 2,50 m de uma superfície deverá utilizar equipamentos de segurança que o protejam de possíveis quedas.

Os passos a seguir para a proteção são os seguintes:

Evitar a queda: usando proteções coletivas, como guarda-corpos, plataformas de trabalho amplas e niveladas, superfícies limpas e secas, etc.

Limitar a queda: colocando redes de proteção, telas de contenção, etc.

Proteger o trabalhador: utilizando implementos particulares que conttenham o operário, como cinturões ou arnés de segurança.

O equipamento de proteção individual consta de um arnés de segurança e uma conexão (cabo de vida) destinada a deter e amortecer as quedas de altura, que pode incluir um amortecedor de impacto e que deve fixar-se a um ponto de ancoragem estrutural.

O cinto de segurança conecta o arnés, desde uma argola localizada no meio das omoplatas do operário. A ancoragem estrutural deve encontrar-se, de preferência, por cima da cabeça do operário, mas a não mais de 1,80 m. Isto reduz o percurso de queda.

É importante assinalar que as argolas laterais da cintura do arnés **não** devem ser utilizadas como elementos para prevenir quedas de altura, só se



emplean como cinturón de posicionamiento para trabajos en postes u otras estructuras verticales. Su utilización puede ocasionar lesiones graves debido a su posicionamiento fuera del eje central de distribución de fuerzas.

## 6. Pautas básicas de seguridad e higiene

A modo de conclusión se transcribe un listado que resume las condiciones mínimas de seguridad e higiene a considerar en cualquier obra:

LA SEGURIDAD NO ES UNA OPCIÓN, ES UNA CONDICIÓN DE TRABAJO.

SIEMPRE debemos trabajar adoptando TODAS las medidas de seguridad e higiene disponibles y que conocemos.

NO debemos operar un equipo o realizar un trabajo si NO conocemos o tenemos DUDAS respecto de las medidas de seguridad, elementos auxiliares y condiciones operativas de los mismos.

NO tocamos si no sabemos, o desconocemos.

SIEMPRE debemos preguntar a un superior en caso de duda o desconocimiento.

NUNCA debemos dejar trabajar a un compañero si sabemos que está haciendo o está por hacer algo que no es correcto y seguro.

SIEMPRE debemos dar el ejemplo.

SIEMPRE respetamos y debemos hacer respetar todas las medidas de seguridad e higiene que conocemos.

empregam como cinturão de posicionamento para trabalhos em postes ou outras estruturas verticais. Sua utilização pode ocasionar lesões graves devido a seu posicionamento fora do eixo central de distribuição de forças.

## 6. Pontos básicos de segurança e higiene

A título de conclusão, se transcreve uma lista que resume as condições mínimas de segurança e higiene a serem consideradas em qualquer obra:

A SEGURANÇA NÃO É UMA OPÇÃO, É UMA CONDIÇÃO DE TRABALHO.

SEMPRE devemos trabalhar adotando TODAS as medidas de segurança e higiene disponíveis e que conhecemos.

NÃO devemos operar um equipamento ou realizar um trabalho se NÃO conhecemos ou temos DÚVIDAS a respeito das medidas de segurança, elementos auxiliares e condições operacionais dos mesmos.

NÃO tocamos se não sabemos ou desconhecemos.

SEMPRE devemos perguntar a um superior em caso de dúvida ou desconhecimento.

NUNCA devemos deixar um colega trabalhar se soubermos que está fazendo ou vai fazer algo que não é correto e seguro.

SEMPRE devemos dar o exemplo.

SEMPRE respeitamos e devemos fazer respetar todas as medidas de segurança e higiene que conhecemos.



## CONCLUSIONES

A. Elena Charola, Luiz Antônio Bolcato Custódio y Marcelo L. Magadán

En cualquier intervención que se realice sobre un edificio o conjunto histórico es fundamental tener en claro el objetivo de la misma. Para ello debemos hacernos, entre otras, las siguientes preguntas: ¿Por qué es necesario intervenir? ¿Los factores de deterioro que hacen necesaria la intervención, pueden ser controlados? Y, si pueden ser controlados ¿ya se han tomado las medidas necesarias? ¿Y si no pueden ser controlados, se tiene la posibilidad de contar, a futuro, con un mantenimiento regular?

Una vez contestadas estas preguntas se podrá definir la metodología a seguir para la intervención, la que deberá ser adecuada a la situación del objeto o monumento específico a intervenir. Se debe considerar que el mismo problema, en dos monumentos situados en lugares distintos e, incluso o en dos lugares distintos de un mismo monumento, no necesariamente podrá abordarse con la misma metodología. No hay una solución “perfecta” y “única” para cada problema sino muchas, de las cuales algunas serán más apropiadas. Es responsabilidad del conservador la de seleccionar la mejor opción para cada caso, teniendo en cuenta para ello, no sólo los aspectos técnicos, sino también los operativos y los teóricos de la cuestión.

Es reconocido que el trabajo en el campo de la conservación del patrimonio cultural requiere de la colaboración interdisciplinaria, pues ninguna disciplina por sí puede formular correctamente las preguntas necesarias para definir el problema que permita encontrar la solución adecuada y, menos aún, dar las respuestas correctas. En las palabras del escritor portugués José Saramago, en su obra *Memorial del Convento*: “*Todo en el mundo está dando respuestas, lo que demora es el tiempo de las preguntas*”. Y lo que lleva tiempo también, es la experiencia que se necesita. Experiencia en reconocer las primeras señales de que el objeto tiene un problema. Experiencia en identificar la mejor metodología para solucionar el problema. Experiencia para adquirir la destreza manual para aplicar la metodología en la práctica. Todo esto requiere tiempo y dedicación.

## CONCLUSÕES

A. Elena Charola, Luiz Antônio Bolcato Custódio e Marcelo L. Magadán

Em qualquer intervenção que se realize sobre um edifício ou conjunto histórico é fundamental definir o objetivo da mesma. Para isto devemos fazer, entre outras, as seguintes perguntas: Porque é necessário intervir? Os fatores de degradação que fazem necessária a intervenção podem ser controlados? E se podem ser controlados, já foram tomadas as medidas necessárias? E se não podem ser controlados, existe a possibilidade de se contar, no futuro, com uma manutenção regular?

Uma vez respondidas estas perguntas se poderá definir a metodologia a ser utilizada para a intervenção, a qual deverá ser adequada à situação do objeto o monumento específico a intervir. Deve-se considerar que o mesmo problema, em dois monumentos situados em lugares diferentes ou em dois lugares diferentes do mesmo monumento, não necessariamente poderão ser tratados com a mesma metodologia. Não há uma solução “perfeita” e “única” para cada problema, mas muitas soluções entre as quais algumas serão mais apropriadas. É responsabilidade do conservador definir a melhor opção para cada caso, considerando para tanto, não apenas os aspectos técnicos, mas também os aspectos teóricos e operacionais da questão.

É reconhecido que o trabalho no campo da conservação do patrimônio cultural requer a colaboração interdisciplinar, pois nenhuma disciplina, por si própria, pode formular corretamente as perguntas necessárias para definir o problema que permita encontrar a solução adequada e, ainda menos dar as respostas corretas. Nas palavras do escritor Saramago, em seu *Memorial do Convento* “*Tudo no mundo está dando respostas, o que demora é o tempo das perguntas*”. E o que demanda tempo também, é a experiência que se deve ter. Experiência para reconhecer os primeiros sinais de que o objeto tem algum problema. Experiência para identificar a melhor metodologia para solucionar o problema. Experiência para adquirir a destreza manual para aplicar a metodologia na prática. Tudo isto requer tempo e dedicação.



En este marco, es imprescindible resaltar la necesidad de contar con un acabado diagnóstico de situación del bien a intervenir, ya que resulta imposible asegurar el correcto resultado de una intervención si no se cuenta con la información requerida para entender su situación, en su contexto histórico y el actual.

También es importante señalar que cada intervención que se hace necesaria se debe, en la mayoría de los casos, a años de descuido y falta de atención. Pero se espera, no sólo que la intervención se realice en un mínimo de tiempo, sino que su efecto sea de larga duración. Y este último punto, sólo es posible si se asegura el mantenimiento del objeto de forma regular y sistemática.

En Italia, se desarrolló el concepto del “mantenimiento extraordinario” para indicar aquellas intervenciones de restauración conservativa. El valor de ese concepto reside en enfatizar que estas acciones no son puntuales, sino que corresponden a intervenciones que se deberán realizar periódicamente a fin de asegurar la preservación del patrimonio, para facilitar así su transmisión al futuro.

Es fundamental pues, que las personas responsables de la preservación de monumentos, a todos los niveles, perciban que las intervenciones de conservación no son actos únicos y aislados, sino que responden a las necesidades de cada monumento y su sitio en un momento dado de su larga vida. Por eso, la mejor recomendación que se les puede dar es que tengan **paciencia** en esperar que los responsables tomen las medidas necesarias para facilitar la preservación de los monumentos, **perseverancia** en su propio interés en conservar los monumentos y **prudencia** cuando llega el momento de realizar una intervención.

En este contexto surgió la idea de este manual – producido con el apoyo de la UNESCO y del WMF– con el fin de reunir experiencias y conocimientos prácticos de distintos profesionales. Lo que se espera de él es que sea utilizado como una herramienta de trabajo efectiva, para la conservación del patrimonio material remanente de las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes, así como un referente metodológico para situaciones análogas.

Neste contexto é imprescindível ressaltar a necessidade de se contar com um diagnóstico detalhado da situação do bem que deva receber intervenção, uma vez que é impossível assegurar o resultado adequado de uma intervenção se não se possuem as informações requeridas para entender a sua situação, no contexto histórico e na atualidade.

Também é importante enfatizar que cada intervenção que se fizer necessária se deve, na maioria das vezes, a anos de descuido e falta de atenção. Mas se espera, não só que a intervenção se realize no menor tempo possível, mas também que seu efeito seja de longa duração. E este último ponto só é possível se asseguramos a manutenção do objeto de uma forma regular e sistemática.

Na Itália se desenvolveu o conceito de “manutenção extraordinária” para definir as intervenções de restauração conservativa. A importância deste conceito reside em enfatizar que estas intervenções não são pontuais mas que correspondam a intervenções que deverão ser realizadas periodicamente a fim de assegurar a preservação do patrimônio e viabilizar sua transmissão para o futuro.

É fundamental pois, que as pessoas responsáveis pela preservação de monumentos, em todos os níveis, percebam que as intervenções de conservação não são atos únicos e isolados, mas que correspondem às necessidades de cada monumento e seu sítio em um determinado momento de sua longa vida. Por isto, a melhor recomendação que se pode dar é que tenham **paciência** em esperar que os responsáveis tomem as providências necessárias para viabilizar a preservação dos monumentos, **perseverância** em seu próprio interesse em conservar os monumentos e **prudência** quando chega o momento de realizar uma intervenção.

Neste contexto surgiu a idéia deste manual – produzido com o apoio da UNESCO e do WMF – com a finalidade de reunir experiências e conhecimentos práticos de diferentes profissionais. E o que se espera dele é que seja utilizado como uma ferramenta de trabalho efetiva, para a conservação do patrimônio material remanescente das Missões Jesuíticas dos Guaraní, assim como um referencial metodológico para situações análogas.



## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFIA

AAVV. 1986. Preventive Measures During Excavation and Site Protection, Roma: ICCROM

Aires Barros, L. 2001. *As rochas dos monumentos portugueses. Tipologias e patologias*. Lisboa: Instituto Português de Património Arquitectónico.

Andrew, C., Young, M., Tonge, K. y Urquhart, D. 1994. *Stone cleaning. A guide for practitioners*. Edimburgo: Historic Scotland & The Gordon University.

Ashley-Smith, J. Ed. 1982. *Science for conservators*. Book 1. *An Introduction to Materials*. London: Crafts Council Conservation Science Teaching Series.

Ashley-Smith, J. Ed. 1983. *Science for conservators*. Book 2. *Cleaning*. London: Crafts Council Conservation Science Teaching Series.

Ashley-Smith, J. Ed. 1983. *Science for conservators*. Book 3. *Adhesives and Coatings*. London: Crafts Council Conservation Science Teaching Series.

Ashurst, J. y Ashurst, N. 1988. *Practical building conservation. Mortars, plasters and renders*. English Heritage Technical Handbook. Vol.2. Aldershot: Cower Technical Press.

ASTM. 1998. *Standard Test Methods for Physical Testing of Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone*. C 110-98.

Baldo, J.D. y Krauczuk, E. 2007. *Caracterización Arbórea del Conjunto Jesuítico San Ignacio Miní*. Informe inédito WMF. Posadas.

Barahona Rodrigues, C. 1992. *Revestimientos continuos en la arquitectura tradicional española*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Barrionuevo, M.R.E. 2004. *Biodeterioração produzida por biofilmes de fungos e cianobactérias nas ruínas Jesuíticas das Missões e avaliação do seu controle*. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Barrionuevo, M.R.E. y Gaylarde, C.C. 2005. "Physiological and Microbial Analyses in Sandstones of the Ruins of the Jesuit Missions in Argentina". En: *LABS 5, Biodeterioration and Biodegradation in Latin America Symposium*, Eds. B.O. Ortega Morales, C.C. Gaylarde, J.A. Narváez-Zapata y P.M. Gaylarde, pp. 21-24. México: Edición Universidad Autónoma de Campeche, Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

Bell, D. 1997. *The Historic Scotland guide to international conservation charters*. Technical Advice Notes 8. Edimburgo: Historic Scotland.

Bianchetti, P.L., Charola, A.E., Koestler, R.J. y Laurenzi Tabasso, M. 1992. "The ruins of San Ignacio Miní, Misiones, Argentina. Characterization of the stones used in their construction". En: *7<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, pp. 725-733.

Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Borrelli, E. 1999. *ARC Laboratory Handbook: Conservation of Architectural Heritage, Historic Structures and Materials*, Vol. 3 Salts. Roma: ICCROM, UNESCO y WHC.

Caneva, G., Nugari, M.P. y Salvadori, O. 1991. *Biology in the conservation of works of art*. Roma: ICCROM.

Cazalla, O., Pardo, E. et al. 1998. "Control de la Evolución de la Carbonatación en Morteros de Cal". En: *IV Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación*, pp. 227-229. La Habana, Cuba: CICOP.

Corzo, M.A. y Hodges, H.W.M. 1987. *In situ. Archeological Conservation*. Century City: Instituto Nacional de Antropología e Historia y The Getty Conservation Institute.

Custódio, L.A.B. 1978. *Diretrizes para o desenvolvimento físico de São Miguel das Missões*. Porto Alegre: CEDRO/SURBAM

Custódio, L.A.B. 1994. "São Miguel Arcanjo, uma trajetória." En: *São Miguel Arcanjo. Levantamento cadastral*. Porto Alegre: IPHAN, Ministério da Cultura.

Custódio, L.A.B. 1994. "Projeto integrado de valorização dos sítios arqueológicos missioneiros do Brasil." En: *La salvaguardia del patrimonio jesuítico*, Ed. M.A. Amabile, pp.176-180. Buenos Aires: Ediciones Montoya.

Charola, A.E. 1989/90/91. "The ruins of San Ignacio Miní, Misiones, Argentina: Conservation problems". En: *Wiener Berichte über Naturwissenschaft in der Kunst*, Eds. A. Vendl, B. Pichler, J. Weber, R. Ehrlich y G. Banik. Vol. 6/7/8, pp. 372-380. Viena: Hochschule für angewandte Kunst.

Charola, A.E. 2000. "Salts in the Deterioration of Porous Materials: An Overview". *Journal of the American Institute for Conservation* 39: 327-343.

Charola, A.E. 2001. "Water Repellents and Other "Protective" Treatments: A Critical Review" En: *Hydrophobe III-3<sup>rd</sup> International Conference on Surface Technology with Water Repellent Agents*, Eds. K. Littmann y A.E. Charola, pp. 3-19. Freiburg: Aedificatio Publishers.

Charola, A.E. y Ware, R. 2002. "Acid Deposition and the Deterioration of Stone— A Brief Review of a Broad Topic". En: *Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies*, Eds. S. Siegesmund, T. Weiss, y A. Vollbrecht, Special Publication 205, pp 393-406. Londres: Geological Society of London.

Curtis, H. y Barnes, N.S. 2000. *Biología*. 6ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana

De Paula, A. 1993. "La arquitectura de las misiones del Guayrá". En: *Las Misiones Jesuíticas del Guayrá*. La Herencia de la Humanidad, Tomo 2, pp. 91-151. Buenos Aires: Manrique Zago Ediciones.

Di Stefano, R., Gazaneo, J., Bozzano, J. y Pernaut, C. 1983. "Per la conservazione delle Missiones Guaranyes" *Restauro* 81 [56] 1-146.





- Domaslowski, W. 1982. *La conservation préventive de la pierre. Musées et Monuments XVIII*. Paris: UNESCO.
- Domaslowski, W. Ed. 2003. *Preventive Conservation of Stone Historical Objects*. Torun: Universidad Nicholas Copernicus.
- Feilden, B.M., Jokilehto, J. 2003. *Manual para el manejo de los sitios del Patrimonio Cultural Mundial*. Roma: ICCROM.
- Feigl, F. 1954. *Spot Tests*. Amsterdam: Elsevier.
- Feigl, F., Rincón Sanchez, R., y Arribas Jimeno, C. 1949. *Análisis cualitativo mediante reacciones a la gota. Aplicaciones inorgánicas y orgánicas*. Madrid: Paraninfo.
- Furlong, G. 1962. *Misiones y sus pueblos de Guaraníes*. Buenos Aires: Editorial Balmes.
- Furlong, G. 1969. *El trasplante cultural y social. Historia social y cultural del Río de la Plata*, pp. 1536-1810. Buenos Aires: Editorial Tea.
- Grupo de Geofísica Aplicada y Ambiental. 2006. *Estudios Geofísicos en las Misiones Jesuíticas de San Ignacio Mini-Misiones*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física, UBA. Informe inédito WMF. Buenos Aires.
- Henriques, F.M.A. 1994. *Humidade em paredes*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Henriques, F.M.A. 2004. "Replacement mortars in conservation: an overview". En: 10<sup>th</sup> *International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Eds. D. Kwiatkowski y R. Löfvendahl, pp. 973-983. Estocolmo: ICOMOS Sweden.
- Henriques, F.M.A., Charola, A.E., Rato V.M. y Rodrigues, P.F. 2007. "Morteros de reposición. Su rol en la conservación. Parte I" *Habitat* 13 [53] 38-40.
- Henriques, F.M.A., Charola, A.E., Rato V.M. y Rodrigues, P.F. 2008. "Morteros de reposición. Su rol en la conservación. Parte II" *Habitat* 14 [54] 86-90.
- Holmes, S. y Wingate M. 1997. *Building with Lime*, pp. 203-223. Londres: Intermediate Technology Publications.
- Holmström, I. 1982. "Mortars cements and grouts for conservation and repair. Some research needs". En: *Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings*, pp. 19-24. Roma: ICCROM.
- Holmström, I. 1993. "Adding cement to lime mortar" *Journal of the Building Limes Forum. Lime News*. 2 [1] 32-41.
- Hood, P. 1996. "Reasons for failures in lime based mortars, plasters and renders". *Journal of the Building Limes Forum. Lime News*. 4 [2] 69-74
- ICOMOS. 1964. *Carta de Venecia: Carta Internacional sobre la conservación y restauración de los monumentos y de los sitios*. [http://www.icomos.org/docs/venice\\_charter.html](http://www.icomos.org/docs/venice_charter.html).
- ICOMOS. 1990. *Carta Internacional para la Gestión del Patrimonio Arqueológico*. [http://www.icomos.org/docs/archaeology\\_es.html](http://www.icomos.org/docs/archaeology_es.html)
- ICOMOS. 1999. *Carta de Burra* (Guía para la conservación y gestión de los sitios de significación cultural). Comité Nacional Australiano del ICOMOS (1979, actualizada en 1981, 1988 y 1999) [http://www.international.icomos.org/burra1999\\_spa.pdf](http://www.international.icomos.org/burra1999_spa.pdf)
- Kanan, M.I. 1995. *An Analytical Study of Earth and Lime Based Building Materials in the Blumenau Region Southern Brazil*. PhD Thesis, School of Conservation Sciences, Bournemouth University.
- Kanan, M.I. 2002. *Lime Advances in Conservation*. Guest Scholar Research. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Kanan, M.I. 2005. *Cal: Técnicas avanzadas para la conservación y casos de estudio*. Cuadernos del Consejo de Monumentos Nacionales, Segunda Serie N° 92. Santiago de Chile: Consejo de Monumentos Nacionales.
- Knöfel, D. y Schubert, P. 1993. *Mörtel und Steinerfüllungsmittel in der Denkmalpflege*. BMFT-Verbundforschung zur Denkmalpflege. Berlin: Ernst & Sohn.
- Kumar, R. y Kumar, A.V. 1999. *Biodeterioration of Stone in Tropical Environments. An Overview*. Research in Conservation. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Lazzarini, L. 1981. *La pulitura dei materiali lapidei da costruzione e scultura*. Padua: Cedam.
- Leal, F.M. 1984. "São Miguel das Missões-estudo de estabilização e conservação das ruínas da igreja". *Revista do IPHAN* 19:71-96.
- López Roman, A. 1999. *Prevención de los riesgos laborales en la investigación en Patrimonio Histórico*. Cuadernos Técnicos, Junta de Andalucía, Conserjería de Cultura. Granada: Comares Editorial, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico.
- Macedo, R. 1988. *Manual de higiene do trabalho na industria*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Magadán, M.L. 1988. "Propuesta de una ficha para el relevamiento de restos arquitectónicos en sitios prehispánicos". Buenos Aires: Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas "Mario J. Buschiazso", FAU-UBA. Serie Arqueología Urbana, Publicación N° 8.
- Magadán, M.L. 2005 (Dirección General). *Restauración del portal lateral este del templo. Misión Jesuítico-Guaraní de San Ignacio Mini*. Informe Final inédito WMF. Buenos Aires.
- Magadán, M.L. y Herr, C.I. 2006. *Relevamiento arquitectónico y de estado de conservación. Misión Jesuítico-Guaraní de San Ignacio Mini*. Informe Final inédito WMF. Buenos Aires.
- Magadán, M.L. y Korth, G.M.A. 2006. *Relevamiento de Sillares dispersos. Misión Jesuítico-Guaraní de San Ignacio Mini*. Informe inédito WMF. Buenos Aires.
- Magadán, M.L. (Dirección General) 2007. *Restauración de la portada principal de la Misión Jesuítico-Guaraní de San Ignacio Mini, Misiones, Argentina*. Informe final WMF. Buenos Aires.



- Magadán, M.L. 2007. "La cuestión de la autenticidad y la integridad en la consolidación de la Portada Templo-Patio de los Padres, en San Ignacio Miní". En: *Nuevas Miradas sobre la Autenticidad e Integridad en el Patrimonio Mundial de las Américas*. Monumentos y Sitios; IUCN XIII, pp. 155-162. México: UNESCO.
- Magadán, M.L., Cedrola, M.L., Korth, G.M.A. y Charola, A.E. 2007. "Addressing Biocolonization in the Conservation Project of the Portal of the Church at San Ignacio Miní, Misiones. Argentina". *Restoration of Buildings and Monuments* 13 [6] 401-412
- Magadán, M.L. 2008. "Restauración del portal lateral este del templo. San Ignacio Miní. *Habitat* XIV 54:36-44.
- Magadán, M.L. 2008. "Relevamiento arquitectónico y de estado de conservación de sitio. San Ignacio Miní." *Habitat* XIV 55:36.
- Magadán, M.L. 2008. "Restauración de la Portada Principal de la Iglesia. Finalización del Proyecto San Ignacio Miní." *Habitat* XIV 56:30-35.
- Massari, G. y Massari, I. 1993. *Damp Buildings. Old and New*. Roma: ICCROM
- Nadal Mora, V. 1955. *San Ignacio Miní*, Buenos Aires: Nadal Mora.
- NORMAL 7/81. 1981. *Absorción de agua por inmersión total* (traducción preliminar). Roma: ICR-CNR
- NORMAL 11/85. 1985 *Absorción capilar de agua y coeficiente de absorción capilar* (traducción preliminar). Roma: ICR-CNR.
- NORMAL 29/88. 1988. *Medida del índice de secado*. (traducción preliminar). Roma: ICR-CNR.
- Nowatzki, C.H. 2004. *O Sítio Arqueológico de São Miguel das Missões. Uma análise sob o ponto de vista da Geologia*. São Paulo: All Print editora.
- Odegaard, N., Carrol, S. y Zimmit, W. 2000. *Material Characterization Tests for Objects of Art and Archeology*. Londres: Archetype Publications.
- O'Grady, C. 2005. "The Occurrence of Rock Varnish on Stone and Ceramic Artifacts." *Reviews in Conservation* 6: 31-38.
- Onetto, C.L. 1999. *San Ignacio Miní. Un testimonio que debe perdurar*. Buenos Aires: Dirección Nacional de Arquitectura y Ed. Valero.
- Pedeli, C. y Pulga, S. 2002- *Pratiche conservative sullo scavo archeologico: principi e metodi*. Florencia: ICCROM.
- Pietrini, A.M. y Giovagnoli. 2005. Misiones Jesuíticas della Provincia di Misiones, Argentina. Informe inédito WMF. Istituto Centrale per il Restauro, Roma.
- Quarticioni, V.A. 1998. *Reconstituição de Traço de Argamassas: atualização do método IPT*. Dissertação apresentada à Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.
- Robles García, N.M. 2003. "Arqueología y manejo de recursos arqueológicos en México". En: *Gestión del Patrimonio Cultural. Realidades y Retos*, pp. 139-155. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Rodríguez, M. y Checmarew, R.L. 2001. *Investigación del estado de conservación del Portal del Templo Mayor de San Ignacio Miní y posibilidades de recuperación*. Informe Final, INTI-CECON O.T.N.. N° 101/4766.
- Snihur, E.A. 2007. *El universo misionero guaraní. Un territorio y un patrimonio*. Buenos Aires: Golden Company.
- Stanley Price, N.P., Ed. 1984. *La Conservación de Excavaciones Arqueológicas*. Roma: ICCROM.
- Stovel, H. 2003. *Preparación ante el riesgo: un manual para el manejo del Patrimonio Cultural Mundial*, Roma: ICCROM.
- Sustersic, B.D. 1999. *Templos Jesuítico-Guaraníes*. Buenos Aires: Facultad de Filosofía y Letras, UBA.
- Teutonico, J.M. 1988. *A Laboratory Manual for Architectural Conservators*. Roma: ICCROM.
- Teutonico, J.M., McCraig, I., Burns, C. y Ashurst, J. 1994. "The Smeaton project: factors affecting the properties of lime based mortars". *APT Bulletin* 25 [3-4] 32-49
- Thomson, M. y Groot, C. 1999. "RILEM TC Characterization of Old Mortars with Respect to their Repair". En: *The Use and Needs for Preservation Standards in Architectural Conservation*, Ed. L.B. Sickels-Taves, ASTM STP 1355 pp. 152-157. West Conshohocken, PA: ASTM
- Torraca, G. 1988. *Porous building materials. Material Sciences for Architectural Conservation*, Roma: ICCROM.
- Torraca, G. 1996. "The use of lime". En: *Proceedings of the International Lime Conference*, Eds. J. Dorrington Ward and I. Maxwell. *Lime News*. 4 [1] 34-41. Edinburgh: The Building Lime Forum and Historic Scotland.



# LÉXICO BÁSICO

## GLOSSÁRIO BÁSICO

Luiz Antônio Bolcato Custódio, Marcelo L. Magadán, Gisela M. A. Korth, A. Elena Charola, Marcela L. Cedrola, Vladimir Fernando Stello, Maria Matilde Villegas Jaramillo, Maria Isabel Corrêa Kanan y Mariana Bogarín.

### ESPAÑOL - PORTUGUÊS

#### A

Abrazadera = *Abraçadeira*  
Acanaladura = *Canelura*  
Aceite = *Óleo*  
Acera = *Calçada*  
Acetona = *Cetona*  
Adherir, Adherencia = *Aderir, Aderência*  
Alambre = *Arame*  
Albañil = *Pedreiro*  
Alero = *Beiral*  
Alfarería = *Olaria*  
Alguicida = *Algicida*  
Alto relieve = *Alto relevo*  
Altura entre dos pisos = *Pé-direito*  
Amarre = *Amarração*  
Anastilosis = *Anastilose*  
Ancho = *Largura*  
Andamio = *Andaime*  
Anillos = *Anéis*  
Antepecho = *Peitoril*  
Apoyo = *Apoio*  
Apuntalar = *Escorar*  
Arcilla = *Argila*  
Arcilla blanca = *Tabatinga\**  
Arco crucero = *Arco cruzeiro*  
Arco de medio punto = *Arco pleno*  
Arena = *Areia*  
Arenisca = *Arenito*  
Armazón = *Armação*  
Arista = *Aresta*  
Arquitectura = *Arquitetura*  
Arquitrabe = *Arquitrave*  
Artesonado = *Artesonado*  
Asentar = *Assentar*  
Azotea = *Sotéia*

#### B

Babeta = *Algeroz*  
Bajo relieve = *Baixo relevo*  
Balaustre = *Balaústre*  
Balcón = *Sacada*  
Baldosa = *Ladrilho*  
Bañar = *Banhar*  
Baptisterio = *Batistério*  
Baranda = *Guarda-corpo*  
Barniz = *Verniz*

### PORTUGUÊS - ESPAÑOL

#### A

*Abraçadeira* = Abrazadera  
*Abóbada* = Bóveda  
*Aderir, Aderência* = Adherir, Adherencia  
*Aduela* = Dovela  
*Afundamento* = Hundimiento  
*Algeroz* = Babeta  
*Algicida* = Alguicida  
*Alicerce* = Cimiento  
*Almofariz* = Mortero de porcelana  
*Alpendre* = Galería  
*Alto relevo* = Alto relieve  
*Alvenaria* = Mampostería  
*Amarração* = Amarre  
*Amostra* = Muestra  
*Anastilosis* = Anastilose  
*Andaime* = Andamio  
*Andar* = Piso de un edificio  
*Anéis* = Anillos  
*Aparelhar* = Desbastar, Labrar (madera o piedra)  
*Apicado* = Desbastado (con piqueta)  
*Apoio* = Apoyo, Sostén  
*Arame* = Alambre  
*Arco cruzeiro* = Arco crucero  
*Arco pleno* = Arco de medio punto  
*Areia* = Arena  
*Arenito* = Arenisca  
*Aresta* = Arista  
*Argamassa* = Mortero  
*Argila* = Arcilla  
*Armação* = Armazón  
*Arquitetura* = Arquitectura  
*Arquitrave* = Arquitrabe  
*Arrimo* = Muro de contención  
*Artesonado* = Artesonado  
*Assentar* = Asentar  
*Assoalho* = Piso de madera

#### B

*Bacia* = Tanque  
*Baixo relevo* = Bajo relieve  
*Balanço* = Voladizo  
*Balaústre* = Balaustre  
*Baldrame* = Viga de encadenado  
*Banhar* = Bañar  
*Barro escuro* = Ñauf\* (barro arcilloso)  
*Barro preto* = Tuju Hú\*  
*Bastão de vidro* = Varilla de vidrio



Barro negro = *Tuju Hú\**, *Barro preto*  
 Basamento = *Embasamento*  
 Betún = *Betume*  
 Bisagra = *Dobradiça*  
 Boceto = *Esboço*  
 Bosquejo = *Rascunho*  
 Bóveda = *Abóbada*  
 Brillo = *Brilho*  
 Bronce = *Bronze*

## C

Cabio = *Perna (da tesoura)*  
 Cable = *Fio*  
 Cabio = *Caibro*  
 Cadena = *Corrente*  
 Cal viva = *Cal virgem*  
 Calcáreo = *Calcário* (adj)  
 Caliza = *Calcário*  
 Calzada, Vereda = *Calçada*  
 Campana = *Sino*  
 Canal = *Calha*  
 Caño = *Cano*  
 Cantera = *Pedreira*  
 Cantero, Picapedrero = *Canteiro*  
 Canto rodado = *Seixo*  
 Caolín = *Caulim*  
 Capa = *Camada*  
 Capping = *Recapar*  
 Capilla = *Capela*  
 Carpintero = *Carpinteiro, Serralheiro*  
 Carretilla = *Carro de mão*  
 Cascajo = *Cascalho*  
 Casco = *Capacete*  
 Catear = *Prospectar*  
 Caucho = *Borracha*  
 Celosía = *Gelosia*  
 Cemento = *Cimento*  
 Ceniza = *Cinza*  
 Cepillo = *Escova*  
 Cerámica = *Cerâmica*  
 Cercado = *Cerca*  
 Cercha = *Treliça*  
 Cerradura = *Fechadura*  
 Cerrojo = *Ferrolho*  
 Chanfle, Chaflán = *Chanfre, Chanfrado*  
 Chorro = *Jato*  
 Cielorraso = *Forro, Teto*  
 Cimiento = *Alicerce*  
 Cíncel = *Cinzel*  
 Cinta = *Fita*  
 Cinta métrica = *Trena*  
 Cizallamiento = *Cizalhamento*  
 Clavija = *Cavilha*  
 Clavo = *Prego*  
 Cohesión = *Coesão*  
 Color, Colorante = *Cor, Corante*  
 Columna (puntal) = *Esteio*  
 Columna = *Coluna*  
 Compresa = *Compressa*  
 Compuesto = *Composto*  
 Concreción calcárea = *Concreção calcária*

*Batistério* = Baptisterio  
*Beiral* = Alero  
*Betume* = Betún  
*Bloco de pedra aparelhada* = Sillar  
*Borracha* = Caucho, Goma de borrar  
*Brilho* = Brillo  
*Brita* = Gravilla  
*Broca* = Fresa  
*Bronze* = Bronce  
*Bucha de algodão* = Torunda de algodón, Hisopo

## C

*Cachimbo de vidro graduado* = Tubo RILEM  
*Cachorro* = Ménsula  
*Caiar* = Encalar  
*Caibro* = Cabio  
*Caimento (do telhado)* = Pendiente, Inclinación  
*Caixilho* = Repartición (en puertas y ventanas)  
*Cal virgem* = Cal viva  
*Calcário* = Calcáreo, Caliza  
*Calçada* = Calzada, Acera, Vereda  
*Calço* = Cuña  
*Calha* = Canal  
*Camada* = Capa  
*Canelura* = Acanaladura  
*Cano* = Caño  
*Cantaria* = Muro de sillares  
*Canteiro* = Cantero, Picapedrero  
*Canteiro de obras* = Obrador  
*Canto* = Arista, Rincón  
*Capacete* = Casco  
*Capela* = Capilla  
*Capela Mor* = Presbiterio  
*Carpinteiro* = Carpintero  
*Carro de mão* = Carretilla  
*Cascalho* = Cascajo  
*Caulim* = Caolín  
*Cavilha* = Clavija  
*Cedimento* = Hundimiento  
*Cerâmica* = Cerámica  
*Cerca* = Cercado, Reja  
*Cetona* = Acetona  
*Chafariz* = Fuente  
*Chanfre, Chanfrado* = Chanfle, Chaflán  
*Chanfro* = Ochava  
*Chão* = Piso  
*Chapisco* = Revoque grueso, Jaharro  
*Chave de fenda* = Destornillador  
*Chave inglesa* = Llave inglesa  
*Chumbo* = Plomo  
*Chuva* = Lluvia  
*Cimento* = Cemento  
*Cinza* = Ceniza  
*Cinzel* = Cíncel  
*Cizalhamento* = Cizallamiento  
*Cobertura* = Cubierta, Techo  
*Coesão* = Cohesión  
*Colher de pedreiro* = Cuchara de albañil  
*Coluna* = Columna  
*Compressa* = Compresa  
*Comprimento* = Largo  
*Composto* = Compuesto



Consistencia = *Consistência*  
 Construcción = *Construção*  
 Contraer = *Contraír*  
 Contrafuerte = *Contraforte*  
 Contrahuella = *Espelho da escada*  
 Cordón de la acera = *Meio-fio*  
 Cordón = *Cordão*  
 Cornisa = *Cornija*  
 Coronamiento = *Coroament*  
 Correa (de techo) = *Terça*  
 Corrección = *Emenda*  
 Corredor = *Passadiço*  
 Costra negra = *Costra preta*  
 Croquis = *Croqui*  
 Cubierta = *Cobertura*  
 Cuchara de albañil = *Colher de pedreiro*  
 Cuchilla = *Talhadeira*  
 Cuerda = *Corda*  
 Culata = *Oitão, Empena*  
 Cumbre = *Cumeeira*  
 Cuña = *Calço, Cunhal*

## D

Daño = *Dano*  
 Declive = *Declividade*  
 Delaminación = *Delaminação*  
 Demoler = *Demolir*  
 Derrumbe, Derrumbar = *Queda, Derrubar*  
 Desagüe = *Esgoto*  
 Desbastar (con piqueta) = *Apicoar*  
 Desbastar = *Aparelhar, Emparelhar*  
 Deshechos = *Entulho*  
 Deshielo = *Degelo*  
 Deshierbe = *Erradicação de vegetação rasteira*  
 Deslizamiento = *Deslizamento*  
 Desplazar = *Deslocar*  
 Desprendimiento = *Desprendimento*  
 Derrumbar = *Derrubar, Tombar*  
 Destornillador = *Chave de fenda*  
 Destrucción = *Destruição*  
 Deterioro = *Degradação*  
 Dibujo, Diseño = *Desenho*  
 Dintel = *Verga*  
 Disgregación = *Desagregação*  
 Disolver = *Dissolver*  
 Dosificación = *Traço, Dosagem*  
 Dovela = *Aduela*  
 Drenaje = *Drenagem* Dano = Daño

## E

Eflorescencia = *Eflorescência*  
 Elasticidad = *Elasticidade*  
 Embebido = *Encharcado*  
 Embudo = *Funil*  
 Empalme = *Junção, União*  
 Empuje = *Empuxo*

Concha = Venera  
*Concreção calcária* = Concreción calcárea  
*Concreto armado* = Hormigón armado  
*Consertar* = Reparar  
*Consistência* = Consistencia  
*Construção* = Construcción  
*Contraforte* = Contrafuerte  
*Contraír* = Contraer  
*Copo beker* = Vaso de precipitado  
*Cor, Corante* = Color, Colorante  
*Corda* = Soga  
*Cordão* = Cordón  
*Cornija* = Cornisa  
*Corpo de prova* = Material de ensayo  
*Coronamento* = Coronamiento  
*Corredor* = Pasillo, Pasadizo  
*Corrente* = Cadena  
*Corrimão* = Pasamanos  
*Coruchéu* = Pináculo  
*Cotonete* = Hisopo, Torunda  
*Crostra preta* = Costra negra  
*Croqui* = Croquis, Esbozo  
*Cumeeira* = Cumbre  
*Cunhal* = Cuña  
*Cupins* = Termitas (cupi't)  
*Curar* = Fragar

## D

*Declividade* = Declive, Inclinación  
*Degelar* = Dehelar, Derretir  
*Degelo* = Deshielo  
*Degrau* = Escalón, Peldaño  
*Delaminação* = Delaminación  
*Demão* = Mano de pintura  
*Demolir* = Demoler  
*Derrubar* = Derrumbar, Tumbiar  
*Desagregação* = Disgregación  
*Deslizamento* = Deslizamiento  
*Deslocar* = Deplazar, Mudar  
*Desenho* = Diseño, Dibujo  
*Desprendimento* = Desprendimiento  
*Destruição* = Destrucción  
*Dissolver* = Disolver  
*Dobradiça* = Bisagra  
*Dosagem* = Dosificación, Proporción (mezcla)  
*Drenagem* = Drenaje

## E

*Eflorescência* = Eflorescencia  
*Elasticidade* = Elasticidad  
*Embasamento* = Basamento  
*Emboço* = Revoque grueso, Jaharro  
*Emenda* = Enmienda, Corrección  
*Emparelhar* = Desbastar



Encalar = *Caíar*  
 Encastre = *Encaixe*  
 Endurecimiento = *Endurecimento*  
 Engranaje = *Engrenagem*  
 Enlucido = *Reboco fino, de acabamento*  
 Enmienda = *Emenda*  
 Ensemble = *Sambladura*  
 Ensayo = *Ensaio*  
 Esbozo = *Croqui*  
 Escalera = *Escada*  
 Escalón = *Degrau*  
 Escoba = *Vassoura*  
 Escombros = *Entulho*  
 Escuadra = *Esquadro*  
 Espacio = *Espaço*  
 Espigón = *Espigão*  
 Esporas = *Esporos*  
 Esquina = *Canto, Esquina*  
 Estabilidad = *Estabilidade*  
 Estaño = *Estanho*  
 Estructura = *Estrutura*  
 Estuco = *Estuque*  
 Excavar = *Escavar*  
 Extradós = *Extradorso*

*Empena* = Culata  
*Empuxo* = Empuje  
*Encaixe* = Encastre  
*Encharcado* = Embebido  
*Endurecimento* = Endurecimiento  
*Engranagem* = Engranaje  
*Ensaio* = Ensayo  
*Entalhe* = Talla  
*Entulho* = Deshechos, Escombros  
*Erradicação de ervas* = Deshierbe  
*Esboço* = Boceto  
*Escada* = Escalera  
*Escamação* = Escamación  
*Escarificação* = Escarificación  
*Escovar* = Apuntalar  
*Escora* = Puntal (columna provisoria)  
*Escavar* = Excavar  
*Escova* = Cepillo  
*Esfoliação* = Exfoliación  
*Esgoto* = Desagüe  
*Espaço* = Espacio  
*Espelho da escada* = Contrahuella  
*Espigão* = Espigón  
*Esporos* = Esporas  
*Esquadro* = Escuadra  
*Estabilidade* = Estabilidad  
*Estanho* = Estaño  
*Esteio* = Puntal (columna provisoria), Pié derecho  
*Estrado* = Tarima  
*Estrutura* = Estructura  
*Estuque* = Estuco  
*Extradorso* = Extradós

## F

Faja = *Faixa*  
 Fatiga = *Fadiga*  
 Fieltro = *Feltro*  
 Fijo = *Fixo*  
 Filete = *Filete*  
 Film = *Filme*  
 Filón = *Filão*  
 Fisura = *Fissura*  
 Flexión = *Flexão*  
 Flojo = *Frouxo*  
 Flujo = *Fluxo*  
 Fractura = *Fratura*  
 Fragar = *Curar*  
 Frasco Erlenmeyer = *Frasco cônico*  
 Fresa = *Broca*  
 Frontis = *Frontaria*  
 Frontón = *Frontão*  
 Fuego = *Fogo*  
 Fuente = *Chafariz*  
 Fuerza = *Força*

## F

*Facão* = Machete  
*Faixa* = Faja  
*Fadiga* = Fatiga  
*Fechadura* = Cerradura  
*Feltro* = Fieltro  
*Fenda* = Hendidura  
*Ferragem* = Herraje  
*Ferramenta* = Herramienta  
*Ferro* = Hierro  
*Ferrolho* = Cerrojo  
*Ferrugem* = Herrumbre  
*Fiada* = Hilada  
*Filão* = Filón  
*Filete* = Filete  
*Filme* = Film, Película  
*Fio* = Cable, Hilo  
*Fios* = Patrón, Moldes (para cortar)  
*Fissura* = Fisura  
*Fita* = Cinta  
*Fitas reagentes* = Tiras reactivas  
*Fixo* = Fijo  
*Flambagem* = Pandeo  
*Flecha* = Flecha (momento estructural)  
*Flexão* = Flexión  
*Folha* = Hoja  
*Forro* = Cielorraso  
*Frasco cônico* = Frasco Erlenmeyer  
*Frouxo* = Flojo



## G

Galería = *Alpendre*  
Gárgola = *Gárgula*  
Goma de borrar = *Borracha*  
Goterón = *Pingadeira*  
Gozne = *Gonzo*  
Grafito = *Grafite*  
Grano = *Grão*  
Grasa = *Graxa*  
Gravilla = *Brita*  
Grieta = *Rachadura*  
Guante = *Luva*

## H

Hacha, Hachuela = *Machado, Machadinha*  
Helecho = *Samambaia*  
Hendidura = *Fenda*  
Herraje = *Ferragem*  
Herramienta = *Ferramenta*  
Herrumbre = *Ferrugem*  
Hidrorenado = *Hidroareiado*  
Hidrolavado = *Hidrolavagem*  
Hielo = *Gelo*  
Hierro = *Ferro*  
Hilada = *Fiada*  
Hilo = *Fio, Linha*  
Hisopo = *Bucha de algodão, Cotonete*  
Hoja = *Folha*  
Hongo = *Fungo*  
Horcón = *Esteio, Pilar, Coluna*  
Hormigón armado = *Concreto armado*  
Hormiguero = *Formigueiro*  
Hornacina = *Nicho*  
Hueco = *Óco*  
Humedad = *Umidade*  
Hundimiento = *Afundamento, Cedimento*

## I

Iglesia = *Igreja*  
Inclinación = *Caimento, Declividade*  
Inestable = *Instável*  
Inflamable = *Inflamável*  
Inmueble = *Imóvel*  
Imunizar = *Imunizar*  
Insecto, Insecticida = *Inseto, Inseticida*  
Insoluble = *Insolúvel*  
Intemperie = *Intempérie*

*Fluxo* = Flujo  
*Fogo* = Fuego  
*Força* = Fuerza  
*Formigueiro* = Hormiguero  
*Fratura* = Fractura  
*Frontaria* = Frontis  
*Frontão* = Frontón  
*Fungo* = Hongo  
*Fumil* = Embudo  
*Furadeira* = Taladro

## G

*Gabarito* = Modelo  
*Gárgula* = Gárgola  
*Gelo* = Hielo  
*Gelosia* = Celosía  
*Gesso* = Yeso  
*Gonzo* = Gozne  
*Grade* = Reja  
*Grafite* = Grafito  
*Grão* = Grano  
*Graxa* = Grasa  
*Grieta* = Grieta  
*Guarda-corpo* = Baranda

## H

*Hidrolavagem* = Hidrolavado  
*Hidroareiado* = Hidrorenado

## I

*Igreja* = Iglesia  
*Imóvel* = Inmueble  
*Inflamável* = Inflamable  
*Injetar* = Inyectar  
*Imunizar* = Imunizar  
*Inseto, Inseticida* = Insecto, Insecticida  
*Insolúvel* = Insoluble  
*Instável* = Inestable  
*Intempérie* = Intemperie  
*Intradorso* = Intradós



Intradós = *Intradorso*  
Investigar = *Pesquisar*  
Inyectar = *Injetar*

## J

Jabalcón = *Linha alta*  
Jaharro = *Reboco Grosso, Chapisco, Emboço*  
Jamba = *Ombreira*  
Jeringa = *Seringa*

## L

Labrar (madera o piedra) = *Aparelhar*  
Ladrillo = *Tijolo*  
Laja = *Laje*  
Largo = *Comprimento*  
Latón = *Latão*  
Lectura = *Leitura*  
Lija = *Lixa*  
Limpiar, Limpia = *Limpar, Limpa*  
Limpieza = *Limpeza*  
Líquenes = *Líquens*  
Listón = *Listel*  
Llana = *Plaina*  
Llave inglesa = *Chave inglesa*  
Lluvia = *Chuva*  
Losa, Loseta = *Laje, Lajota*  
Luz = *Vão*

## M

Machete = *Facão*  
Macizo = *Maciço*  
Madera = *Madeira*  
Mampostería = *Alvenaria*  
Manguera = *Mangueira*  
Mano de pintura = *Demão*  
Mantener = *Manter*  
Mantenimiento = *Manutenção*  
Mármol = *Mármol*  
Martillo = *Martelo*  
Materia = *Matéria*  
Material de ensayo = *Corpo de prova*  
Mazo = *Maça*  
Mecánico = *Mecânico*  
Medallón = *Medalhão*  
Ménsula = *Misula, Cachorro*  
Mezcla = *Mistura (argamassa)*  
Modelo = *Gabarito*  
Moho = *Mofo*  
Mojar, Mojado = *Molhar, Molhado*  
Moldear = *Moldar*  
Moldeo = *Moldagem*  
Molde para cortar (patrón) = *Molde, Padrão*  
Molienda = *Moenda*  
Monitoreo = *Monitoramento*  
Montaje = *Montagem*  
Mortero de porcelana = *Almofariz*

## J

*Jato* = Chorro  
*Janela* = Ventana  
*Junta* = Empalme

## L

*Ladrilho* = Baldosa  
*Laje* = Laja, Losa  
*Lajota* = Loseta  
*Laminação* = Laminación  
*Lapídeo* = Pétreo  
*Largura* = Ancho  
*Latão* = Latón  
*Leitura* = Lectura  
*Lençol freático* = Nivel freático  
*Levantamento* = Relevamiento  
*Líquens* = Líquenes  
*Limpar, Limpa* = Limpiar, Limpia  
*Limpeza* = Limpieza  
*Linha* = Hilo  
*Linha alta* = Jabalcón  
*Linha da tesoura* = Tirante  
*Liso* = Plano, Liso  
*Listel* = Listón  
*Lixa* = Lija  
*Luva* = Guante

## M

*Maça* = Mazo  
*Macaneta* = Picaporte  
*Maciço* = Macizo  
*Machado, Machadinha* = Hacha, Hachuela  
*Madeira* = Madera  
*Mangueira* = Manguera  
*Manter* = Mantener  
*Manutenção* = Mantenimiento  
*Mármol* = Mármol  
*Martelo* = Martillo  
*Matéria* = Materia  
*Mecânico* = Mecánico  
*Medalhão* = Medallón  
*Meio fio* = Cordón de la acera  
*Misula* = Ménsula  
*Mistura (argamassa)* = Mezcla  
*Moenda* = Molienda  
*Mofo* = Moho  
*Moldagem* = Moldeo  
*Molde* = Mode para cortar  
*Moldar* = Moldear  
*Molhar* = Mojar  
*Monitoramento* = Monitoreo  
*Montagem* = Montaje  
*Movimento* = Movimiento  
*Muralha* = Muralla





Mortero = *Argamassa*  
Movimiento = *Movimento*  
Muestra = *Amostra*  
Muralla = *Muralha*  
Muro de contención = *Arrimo*  
Muro de sillares = *Parede de cantaria*

## N

Naturaleza = *Natureza*  
Ñauf\*(barro arcilloso) = *Barro escuro*  
Nivel freático = *Lençol freático*  
Nudillo = *Tirante*  
Nuevo = *Novo*

## O

Obrador = *Canteiro de obras*  
Ochava = *Chanfro*  
Oratorio = *Oratório*

## P

Paisajístico = *Paisagístico*  
Paja = *Palha*  
Pala = *Pá*  
Pandeo = *Flambagem*  
Paño = *Pano*  
Par y nudillo = *Tésoura*  
Parapeto = *Parapeito*  
Pared = *Parede*  
Par (Cabriada) = *Perna*  
Pasamanos = *Corrimão*  
Pasadizo, Pasillo = *Corredor, Passadiço*  
Patrón (moldes para cortar) = *Fios*  
Peana = *Peanha*  
Peldaño = *Degrau*  
Pendiente = *Caimento (do telhado)*  
Pendolón = *Pendural*  
Perecedero = *Perecível*  
Perforar = *Perfurar*  
Permeable = *Permeável*  
Pestillo = *Tranqueta*  
Pétreo = *Lapideo*  
Picapedrero = *Canteiro*  
Picaporte = *Macaneta*  
Pico = *Picareta*  
Pié = *Pé*  
Pié derecho = *Esteio*  
Piedra = *Pedra*  
Piedra labrada = *Pedra aparelhada*  
Pila Bautismal = *Pia Batismal*  
Pináculo = *Coruchéu, Pináculo*  
Pincel = *Trincha, Pincel*  
Pintura = *Tinta*  
Pipeta = *Pipeta*  
Piseta = *Pisseta*  
Piso = *Chão*  
Piso de madera = *Soalho, Assoalho*

## N

*Natureza* = Naturaleza  
*Nicho* = Hornacina  
*Novo* = Nuevo

## O

*Ôco* = Hueco  
*Olaria* = Alfarería  
*Óleo* = Aceite  
*Oitão* = Culata  
*Ombreira* = Jamba  
*Oratório* = Oratorio

## P

*Pá* = Pala  
*Padrão* = Molde para cortar  
*Paisagístico* = Paisajístico  
*Palha* = Paja  
*Parapeito* = Parapeto  
*Parede* = Pared  
*Pano* = Paño  
*Parafuso* = Tornillo  
*Passadiço* = Pasillo, Corredor  
*Pavimento* = Piso de un edificio  
*Pé* = Pié  
*Pé direito* = Altura entre pisos  
*Peanha* = Peana  
*Pedra* = Piedra  
*Pedra aparelhada* = Piedra labrada  
*Pedreira* = Cantera  
*Peitoril* = Antepecho  
*Pedreiro* = Albañil  
*Peneira* = Tamiz  
*Pendural* = Pendolón  
*Perecível* = Perecedero  
*Perfurar* = Perforar  
*Permeável* = Permeable  
*Perna* = Par (cabriadas)  
*Pia Batismal* = Pila Bautismal  
*Picareta* = Pico  
*Pingadeira* = Goterón  
*Pinça* = Tenaza  
*Pipeta* = Pipeta  
*Pisseta* = Piseta  
*Plaina* = Llana  
*Plano* = Plano (Liso) o Plan (Proyecto)  
*Pó* = Polvo  
*Polia* = Polea  
*Polido* = Pulido  
*Poluição* = Polución



Piso de un edificio = *Andar, Pavimento*  
 Plan = *Plano, Projeto*  
 Plano (Liso) = *Plano, Liso*  
 Plaza = *Praça*  
 Plomada = *Prumo*  
 Plomo = *Chumbo*  
 Polea = *Polia, Roldana*  
 Polilla = *Traça*  
 Polución = *Poluição*  
 Polvo = *Pó*  
 Porosidad = *Porosidade*  
 Presbiterio = *Capela mór, Presbitério*  
 Proyecto = *Projeto*  
 Proporción (en una mezcla) = *Traço, Dosagem*  
 Protectivo = *Protetivo*  
 Pulido = *Polido*  
 Puntal (columna) = *Pontal*  
 Puntal (columna provisoria) = *Esteio, Escora*  
 Puntos cardinales = *Pontos cardeais*  
 Puzolánica = *Pozolânica*

## Q

Quebradizo = *Quebradiço*  
 Quelación = *Quelação*

## R

Rajar, = *Rachar*  
 Rajadura = *Rachadura, Trinca*  
 Ranura = *Ranhura*  
 Refuerzo, Reforzar = *Reforço, Reforçar*  
 Reja = *Grade*  
 Relevamiento = *Levantamento*  
 Remiendo = *Remendo*  
 Reparar = *Reparar, Consertar*  
 Repartición, recuadro (marco) = *Caixilho*  
 Repinte = *Repintura*  
 Reservorio = *Reservatório*  
 Revoque grueso = *Chapisco, emboço*  
 Riesgo = *Risco*  
 Roca = *Rocha*

## S

Secado = *Secagem*  
 Sierra, Serrucho = *Serra, Serrote*  
 Sillar = *Bloco de pedra aparelhada*  
 Soga = *Corda*  
 Soldadura = *Solda*  
 Soluble, Solubilidad = *Solúvel, Solubilidade*  
 Sondeo = *Sondagem*  
 Sostén = *Apoio*  
 Sucio = *Sujo*  
 Suelo = *Solo*  
 Surco = *Sulco*  
 Sustrato = *Substrato*

*Pontal* = Puntal (columna)  
*Pontos cardinais* = Puntos cardinales  
*Porca* = Tuerca  
*Porosidade* = Porosidad  
*Pozolânica* = Puzolánica  
*Praça* = Plaza  
*Presbitério* = Presbiterio  
*Prego* = Clavo  
*Projeto* = Proyecto, Plan  
*Prospectar* = Catear  
*Protetivo* = Protectivo  
*Prumo* = Plomada

## Q

*Quebradiço* = Quebradizo  
*Queda* = Derrumbe  
*Quelação* = Quelación

## R

*Rachadura* = Rajadura  
*Rachar* = Rajar  
*Ranhura* = Ranura  
*Rascunho* = Bosquejo  
*Recapar* = Capping  
*Reforço, Reforçar* = Refuerzo, Reforzar  
*Relevo* = Relieve  
*Remendo* = Remiendo  
*Repintura* = Repinte  
*Reservatório* = Reservorio  
*Reboco fino, de acabamento* = Enlucido  
*Reboco grosso* = Jaharro  
*Risco* = Riesgo  
*Rocha* = Roca  
*Rodapé* = Zócalo

## S

*Sacada* = Balcón  
*Samambaia* = Helecho  
*Sambladura* = Ensemble  
*Secagem* = Secado  
*Seringa* = Jeringa  
*Serra, Serrote* = Sierra, Serrucho  
*Serraleiro* = Carpintero  
*Seixo* = Canto rodado  
*Sino* = Campana  
*Soalho* = Piso de madera  
*Soco* = Zócalo  
*Solda* = Soldadura  
*Soleira* = Umbral  
*Solo* = Suelo  
*Solta* = Suelto  
*Solúvel, Solubilidade* = Soluble, Solubilidad  
*Sondagem* = Sondeo  
*Sotéia* = Azotea  
*Substrato* = Sustrato  
*Sujo* = Sucio  
*Sulco* = Surco



## T

Tabique = *Tabique, Tapume*  
Tabla, Tablado = *Tábua, Tabuado*  
Tablón = *Tabuão*  
Taladro = *Furadeira*  
Talla = *Entalhe, Talha*  
Talud = *Talude*  
Tamiz = *Peneira*  
Tanque = *Bacia, Tanque*  
Tapa = *Tampa*  
Tapia = *Taipa*  
Tarima = *Estrado*  
Techo = *Cobertura*  
Teja, Tejado = *Telha, Telhado*  
Tejido = *Tecido*  
Tenaza = *Pinça*  
Tenor = *Teor*  
Tensor = *Tensor*  
Termitas = *Térmitas, Cupins*  
Testera = *Testeira*  
Testigo = *Testemunha*  
Tiras reactivas = *Fitas reagentes*  
Tierra = *Terra*  
Tijera = *Tesoura*  
Tirante = *Linha da tesoura, Tirante*  
Tono = *Tom*  
Tornillo = *Parafuso*  
Torunda = *Bucha de gaze ou algodão*  
Traba = *Trava*  
Tráfico = *Tráfego*  
Transversales = *TransverbOosais*  
Triturar = *Trincar*  
Tubo RILEM = *Cachimbo de vidro graduado*  
Tumbar = *Derrubar*  
Tuerca = *Porca*  
Tuju Hú\* = *Barro preto*

## U

Umbral = *Soleira*

## V

Vacío = *Vazio*  
Vano = *Vão*  
Varilla de vidrio = *Bastão de vidro*  
Vaso de precipitado = *Copo beker*  
Venera = *Concha*  
Ventana = *Janela*  
Vereda = *Calçada*  
Viabilidad = *Viabilidade*  
Vidrio = *Vidro*  
Viento = *Vento*  
Viga de encadenado = *Baldrame*  
Voladizo = *Balanço*

## Y

Yeso = *Gesso*

## Z

Zanja = *Valeta*  
Zinc = *Zinco*  
Zócalo = *Rodapé, Soco*

## T

*Tabatinga\** = Arcilla blanca  
*Tábua, Tabuado* = Tabla, Tablado  
*Tabuão* = Tablón  
*Taipa* = Tapia  
*Talha, entalhe* = Talla  
*Talhadeira* = Cuchilla  
*Talude* = Talud  
*Tampa* = Tapa  
*Tapume* = Tabique  
*Tecido* = Tejido  
*Telha, Telhado* = Teja, Tejado  
*Teto* = Cielorraso  
*Terça* = Correa (de techo)  
*Teor* = Tenor  
*Terra* = Tierra  
*Tesoura* = Tijera o Par y nudillo  
*Testeira* = Testera  
*Testemunha* = Testigo  
*Tijolo* = Ladrillo  
*Tinta* = Pintura  
*Tirante* = Tirante  
*Tom* = Tono  
*Traça* = Polilla  
*Traço* = Proporción (en una mezcla)  
*Tráfego* = Tráfico  
*Tranqueta* = Pestillo  
*Transversais* = Transversales  
*Trava* = Traba  
*Treliza* = Cercha  
*Trena* = Cinta métrica  
*Trincar* = Triturar  
*Trincha* = Pincel  
*Tuju Hú\** = Barro negro

## U

*Umidade* = Humedad

## V

*Valeta* = Zanja  
*Vão* = Vano, Luz  
*Vassoura* = Escoba  
*Vazio* = Vacío  
*Vento* = Viento  
*Verga* = Dintel  
*Verniz* = Barniz  
*Viabilidade* = Viabilidad  
*Vidro* = Vidrio  
*Viscosidade* = Viscosidad

## Z

*Zinco* = Zinc

Nota: \* Regionalismo



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESAROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# ANEXOS

---

ESPAÑOL

Argentina . Brasil . Paraguay . Uruguay



2009

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# MANUAL BÁSICO DE CONSERVACIÓN PARA LAS MISIONES JESUÍTICAS GUARANÍES

---

## FICHAS DE RELEVAMIENTO

Argentina . Brasil . Paraguay . Uruguay



2009



# F1. FICHA DE APOYO PARA EL RELEVAMIENTO DIMENSIONAL Y FOTOGRAFICO

Marcelo L. Magadán

Esta ficha se emplea para registrar datos cuantitativos y las características morfológicas de cada una de las construcciones. Fue diseñada, de manera de poder graficar sintéticamente la silueta de los alzados de los diversos paramentos, acotando los puntos que refieren a las alturas parciales.

En el caso de San Ignacio Miní, las construcciones tienen plantas rectangulares, razón por la cual, la ficha contiene cuatro apartados gráficos previstos para delinear el alzado de cada paramento.

La ficha incluye los siguientes datos:

## 1. Identificación general

- Nombre de la obra: nombre de proyecto para la cual se registra la información.
- Estructura: designación de la construcción a relevar.
- Grupo: refiere a la división operativa del sitio.
- Número de Ficha: numeración que indica orden con respecto al conjunto.

## 2. Datos cuantitativos generales

- Distancia entre ejes verticales: refiere al módulo usado para materializar los ejes auxiliares verticales de referencia, distancia que se mantiene para los cuatro lados de la estructura.
- Distancia eje horizontal: refiere a la altura establecida desde el nivel del terreno al eje auxiliar horizontal de referencia, altura que se establece en forma arbitraria, tomándola en el extremo del muro por el que se da comienzo al relevamiento.

## 3. Relevamiento gráfico y características cuantitativas del paramento

Este apartado se repite por cada paramento de la estructura.

- Orientación: indica la ubicación del paramento a relevar.
- Características cuantitativas del paramento:

Longitud total (m): largo total tomado entre los puntos extremos del paramento.

Distancia de la toma fotográfica (m): distancia desde la cual se realiza la toma. Se determina midiendo la distancia existente entre el plano del paramento a relevar y el eje paralelo horizontal materializado en el terreno por una tanza de nylon o un hilo de algodón.

Altura de la toma fotográfica: altura a la cual se sitúa la cámara al momento de la toma. Debe ser siempre la misma en relación al eje horizontal de referencia.

Espesor promedio del muro (m): surge de dividir la sumatoria de los espesores registrados a lo largo del paramento por la totalidad de los puntos medidos.

- Relevamiento gráfico: La ficha contiene un área donde se encuentran graficados con líneas de proyección los ejes verticales y el eje horizontal, que conforman el plano auxiliar de relevamiento y permiten dibujar en forma rápida la silueta del paramento relevado. En cada eje vertical, se acotan, por encima y por debajo del eje horizontal, las alturas parciales relevadas, las que refieren al nivel del remate y del terreno, respectivamente.



#### 4. Datos generales

- a. Identificación del sitio: nombre completo del sitio (p.ej.: San Ignacio Mini).
- b. Localidad, Provincia: ubicación, según nombre local actual.
- c. Fecha de relevamiento: consignarla permite evaluar la evolución del deterioro en el tiempo.
- d. Relevó: nombre del responsable del relevamiento.
- e. Revisó: nombre del responsable de la supervisión de la tarea.





## F2. FICHA DE RELEVAMIENTO ARQUITECTÓNICO Y DE ESTADO DE CONSERVACIÓN.

Marcelo L. Magadán

La ficha que se describe a continuación fue utilizada durante el Relevamiento Arquitectónico y de Estado de Conservación que se llevó a cabo los meses de febrero y marzo de 2006 en el antiguo poblado jesuítico guaraní de San Ignacio Miní.

La misma se diseñó a efectos de contar con un instrumento que permitiera el registro sistemático de la información relevada y su posterior estudio, clasificación y comparación, facilitando de ese modo el cumplimiento del objetivo de elaborar un cuadro de situación del objeto de estudio permitiendo, en primer lugar, la evaluación de su estado y, luego, la proposición de soluciones alternativas para su conservación y manejo.

Esta ficha se basó en una anterior diseñada por el autor, en 1986, para ser empleada en una investigación sobre la problemática de conservación de la arquitectura prehispánica de la región Noroeste de la Argentina (Magadán 1988).

El objetivo de esta ficha de relevamiento es permitir una recolección sistemática de la información básica para la evaluación del estado de situación de un sitio.

La ficha contiene datos referidos a seis grandes rubros:

- 1) identificación general del sitio,
- 2) análisis arquitectónico de las estructuras,
- 3) estado de conservación,
- 4) recomendaciones y prioridades de intervención,
- 5) información complementaria.

### 1. Identificación General

- a. Estructura: denominación asignada a cada estructura.
- b. Grupo: refiere a los diferentes sectores en que se divide el sitio, por razones operativas o por su funcionalidad original.
- c. Sitio: nombre completo del sitio que se trate (p.ej.: San Ignacio Miní).
- d. N° (Número del sitio): corresponde a la nomenclatura general de sitios que se asigne para el conjunto de las misiones.
- e. Localidad, departamento y provincia: datos de ubicación del sitio en su territorio.
- f. Ubicación: refiere a la planta de conjunto que muestra la situación relativa de la estructura.
- g. Ficha N° (Número de ficha): numeración correlativa asignada a las fichas que indica su posición dentro del conjunto del total de las empleadas para el registro de campo.

### 2. Análisis arquitectónico

En el anverso de la ficha se consignan las características arquitectónicas de las construcciones y datos complementarios de interés para la evaluación del estado de conservación.



Los datos son:

a. Tipo de construcción: según características generales. Se definieron ciertos tipos básicos, a saber:

*b. Recinto: espacio delimitado por muros, que sobresalen por sobre el nivel del piso interior.*

*c. Plataforma: estructura plana, elevada sobre el nivel del terreno circundante, podría estar delimitada por un muro de contención o talud que no supere la altura del piso superior de la construcción y debe tratarse de un elemento cultural (construido expofeso o que siendo natural haya tenido un uso cultural).*

*d. Muro: estructura formada por piedras u otros materiales resistentes, superpuestos intencionadamente y que pueden estar ligados o no por argamasa. Suelen presentar una altura considerable en relación con su espesor. En general delimitan espacios. Dentro de esta categoría se consideran los muros que aparecen en forma aislada, no aquellos que forman parte de estructuras más complejas, por ejemplo de recintos o plataformas.*

*e. Acumulación de materiales: cualquier reunión de materiales (piedras, tierra, etc.) cuya forma no pueda ser incluida en las categorías presentadas anteriormente pero que posean claras connotaciones culturales.*

Forma: se refiere a la configuración en planta de la estructura en cuestión. Se consideraron las siguientes:

Cuadrangular

Rectangular

Circular

Poligonal: compuesta por cinco o más lados rectos

Irregular (o mixtilínea): compuesta por lados rectos y curvos alternados

Función: hipótesis de uso realizada en base a las observaciones de campo o los datos disponibles de investigaciones históricas o arqueológicas. Se considera los siguientes casos:

Habitación

Iglesia

Plaza

Cotiguazú

Camino

Escalinata

Capilla

Cementerio

Tambo

Huerta

Muros: como se expresó anteriormente se trata de estructuras formadas por piedras u otros materiales resistentes, superpuestos, que pueden estar unidos o no por argamasa o mortero de asiento. Presentan una altura considerable en relación a su espesor y sirven para delimitar espacios.

Nº (Número de unidad): refiere a la unidad interior a analizar sobre la totalidad de unidades interiores que conforman la estructura (p. ej.: 1 de 4).

Es preciso aclarar que cada uno de los ítems que se detallan a continuación, son analizados en sus cuatro caras. Por tal motivo se diferencian las orientaciones: Norte, Este, Sur y Oeste.

Tipo: se determinaron diversas categorías en función de la posible existencia de núcleo y sus características.



1. Simple: un núcleo único
2. Doble sin relleno: dos núcleos verticales de mampuestos que están en contacto entre sí, sin mayor traba y sin relleno
3. Doble con relleno: dos núcleos verticales de mampuestos separados entre sí y que contienen un relleno de otro/s material/es: tierra, cascajo, etc.
4. Adobe: levantado con mampuestos conformados por paralelepípedos rectos rectangulares constituidos por arcilla, limo, grava y arena, que puede tener algún agregado de materiales orgánicos, destinados a mejorar su cohesión y resistencia.
5. Mixto: ejecutado con más de una de las técnicas mencionadas.

Paramentos: caras exteriores de los muros. De acuerdo a su disposición relativa se los clasificó en:

1. Paralelos: ambos planos se presentan aplomados y paralelos. Un corte vertical del muro se muestra como un rectángulo.
2. En talud: los paramentos tienen a converger en la parte superior del muro. El corte vertical tiende a formar un trapecio.

Mampuestos: se denomina así a cada una de las piezas que forman parte del núcleo del muro. Pueden ser de piedra o de adobe. Los mampuestos de piedra se han clasificado, de acuerdo al tamaño, en: grande, mediana y pequeña. Los parámetros de definición de las distintas categorías deben ser definidos para cada caso en particular. Esta información debe ser consignada en el registro para permitir eventuales comparaciones con otros sitios o construcciones. Para facilitar esto sería ideal estandarizar los parámetros a emplear para todos los sitios. El otro material que puede encontrarse es el adobe. En este caso también habrán de consignarse las dimensiones.

Revoque: revestimiento de los paramentos del muro, cuya función fundamental es la de protegerlo. Pueden ser de tierra (barro) y a la cal.

Elementos: se trata de los elementos arquitectónicos que pueden presentarse formando parte de los muros. Por ejemplo:

- a. Cimiento
- b. Puerta
- c. Umbral
- d. Jamba
- e. Dintel
- f. Ventana
- g. Nicho
- h. Escalones
- i. Relieve

Dimensiones (del muro en cuestión):

- a. Espesor: en metros
- b. Ancho: en metros

Altura interior: En ciertas estructuras hay diferencias de nivel entre el exterior y el piso interior actual. Dado que la exterior surge del relevamiento de las envolventes externas, se registra aquí la altura interior. De la comparación entre ambas se puede establecer las diferencias del caso.

Altura máxima registrada: altura hipotética del muro, de acuerdo a las observaciones que puedan realizarse en el lugar o en base al resultado de otro tipo de investigaciones (p.ej.: histórico-documentales).



Se expresa en metros.

Piso: se ha hecho una diferenciación entre el actual y el original, ya que es muy posible que no exista coincidencia entre ambos, en especial cuando no se ha hecho una investigación arqueológica. Para que este dato sea útil debe indicarse además la pendiente relativa. Si se trata de un piso original, se apuntarán las observaciones que puedan realizarse en el campo.

Material cultural en superficie: refiere a los restos materiales de origen cultural que pueden encontrarse en superficie. Básicamente se han considerado los que se encuentran habitualmente en estos sitios estudiados: cerámica y madera. En cuanto a la cantidad, se propusieron tres categorías: escaso, regular y abundante. Será necesario aclarar los límites de cada una de ellas y en lo posible - en especial cuando se trate de cantidades pequeñas - el número exacto de fragmentos o piezas encontradas. Para que resulte comparable debe expresarse por unidad de superficie (cantidad/m<sup>2</sup>).

### 3. Estado de conservación

Refiere a la situación que presentan las estructuras. Se han considerado los siguientes casos:

- a. Desplome: pérdida de verticalidad del elemento.
- b. Desplazamiento: corrimiento de un elemento de su lugar original.
- c. Disgregación: pérdida de la cohesión o la consistencia.
- d. Derrumbe: dispersión y caída de elementos, que puede implicar fallas estructurales de importancia.
- e. Tapiado: obstrucción de un vano, realizada de forma intencional.
- f. Fisura: hendidura poco profunda que no alcanza a atravesar al muro.
- g. Grieta: hendidura profunda que atraviesa el muro de lado a lado.
- h. Fractura: separación de parte del elemento sin que se haya registrado su caída.
- i. Desprendimiento: implica la separación de un elemento de su soporte o sustrato de apoyo. Es frecuente en los revoques.
- j. Deslave: desprendimiento y pérdida de material por acción del escurrimiento de agua, en general, de lluvia. Suele producirse en los rellenos de los muros y en el terreno.
- k. Acumulación de materiales: depósitos de materiales, tanto de origen natural, como intencional que pueden afectar la estabilidad o la lectura de una estructura.
- l. Pozos: perforaciones realizadas con algún objetivo (saqueo, reutilización de materiales, etc.). Implican la destrucción de los contextos arqueológicos y/o la alteración de las estructuras.
- m. Hundimientos: pérdidas de nivel en los pisos que abarcan áreas relativamente extensas.
- n. Faltante: ausencia total o parcial de elementos constitutivos del objeto analizado.
- o. Vegetales: refiere a las plantas superiores (leñosas, arbustivas, etc.) que puedan alterar o destruir parte de una estructura (p.ej.: por acción de sus raíces), así como interferir en su lectura.
- p. Microorganismos: líquenes, musgos y otros agentes de biodeterioro que suelen aparecer adheridos a las piedras o a otros materiales.
- q. Insectos: daños provocados por acción de ciertos insectos (p.ej.: hormigueros).
- r. Destrucción total: pérdida total de una estructura (p.ej.: las cubiertas).
- s. Putrefacción: degradación orgánica en los elementos de madera a causa de la descomposición de la materia.



En el estado de condición se han considerado básicamente los elementos más frecuentes en el tipo de estructuras a estudiar, esto es: muros, pisos y cubiertas. Se incluyó un apartado referido al cómputo de materiales faltantes, expresado en volumen (m<sup>3</sup>), que puede facilitar la evaluación de los trabajos de integración y/o reintegración.

#### 4. Recomendaciones de intervención

En la ficha se han incluido seis tipos de intervenciones que han sido ordenadas de acuerdo al grado de complejidad. La intención es que –en la medida de lo posible– se dejen indicadas en el momento de la inspección de las construcciones. Las intervenciones son:

- a. Limpieza y desyerbe: retiro de vegetales y otros materiales (basura, etc.) que puedan encontrarse sobre las estructuras.
- b. Apuntalamiento: indica la necesidad de colocar estructuras provisionales de sostén o refuerzo, que ayuden a soportar la carga de una estructura o de parte de ella, cuando haya perdido su estabilidad o resistencia y se encuentre en estado de falla.
- c. Consolidación: acciones tendientes a detener el proceso de deterioro. Incluye la realización de reintegraciones mínimas de material original desprendido o caído, claramente identificable en el lugar.
- d. Liberación: retiro de todo tipo de material acumulado sobre las estructuras.
- e. Reintegración de muros, pisos u otros elementos: restitución de las partes faltantes.
- f. Restauración sistemática: intervención de mayor complejidad que debe estar precedida por una cuidadosa investigación histórica, arqueológica, arquitectónica, estructural y científica y debe realizarse siguiendo los criterios y procedimientos correspondientes.

#### 5. Prioridad de intervención

Mediante el empleo de círculos de colores se establece la urgencia de intervención en función del grado de deterioro que presenta la estructura analizada:

- a. Negro: la estructura se encuentra derrumbada.
- b. Rojo: el estado de la misma es crítico y el derrumbe es posible a corto plazo.
- c. Naranja: el estado de la misma es preocupante y el derrumbe es posible a mediano plazo.
- d. Amarillo: la estructura presenta algún grado de riesgo, pero no requiere intervención inmediata, aunque sí un monitoreo periódico.
- e. Verde: presenta buen estado de conservación, pero igual requerirá de monitoreo periódico.

#### 6. Información complementaria de apoyo

La ficha se complementa con:

Croquis: representación esquemática, a mano alzada, de la estructura.

Observaciones: aclaraciones referentes a dificultades sobre el relevamiento, proximidad de especies arbóreas que ponen en riesgo a la estructura, etc.

Muestras: listado de muestras obtenidas, destinadas a su análisis en laboratorio. Este material debe quedar claramente identificado.

Cubierta: evidencias relacionadas al cierre superior de la construcción.

Estructura: se consignan los factores de riesgo estructural: grietas significativas, corrimientos, derrumbes, vegetación invasiva, etc.



Desplome: registro de las dimensiones de los desplomes significativos que deberán monitorearse a futuro. En el cuadro se indica:

la orientación del muro a monitorear,

la fecha del registro,

la dimensión, en metros, aclarando la orientación hacia la que se produce el desplome (p.ej.: 0.16 m/Este).

Fotografías: listado de fotos de la estructura o sus partes. Es aconsejable agregar a la ficha copias de pequeño formato, una breve descripción de su contenido y los nombres y localización de los archivos digitales, para facilitar su búsqueda.

Se dispondrá de hojas complementarias donde se incluyan los dibujos, fotos o cualquier información adicional que permita una mejor comprensión de la situación de la estructura. Estas hojas deben formar parte de la ficha, como anexo, y quedarán igualmente identificadas, repitiendo el número de la ficha base al que se agregará un subíndice (p.ej.: 1/1, 1/2, 1/3, etc.).



## F3. FICHA PARA RELEVAMIENTO DE SILLARES

Marcelo L. Magadán

Esta ficha tiene como objetivo el relevamiento y registro sistemático de sillares que son parte de una estructura o que se encuentren dispersos en el sitio.

En el primer caso se aplica en el curso de una intervención que requiera de la remoción provisional de mampuestos y su posterior recolocación, por lo que la ficha contiene datos sobre las particularidades de cada sillar, como así también de su relación con el conjunto del muro.

En el caso de los sillares dispersos, no sólo se registra la información de cada sillar, sino que, a partir de los datos registrados, se pueden establecer vinculaciones entre mampuestos.

En ambos casos, la ficha demostró su flexibilidad y adaptación a las necesidades particulares de cada proyecto, una característica valiosa para cualquier sistema de registro.

La ficha contiene los siguientes datos:

### 1. Descripción general

- a. Identificación del sitio: nombre completo del sitio.
- b. Nombre de la obra: nombre de la intervención y/o el proyecto para el cual se concreta el relevamiento.
- c. Número de Ficha: numeración de la ficha que indica su correlatividad con respecto al conjunto.

### 2. Ubicación del sillar

Esta información se completa cuando se trata de mampuestos que forman parte de un muro.

- a. Paramento (orientación): orientación de la cara externa del muro del que forma parte el sillar.
- b. Hilada: número y nivel de la hilada en la que se encuentra el sillar.
  - I. Número: numeración correlativa asignada de abajo hacia arriba (o al revés), siguiendo siempre un criterio único.
  - II. Nivel: altura, medida en metros (m) tomando como referencia un nivel inferior fijo.
- c. Número del mampuesto: numeración de cada mampuesto realizada de izquierda a derecha y en forma correlativa. Dicho número se marcará en el sillar para identificarlo.

### 3. Características cuantitativas del sillar

Esta información resulta de suma utilidad tanto para permitir la recolocación del sillar en el muro, esto en casos de anastilosis, como para establecer la correlación entre elementos dispersos.

- a. Ancho (m)
- b. Alto (m)
- c. Profundidad (m)
- d. Volumen ( $m^3$ )
- e. Peso (kg): el peso aproximado se obtiene estimando el volumen del mampuesto y multiplicándolo por el peso específico del material del sillar.
- f. Superficie de apoyo ( $m^2$ )



#### 4. Estado de conservación

La ficha contiene un área cuadrículada que permite dibujar, en escala y en forma rápida, las caras representativas del sillar. Sobre éstas se registra el estado de conservación.

#### 5. Observaciones

Se apuntan datos o referencias complementarias para el registro (p.ej.: en el caso del relevamiento de sillares dispersos, en este campo se colocó el número de las fichas de los diferentes mampuestos que podían asociarse entre sí).

#### 6. Datos generales

- a. Fecha de relevamiento: consignarla permite analizar la evolución del deterioro en el tiempo.
- b. Relevó: nombre del responsable del relevamiento.
- c. Controló: nombre del responsable de la supervisión de la tarea.





PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# MANUAL BÁSICO DE CONSERVACIÓN PARA LAS MISIONES JESUÍTICAS GUARANÍES

---

## PROTOCOLOS DE CAMPO

Argentina . Brasil . Paraguay . Uruguay



2009



# PC1 - DETERMINACIÓN IN SITU DE LA ABSORCIÓN CAPILAR DE AGUA

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

## Metodología:

La determinación se realiza utilizando pipas graduadas (pipas de agua o tubos RILEM), que se fijan al material a ensayar por medio de un material adhesivo (plastilina, silicona, etc.) y que luego se llenan de agua hasta un nivel determinado. Por medio de un cronómetro se mide el tiempo que tarda el material en cuestión en absorber cierto volumen de agua.

## Materiales a utilizar:

Pipas graduadas (tubos RILEM);

Adhesivo para fijación de las pipas;

Cronómetro;

Agua.

## Nota:

*Se debe asegurar que la superficie sobre la que se posicionan los tubos sea plana, se encuentre limpia y libre de polvo. Los resultados serán influenciados si el ambiente es muy húmedo o si hubo lluvias. En ese caso conviene esperar al menos un día.*

## Principio:

La velocidad de absorción de agua depende de la porosidad del material: a mayor porosidad mayor velocidad de absorción. El resultado obtenido es sólo indicativo y sirve para comparar dos o más materiales entre sí. En lo posible, las comparaciones se deben realizar en el mismo día, ya que las condiciones climáticas influirán en la velocidad de absorción.

Dada la variación de porosidad que puede presentar un material, es importante que se realicen, al menos, tres mediciones en cada uno de ellos.

## Procedimiento:

Se debe elegir uno o más lugares en los cuales se ha de medir la velocidad de absorción de agua. La superficie debe ser lo más plana posible, debe estar limpia y no debe presentar disgregación superficial. La pipa se posiciona con el adhesivo, asegurándose que está firmemente fijada. Se debe cuidar que, cuando se eche agua, ésta no se derrame por la junta. Se llena el tubo exactamente hasta el enrase superior (0 ml). En ese momento se comienza a medir el tiempo con el cronómetro.

Si se quiere medir la velocidad de absorción se controla el tiempo que tarda el agua en descender hasta el nivel correspondiente al volumen deseado (máximo 5 ml) y se toma nota del tiempo transcurrido.

Si el objetivo es medir el volumen absorbido entre los 5 y los 10 minutos, se debe registrar el volumen absorbido a los 5 minutos y nuevamente a los 10 minutos. La razón para utilizar este sistema reside en que la absorción inicial en materiales poco porosos es lenta, y por eso no se toma en cuenta el volumen absorbido en los primeros 5 minutos.



## Expresión de los resultados:

Se pueden expresar de dos maneras:

1. Midiendo el tiempo para la absorción de un volumen dado de agua.
2. Si los materiales son poco absorbentes (o si fueron tratados con un hidrorrepelente) se puede medir el volumen absorbido a los 5 minutos y el volumen absorbido a los 10 minutos. En este caso se expresa solamente el volumen de agua absorbido entre estas dos medidas.

La siguiente Tabla sirve de ejemplo para presentar las lecturas y la manera de expresar los resultados en los dos procedimientos:

Método 1	Lectura volumen	Lectura tiempo	Tiempo [min]	Expresión del resultado
Velocidad de absorción	4,5 ml	8 minutos y 10 segundos	8,16 min	0,55 ml/min
Condiciones climáticas: temperatura y humedad relativa, viento, etc.				
Método 2	Lectura volumen a 5 min	Lectura volumen a 10 min	Volumen absorbido	Expresión del resultado
Volumen absorbido entre 5 y 10 minutos	1,3 ml	4,7 ml	3,4 ml	3,4 ml entre 5-10 min.
Condiciones climáticas: temperatura y humedad relativa, viento, etc.				



## PC2 - EXTRACCIÓN DE SALES SOLUBLES

A. Elena Charola y Marcela L. Cedrola

### Metodología:

El ensayo consiste en la utilización de compresas embebidas en agua, para la extracción de sales solubles del interior del material.

### Materiales a utilizar:

Agua destilada o desionizada o, en emergencia, agua de red;

Pulpa de celulosa/ sepiolita/ algodón/ otros;

Frasco de vidrio/Cubeta plástica.

### Nota:

*El material usado como soporte debe ser de buena calidad y estar limpio. En particular, no debe contener sales solubles. En el caso de utilizarse un sólido pulverulento, tal como arcillas del tipo sepiolita o atapulgita, debe ser de tamizado fino y uniforme. Otros materiales que pueden ser utilizados son: la sílice micronizada, tierras de diatomas, piedra pómez pulverizada.*

### Principio:

La función del soporte inerte que forma la compresa, es prolongar la acción del solvente, manteniéndolo en contacto con la superficie de la materia, de manera de permitir la difusión del solvente dentro del sustrato, disolver las sales presentes y, finalmente, redifundir dicha solución hacia la compresa en donde quedarán retenidas. Al quitar la compresa, se eliminarán con ella todas las sales extraídas del sustrato que quedaron fijadas allí.

### Procedimiento:

En primer lugar se debe preparar la compresa a utilizar, embebiendo la pulpa de celulosa en el agua destilada o desionizada en un frasco de vidrio o una cubeta plástica a la que se le agregará suficiente cantidad de agua. Luego con la mano protegida con un guante se procederá a escurrir el excedente de agua y formar la pasta de celulosa con la que se formará la compresa. Para ello, se aplastará la pasta de celulosa y agua contra la superficie del sustrato del que se extraerán las sales, formando una superficie continua y de un espesor parejo. Si es necesario se cubrirá la compresa con un film de polietileno, a fin de prolongar la acción de la compresa por disminución de la velocidad de secado de la misma. Cuando la compresa está seca se la retira, y con ella las sales extraídas. Es conveniente, controlar la presencia de las sales en la compresa, y en lo posible, de manera semicuantitativa, para evaluar la eficiencia del tratamiento.

### Observación:

Es fundamental identificar las sales solubles, o sus principales aniones, antes de proceder a su extracción. De esta manera, se puede controlar la eficacia de las compresas. En general, la primera compresa es la más eficiente, la segunda lo es menos (pues ya hay menos sales). Por lo tanto, en general, no conviene aplicar más de dos compresas sucesivas.



## PC3 - ELIMINACIÓN DE PELÍCULAS SUPERFICIALES DE RESINAS ACRÍLICAS

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodología:

El procedimiento consiste en la utilización de compresas embebidas en soluciones de solventes orgánicos específicos, para el ablandamiento y la remoción de películas superficiales de resinas acrílicas (films), tales como el Paraloid B72 o similares.

### Materiales a utilizar:

Solución de acetona y alcohol etílico 1+1 (50% de c/u);

Soporte inerte: pulpa de celulosa; sepiolita; algodón; etc.;

Guantes de goma o de nitrilo resistentes a los solventes orgánicos;

Frasco de vidrio/cubeta plástica;

Máscara protectora con filtros absorbentes de vapores orgánicos.

### Nota:

*Se puede utilizar tolueno o xileno puros, como solventes de elección en la compresa para realizar la remoción de la capa de resina, ya que también disuelven el Paraloid B-72. Estos solventes son carcinogénicos, de modo que deben ser manipulados con mucho cuidado.*

*El material usado como soporte debe ser de buena calidad y estar limpio. En el caso de utilizarse un sólido pulverulento, tal como arcillas del tipo sepiolita o atapulgita, el mismo debe estar finamente tamizado para retirar los grumos. Otros materiales que pueden ser utilizados son: la sílice micronizada, tierras de diatomeas y piedra pómez pulverizada.*

### Principio:

La función del soporte inerte que forma la compresa, es prolongar la acción del solvente, manteniéndolo en contacto con el depósito a eliminar de la superficie sobre la que se aplica la compresa. El espesor de la compresa y su capacidad absorbente influyen en la variación del tiempo de acción de los disolventes, permitiendo elegir el soporte inerte más adecuado para cada caso en particular. Para prolongar esta acción, las compresas se cubren muchas veces con un film plástico, por ejemplo polietileno, de modo de reducir la velocidad de su secado. Esto es fundamental sobre todo cuando se usan solventes orgánicos volátiles, caso de la acetona y el alcohol.

### Procedimiento:

En primer lugar se debe preparar la compresa a utilizar, embebiéndola en la solución de acetona/etanol. Para ello se procede a colocar la pulpa de celulosa en el frasco o la cubeta plástica, y se le agregan unos mililitros de la mezcla de solventes, de manera tal que la pulpa quede completamente mojada. Luego con la mano protegida con guantes impermeables y resistentes a los solventes, se procede a tomar la pulpa escurriendo el excedente de líquido (apretándola con la mano), de manera de formar una pasta que se irá colocando en la



superficie a limpiar, aplastándola contra la misma y formando así una compresa de espesor parejo. El tamaño de la compresa debe adecuarse a la superficie del depósito a eliminar. Si este es muy grande, conviene hacerlo por partes, usando compresas de unos 20 x 20 cm como máximo. Se cubre la compresa con un film plástico, tal como el polietileno.

El tiempo que se debe dejar actuar la compresa depende del depósito a eliminar. Conviene controlar una esquina cada quince minutos (15'), para ver su acción. En muchos casos, cuando ya está actuando la mezcla de solventes, la superficie toma una tonalidad blanquecina o se vuelve opaca. En ese momento, y antes de que seque completamente, debe retirarse la compresa. Se puede completar la limpieza ayudándose con un hisopo embebido en la mezcla de solventes, aplicado a las zonas donde aún queda el film reblandecido a fin de retirarlo completamente.

Esto puede suceder, ya que al ser la resina acrílica una molécula muy grande, no llega a completarse el proceso de disolución y solamente se hincha al interactuar con el solvente y se “reblandece”. En este punto es más fácil remover la película manualmente, pues de otra manera se corre el riesgo de que la película, al secarse por evaporación del solvente, vuelva a adherirse al soporte sin haber difundido hacia la compresa, no lográndose el objetivo de su eliminación. En caso de que la eliminación de la resina no haya sido completa, lo que se nota por el aspecto brillante que queda en algunas zonas, conviene aplicar una nueva compresa para completar su remoción.

### Recomendaciones:

Cuando se manipulan productos químicos se deben extremar las medidas de protección corporal para evitar cualquier contacto con los productos ya que éstos siempre son nocivos en mayor o menor grado. En algunos casos son irritantes a nivel de piel, ojos y vías respiratorias. En otros pueden causar intoxicaciones más graves, tanto agudas como crónicas. Se recuerda que los productos ganan acceso al organismo por contacto con la piel, los ojos y por las vías respiratorias.



# PC4 - LIMPIEZA DE DEPÓSITOS DELGADOS DE COLONIZACIÓN BIOLÓGICA

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

## Metodología:

El procedimiento consiste en la utilización de compresas embebidas en soluciones acuosas de reactivos específicos, para el ablandamiento y la remoción de capas superficiales de suciedad o pátinas de origen biológico.

## Materiales a utilizar:

Solución de carbonato de amonio  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$  al 20%;

Soporte: pulpa de celulosa; sepiolita; algodón; otros;

Guantes de goma/quirúrgicos;

Frasco de vidrio/cubeta plástica.

## Nota:

*El material usado como soporte debe ser de buena calidad y estar limpio, y NO debe contener sales solubles. En el caso de utilizarse un sólido pulverulento, tal como arcillas del tipo sepiolita o atapulgita, debe ser de tamizado fino y uniforme. Otros materiales que pueden ser utilizados son: la sílice micronizada, tierras de diatomeas, piedra pómez pulverizada.*

## Principio:

La función del soporte inerte que forma la compresa, es prolongar la acción del reactivo, manteniéndolo en contacto con el depósito a eliminar de la superficie sobre la cual se aplica la compresa. Su espesor y su capacidad absorbente influyen en la variación del tiempo de acción del reactivo, permitiendo elegir el soporte inerte más adecuado en cada caso. Para prolongar esta acción, las compresas se cubren muchas veces con un film plástico, por ejemplo polietileno, de modo de reducir la velocidad de su secado.

## Procedimiento:

En primer lugar se debe preparar la compresa a utilizar, embebiéndola en la solución de bicarbonato de amonio. Para ello se procede a colocar la pulpa de celulosa en el frasco o la cubeta plástica, y se le agregan unos mililitros de la solución acuosa, de manera tal que la pulpa quede completamente mojada. Luego con la mano protegida con guantes impermeables, se procede a tomar la pulpa escurriendo el excedente de líquido (como apretándola en el interior de la mano), y al mismo tiempo, formando una pasta que se irá colocando en la superficie a limpiar, aplastándola contra la misma y formando así una compresa de espesor parejo. El tamaño de la compresa debe adecuarse a la superficie del depósito a eliminar. Si este es muy grande, conviene hacerlo por partes, usando compresas de unos 20 x 20 cm como máximo. Se cubre la compresa con un film de polietileno.

El tiempo que se debe dejar actuar la compresa depende del depósito a eliminar. Conviene controlar una esquina cada media hora, para ver su actuación. En muchos casos puede resultar conveniente dejarla hasta que esté completamente seca.





En caso de que la limpieza no haya sido total, se puede intentar una segunda aplicación para lograr mejores resultados.

### Recomendaciones:

Cuando se manipulan productos químicos se deben extremar las medidas de protección corporal para evitar cualquier contacto con los productos ya que éstos siempre son nocivos en mayor o menor grado. En algunos casos son irritantes a nivel de piel, ojos y vías respiratorias. En otros pueden causar intoxicaciones más graves, tanto agudas como crónicas. Se recuerda que los productos ganan acceso al organismo por contacto con la piel, los ojos y por las vías respiratorias.



# PC5 - DESMALEZAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE PLANTAS SUPERIORES

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

## Metodología:

El procedimiento consiste en la eliminación por métodos mecánicos, químicos o ambos, de malezas, pequeños o medianos arbustos y/o árboles, de manera tal de impedir que éstos se desarrollen y provoquen mayores daños.

## Materiales a utilizar:

Espátulas metálicas, bisturís;

Tijeras de podar (de una y de dos manos);

Serrucho de podar; motosierra portátil;

Bordeadora de hilo;

Taladro eléctrico o manual;

Guantes de descarné o poda;

Equipo protector con mangas y pantalones largos;

Guantes de nitrilo o semejantes resistentes a productos químicos;

Gafas protectoras para los ojos;

Barbijos;

Jeringas y agujas descartables – gruesas;

Biocida (Cloruro de benzalconio en solución al 10-15% por volumen).

## Principio:

El crecimiento de pequeñas malezas, plantas, arbustos y aún árboles, que de permitirse su desarrollo alcanzan grandes dimensiones, pueden provocar el deterioro de estructuras si están próximas o directamente sobre ellas. El deterioro se debe a las tensiones mecánicas que producen sus raíces, así como a la invasión parcial o total de sus ramas y troncos. Para evitar que esto suceda, se recomienda la eliminación de las mismas, ni bien se detecta su presencia, por medio de métodos mecánicos o químicos. Es evidente que es más fácil eliminar ejemplares pequeños que grandes, lo que confirma que una rutina de control y desmalezamiento regular es fundamental para la manutención de estos sitios.

## Procedimiento:

El desprendimiento mecánico de raíces y tallos por medio de “forcejeo y tirón” es desaconsejado en todos los casos, ya que se puede arrastrar con ellos materiales tales como morteros, cuñas y porciones de bloques de las paredes que deseamos conservar, al punto de provocar importantes desmoronamientos.

Dependiendo del tamaño del ejemplar a erradicar y de la forma en que éste se ubique en la estructura, se procederá de diferentes maneras. Si el ejemplar es pequeño, de poco desarrollo, está en la superficie y sus raíces no han penetrado en el mortero o entre los bloques, se podrá eliminar el mismo en forma mecánica, desprendiéndolo de la superficie sobre la que está apoyado mediante una espátula o simplemente con la

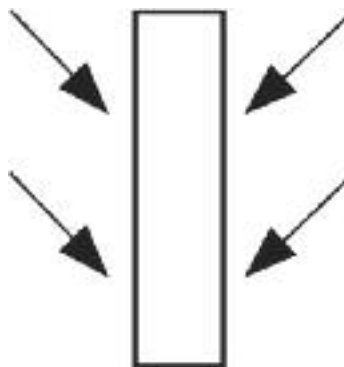


mano, convenientemente protegida por guantes de descarné o lona, dependiendo esto de la resistencia que oponga la maleza a esta operación.

En el caso que el ejemplar sea más grande, tenga ramas y raíces que invaden el sustrato o está infiltrando morteros y bloques de piedra, se debe proceder en primer lugar a cortar cuidadosamente con tijeras de podar o serrucho, –de acuerdo al espesor–, las partes emergentes. Las partes que quedan dentro de la estructura no deben ser retiradas mecánicamente, sino que deben ser inyectadas con el biocida, a los fines de que éste mate el ejemplar al poco tiempo, con lo cual se asegura que no seguirá desarrollándose. El resto de tronco y/o raíz que queda dentro de la estructura irá contrayendo su volumen al secarse permitiendo que eventualmente pueda ser desprendido más fácilmente. La acción conjunta de corte de ramas y troncos con la inyección de biocidas en las zonas que estén penetrando la propiedad es el mejor método para eliminar esta colonización y evitar que los restos de la planta vuelvan a brotar.

Para facilitar la inyección del biocida a tallos y raíces gruesas es conveniente hacer varios agujeros a ambos lados de los mismos con un taladro eléctrico o berbiquí manual, para inyectar el biocida en dichos orificios. El número de agujeros a realizar deberá ser proporcional al diámetro del tronco o raíz a inyectar.

Esquema de puntos de perforación para la inyección de biocida en un tronco o raíz



### Nota:

*El presente protocolo sólo se refiere a la parte de control de malezas que pueden alcanzar grandes dimensiones, pero no detalla el mantenimiento normal del sitio como ser cortar el pasto, evitar que invada los pisos de cerámica o las bases de las estructuras.*

### Normativas:

A continuación se dan unas reglas referentes al mantenimiento regular.

1. Se recomienda cuidado en el uso de cortacéspedes, con o sin tractor, para evitar todo contacto de la máquina con las estructuras o restos de las estructuras que puedan estar en áreas abiertas con pasto o césped.
2. Para control de las hierbas cerca de las paredes se recomienda el uso cuidadoso de bordeadoras de hilo, teniendo cuidado de no chocar con las bases de piedra de las estructuras.
3. En algunos sitios se utilizan a veces herbicidas, tales como el Roundup (Monsanto) o el Tordon (Dow y otros).
4. Cuando se usen estos productos, se recomienda el uso de un equipo de protección corporal adecuado como indicado previamente, pero incluyendo además el uso de una máscara de gas con filtro de carbón.



5. Como la aplicación de estos herbicidas se debe hacer de forma localizada, se recomienda consultar con técnicos locales respecto a como mejorar la aplicación de ellos a fin de optimizar la eficiencia y disminuir la cantidad de herbicida a utilizar.
6. Se debe estar atento a cualquier síntoma, dolor de cabeza, mareos, vómitos o irritación ocular, cutánea o respiratoria, luego de la manipulación de estos productos.
7. Se hace notar que hay otros herbicidas, como por ejemplo, aquellos que están formulados a base de tioureas (sulfonilureas), que actúan a nivel del metabolismo vegetal sin tener mayores efectos sobre animales ni el hombre.

## Reseña de los herbicidas:

### Roundup:

El principio activo es un glifosato, un herbicida total de amplio espectro que es absorbido por las hojas y no por las raíces. Está clasificado como “extremadamente tóxico” aunque aún se está discutiendo si el glifosato es cancerígeno o no para humanos. La toxicidad es mayor en casos de exposición dérmica e inhalatoria (exposición ocupacional) que en casos de ingestión.

El Roundup se formula con un surfactante (polioxietileno-amina - POEA) que, al solubilizar aceites y grasas, facilita la penetración del principio activo. Se hace notar que el POEA viene normalmente contaminado con el 1-4 dioxano, que causa cáncer en animales y daño hepático y renal en humanos. Además, la presencia del surfactante facilitará la absorción del glifosato por exposición dérmica aumentado su toxicidad en unas 3 a 5 veces, por lo que se debe tener mucho cuidado y utilizar protección adecuada cuando se manipula o utiliza este herbicida.

### Tordon:

El principio activo es el 2,4,5 T (amino sal del ácido triclorofenoxiacético) y también puede estar contaminado con dioxina. Este herbicida, fue utilizado en combinación con el 2,4 D (ácido diclorofenoxiacético) para constituir el famoso “agente naranja” utilizado en la guerra de Vietnam. Su toxicidad para humanos se atribuye fundamentalmente a la contaminación con dioxano, que causa problemas de piel y se ha considerado que el principio activo puede contribuir al cáncer de hígado así como inducir problemas degenerativos.

### Recomendaciones:

Cuando se manipulan productos químicos se deben extremar las medidas de protección corporal para evitar cualquier contacto con los productos ya que éstos siempre son nocivos en mayor o menor grado. En algunos casos son irritantes a nivel de piel, ojos y vías respiratorias. En otros pueden causar intoxicaciones más graves, tanto agudas como crónicas. Se recuerda que los productos ganan acceso al organismo por contacto con la piel, los ojos y por las vías respiratorias.

Se debe usar una vestimenta protectora con mangas y pantalones largos, calzado que cubra correctamente el pie para evitar el contacto con el producto que pueda salpicar, guantes de nitrilo en las manos, antiparras plásticas para proteger los ojos, y máscaras de gas con filtros adecuados a los solventes en uso, ajustado correctamente a fin de que sea eficiente en su protección de la zona bucal.

Esta protección deber ser usada desde el momento de la preparación del producto para su uso, durante la aplicación, ya sea por pincel o por inyección, y hasta que terminada la operación, se guarden los materiales y herramientas utilizadas, adecuadamente limpias. Finalmente, luego de quitarse el equipo protector, se recomienda lavar manos, y cara con abundante agua y jabón. El equipo protector sólo deber ser utilizado para estas operaciones y debe ser lavado separadamente.



## PC6 - CONSOLIDACIÓN DE PAVIMENTOS CERÁMICOS

M. Matilde Villegas Jaramillo

### Metodología:

La consolidación de pisos cerámicos debe seguir las siguientes etapas:

Limpieza;

Documentación gráfica y fotográfica;

Preparación del área a consolidar;

Preparación del agua de cal;

Consolidación con agua de cal;

Monitorización y control regular.

### Materiales a utilizar:

Escoba de filamentos plásticos blandos;

Pala, preferentemente de madera o plástica;

Cepillo de mano de cerdas o filamentos plásticos suaves;

Balde plástico con tapa;

Recipiente con tapa;

Pincel de cerdas suaves;

Aspersor manual.

### Principio:

La consolidación de pisos de cerámica de las Misiones Jesuíticas de los Guaraníes se basa en el hecho de que estos materiales fueron calcinados a temperaturas relativamente bajas. Por lo tanto, las arcillas están “activadas” para reaccionar con el agua de cal (la llamada reacción puzolánica) en la que se forman compuestos hidráulicos que, subsiguientemente, hidratan con el agua consolidando de ésta manera la cerámica.

### Procedimiento:

#### Limpieza

Quitar de raíz la vegetación inferior, tales como pastos, musgos, etc.;

Cortar, sin quitar la raíz, la vegetación superior, como las plantas arbustivas;

Retirar depósitos superficiales con una escoba de cerdas o filamentos plásticos blandos y una pala, preferentemente de plástico;

Retirar residuos y/o excrementos con agua y un cepillo de cerdas o filamentos finos y suaves.

#### Nota:

*La limpieza no necesita ser muy profunda, pues es fundamental no dañar la frágil superficie de las cerámicas.*



## Documentación gráfica y fotográfica

Se debe realizar una documentación completa de todas las cerámicas existentes en el piso a tratar;

Documentar fotográficamente todas las piezas, a fin de poder evaluar el resultado del tratamiento.

## Preparación del área a consolidar

Delimitar las áreas a consolidar con chapas metálicas de aproximadamente 12 cm de altura, enterradas de manera que queden un poco por debajo del nivel de los pisos, para evitar que la vegetación re-invada las áreas limpias y consolidadas y para evitar que las cerámicas se muevan;

Nivelar, con tierra, las áreas donde falten cerámicas;

Plantar gramilla en estas áreas;

### Nota:

*Es fundamental tener un arqueólogo acompañando esta parte del proceso.*

## Preparación del agua de cal

Mezclar en un balde una cantidad de pasta de cal apagada con agua, en una proporción de 1:7 por volumen, respectivamente. Tapar;

Dejar asentar por un mínimo de 8 días;

Decantar el agua con cuidado, de modo de no remover la pasta de cal del fondo;

Volver a agregar al agua en la proporción original, para una subsiguiente aplicación.

## Consolidación con agua de cal

Aplicar el agua de cal a los pisos mediante un pincel suave o un aspersor manual, hasta saturación (cuando se verifique que la cerámica no absorbe más agua de cal);

Repetir la operación una vez por mes o después de cada lluvia, hasta que la superficie recupere su color original y quede libre de líquenes y hongos;

Es fundamental tomar nota de las fechas en las que se realizan las aplicaciones de agua de cal.

### Nota:

*El agua de cal mata la vegetación, hongos y líquenes.*

## Monitorización y control regular

Regularmente, al menos cuatro veces en el primer año, se debe re-documentar fotográficamente el área tratada;

Conviene además determinar la consolidación de las cerámicas por medio de un simple ensayo de dureza de la superficie, una vez que las cerámicas hayan comenzado a endurecer;

El registro de todas estas actividades dará una idea de cuántos tratamientos serán necesarios en el futuro y servirán para evaluar la eficacia de los mismos.

### Nota:

*Esta metodología está aún en fase experimental, por lo que es fundamental un seguimiento regular acompañando de documentación fotográfica. Eventuales análisis de laboratorio ayudarán a determinar la eficacia del tratamiento y la frecuencia de futuras aplicaciones.*



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# MANUAL BÁSICO DE CONSERVACIÓN PARA LAS MISIONES JESUÍTICAS GUARANÍES

---

## PROTOCOLOS DE LABORATORIO

Argentina . Brasil . Paraguay . Uruguay



2009





# PL1 - DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE ABSORCIÓN CAPILAR DE AGUA, DE LA ABSORCIÓN POR INMERSIÓN TOTAL Y DE LA CURVA DE SECADO

A. Elena Charola y Marcela L. Cedrola

## Metodología:

La curva de absorción capilar se realiza colocando muestras de forma cúbica (5 x 5 x 5 cm) en un contenedor que tiene un fondo de agua, de manera que sólo puedan absorber el agua por una de las caras (la inferior que está en contacto con el líquido). Las muestras se pesan a intervalos de tiempo crecientes y los resultados se grafican. De ellos se obtiene el coeficiente de absorción capilar.

Una vez que se llega al máximo de absorción la muestra se sumerge totalmente en agua y, a las 24 horas de inmersión total, se pesa. De la cantidad total de agua absorbida por la muestra se puede calcular su porosidad aparente.

Luego de pesada la muestra, se deja al aire en una bandeja y se vuelve a pesar a intervalos crecientes. Los datos se grafican y se puede obtener la velocidad de secado y el contenido crítico de agua.

## Materiales a utilizar:

Cuba plástica, de fondo plano, con tapa, de unos 60 x 30 x 15 cm;

3 muestras cúbicas (5 x 5 x 5 cm) de cada material a ensayar;

Balanza (Sens. 0,01 g);

Agua destilada;

Varillas de vidrio;

Cronómetro y reloj;

Calculadora.

## Principio:

El agua penetra en los materiales porosos por capilaridad, es decir, porque los poros tienden a “absorber” el agua. Cuando más finos los poros, más absorbentes son. Pero al ser finos, sólo puede entrar una cantidad relativamente escasa de agua. Por el contrario, poros más anchos, absorben menos pero, al ser anchos, en ellos puede penetrar más agua.

Cómo el agua es uno de los factores más relevantes en el deterioro de materiales, es importante conocer el comportamiento del material con relación al líquido. Sobre todo, cuando es preciso usar distintos materiales que deben estar en contacto, tal como la piedra y el mortero, pues si tienen comportamientos muy diferentes, un material se deteriorará mucho más rápido que el otro. Por lo tanto, es deseable que el comportamiento entre ellos sea lo más similar posible, de manera que sean compatibles frente a este agente de deterioro.

Las curvas de absorción capilar de agua y las de secado serán diferentes dependiendo de la porosidad total del material y del tipo de poros (diámetro del poro) y de la cantidad de poros de cada diámetro presente. La porosidad total del material se puede estimar sencillamente por la cantidad total de agua que absorbe el material luego de estar inmerso en agua por 24 horas.



## Procedimientos:

### Curva de absorción capilar

En la cuba plástica se ponen unas varillas de vidrio que servirán de soporte a las muestras. Se agrega suficiente agua destilada para que apenas sobrepase el diámetro de las varillas (aprox. 1mm).

Las muestras a medir se numeran con un lápiz o con una incisión que las identifique, se pesan, (en un cuaderno se anotan los pesos de cada una) y se colocan sobre las varillas de vidrio, de modo que la cara inferior apenas esté tocando el agua, y se toma el tiempo que corresponderá al tiempo “cero”. Se tapa la cuba y a los 3 minutos se sacan las muestras, una por vez, se le seca el exceso de agua con un papel absorbente, y se pesan, anotando el peso y el tiempo exacto al cual se realiza la medición para cada muestra.

Es conveniente preparar una tabla (ver: Tabla 1) a fin de anotar el tiempo y el peso correspondiente a cada medición y, luego, calcular los siguientes datos: el tiempo transcurrido (tanto en minutos como en segundos), la raíz cuadrada del tiempo expresado en segundos, la diferencia de peso y la diferencia de peso por área de absorción.

**Tabla 1.** Tabla para tomar nota de los datos necesarios para graficar la curva de absorción capilar.

Hora real	Tiempo (min)	Raíz cuadrada T (min <sup>1/2</sup> )	Peso (g)	Dif. Peso (g)	Dif. Peso/área (g/cm <sup>2</sup> )
10.30	0	0	250	0	0
10.33	3	1,73	255	5	0,20
*****	****	*****	*****	*****	*****

La *hora real*, es la hora a la cual se realiza la medición. Por ejemplo, el tiempo “cero” corresponde al momento en que colocó la muestra en la cuba. El peso correspondiente es el peso de la muestra seca.

El *tiempo transcurrido* es la diferencia de tiempo desde el inicio del ensayo expresado en minutos, y luego como la raíz cuadrada de minutos.

El *peso* es el valor medido en gramos, correspondiente al tiempo en que se realizó la medición.

La diferencia de peso se calcula con respecto al peso inicial (el peso seco). Como la absorción sólo ocurre por una cara del cubo, se debe dividir por la superficie de esta cara. En el caso que el cubo sea de 5 x 5 x 5 cm, la superficie de cada cara es de 25 cm<sup>2</sup>. Las medidas de peso se deben espaciar de acuerdo a la velocidad de absorción del material. Para una primera curva, se pueden tomar los pesos a los siguientes tiempos: 0, 3, 5, 8, 11, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120 y 180 minutos; y luego a las 4, 5 y 6 horas.

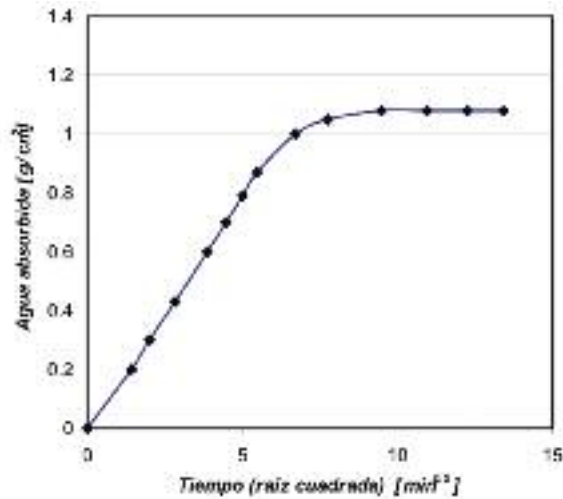
A medida que se obtienen los datos, conviene ir graficándolos como “diferencia de peso/área de absorción” (ordenada, eje y) en función de la “raíz cuadrada del tiempo” (abscisa, eje x).

Cuando el material se va saturando de agua absorbe cada vez más lentamente y la curva llega a un valor límite y casi no absorbe más. Esto indica el fin del ensayo y la muestra, luego de una última pesada, se sumerge totalmente en agua en otra cuba (2º ensayo).

En general el gráfico tiene la forma que se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Curva modelo de absorción capilar de agua.



**Expresión de los resultados:**

Aparte de la tabla de resultados y el gráfico, se puede calcular el coeficiente de absorción capilar del material que corresponde a la parte recta inicial de la curva. El coeficiente se puede obtener directamente con una calculadora con funciones matemáticas, o simplemente tomando el cociente entre la diferencia entre dos medidas de tiempo y los correspondientes valores de peso. En la curva de ejemplo, se podría tomar la diferencia entre el valor inicial y el correspondiente al punto cercano a los 5 min<sup>1/2</sup>. Los valores son: 0,79 g/cm<sup>2</sup> y 5 min<sup>1/2</sup>. Haciendo el cociente de estos valores obtenemos:

$$\text{Coeficiente de absorción capilar} = 0,16 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$$

**Porosidad aparente de la muestra por inmersión total**

Luego de la última pesada, la probeta que ha llegado a su punto límite de absorción por capilaridad se sumerge totalmente en agua destilada y se deja por 24 horas. A las 24 horas, se saca, se le elimina cuidadosamente el exceso de agua mediante un papel absorbente y se vuelve a pesar.

La porosidad aparente se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Porosidad aparente \%} = (\text{Peso 24 h} - \text{Peso seco}) \times 100 / \text{Peso seco}$$

**Curva de secado**

Una vez pesada la muestra que se ha sacado luego de estar 24 horas sumergida en agua, se deja en la balanza por la primera media hora, para su secado. Periódicamente se toma nota de los pesos, y los tiempos a los cuales se hace la lectura deben determinarse experimentalmente.

Cuando la variación de peso disminuye, la muestra se puede sacar del plato de la balanza y colocarla en una bandeja. Se continúa tomando el peso de la muestra hasta que este llegue a su valor original o cerca de él.

Nuevamente se prepara una tabla (Tabla 2) para anotar los valores que se miden. La tabla debe indicar los siguientes valores:



**Tabla 2.** Tabla para tomar nota de los datos necesarios para graficar la curva de secado.

Hora real	Tiempo transcurr (h)	Peso muestra (g)	Peso agua (g)	Contenido agua (g/cm <sup>3</sup> )
0	0	Peso 24 h	P 24h-P seco	P agua/ 125
.....	.....	.....	.....	.....

La *hora real*, es la hora a la cual se realiza la medición. Por ejemplo, el tiempo “cero” corresponde al momento en que colocó la muestra en la cuba. El peso correspondiente es el peso de la muestra húmeda.

El *tiempo transcurrido* es la diferencia de tiempo desde el inicio del ensayo expresado en horas.

El *peso muestra* es el valor en gramos medido, correspondiente al tiempo en que se realizó la medición. Al tiempo “cero” corresponde el peso de la muestra saturada en agua luego de las 24 horas de inmersión, expresado en gramos.

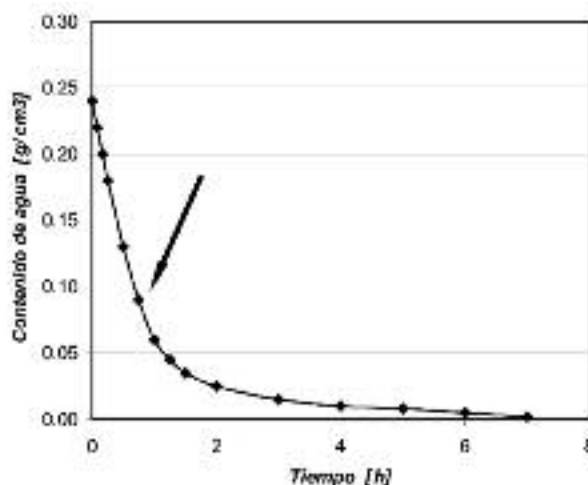
El *peso de agua* es la diferencia del peso de la muestra húmeda menos el de la muestra seca.

El *contenido de agua* es el peso de agua dividido por el volumen de la muestra que lo contiene. Se divide el peso de agua en gramos por el volumen, en este caso 125 cm<sup>3</sup>, y para expresarlo en kg/m<sup>3</sup> se lo multiplica por 1000, el factor que resulta de convertir las unidades.

Las medidas se deben espaciar de acuerdo a la velocidad de secado. Al iniciarse el secado conviene dejar la muestra directamente sobre la balanza y hacer lecturas a intervalos regulares, dependiendo de la rapidez con que cambia el peso. Si no es muy rápido, se toman medidas cada 5 minutos y luego cada 10 minutos, hasta que el peso se estabilice. Conviene ir graficando los datos a medida que se obtienen.

La forma general del gráfico es la que se muestra en la Figura 2:

**Figura 2.** Típica curva de secado. La flecha señala el punto de inflexión de la curva correspondiente al contenido crítico de agua del material bajo las condiciones de secado.



### Expresión de los resultados:

Del gráfico se puede obtener el punto de “*contenido crítico de agua*” que es un concepto importante, pues indica el valor por encima del cual se encuentra agua “líquida” dentro del material, lo que implica que puede haber transporte de sales solubles y eventual formación de eflorescencias. Por debajo de ese valor el agua



está como vapor o absorbida al material. El *contenido crítico de agua* se encuentra en el punto en el que la curva cambia de pendiente, y está indicado en el gráfico anterior con una flecha.

En ese ejemplo, el contenido crítico se encuentra entre los puntos 0,08 y 0,10 g/cm<sup>3</sup>, de modo que se puede estimar en 0,09 g/cm<sup>3</sup>.

### Ejemplo 1

Aplicación del protocolo a las variedades de asperón rojo y de la piedra itacurú.

### Materiales

La arenisca utilizada en las construcciones de las Misiones, el asperón rojo, aparece en varias gradaciones, desde la variedad más dura, cuarcita, a las más blandas, genéricamente llamadas ortocuarcita. Estas pueden ser masivas o tener más tendencia a deslaminarse, en cuyo caso se las llama “lajas”.

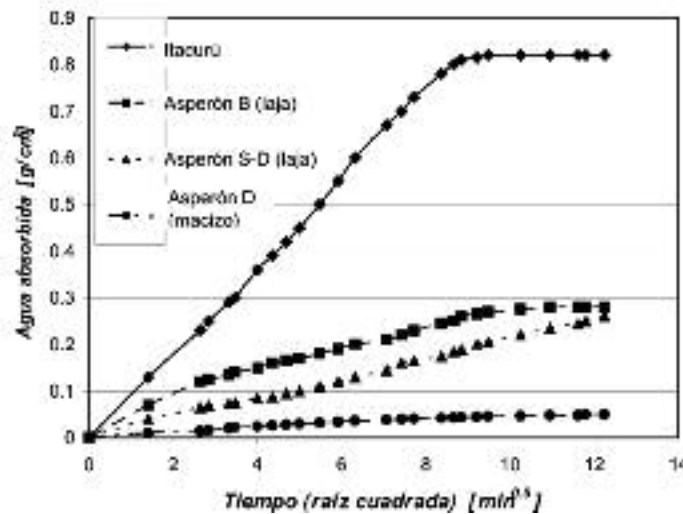
La otra piedra utilizada es la llamada itacurú, conteniendo un alto porcentaje de minerales de hierro.

Para el experimento se utilizaron muestras cortadas en cubo (4 x 4 x 4 cm) de tres tipos de asperón rojo (ortocuarcita) que fueron llamadas: dura, semi-dura y blanda, y una muestra de itacurú

### Curvas de absorción capilar

**Figura E1.** Curvas de absorción de muestras de piedras usadas en la Misión de San Ignacio Mini.

Los coeficientes de absorción capilar obtenidos de las curvas y la porosidad de las piedras obtenidas por inmersión total durante 24 horas, se presentan a continuación en la Tabla E1.

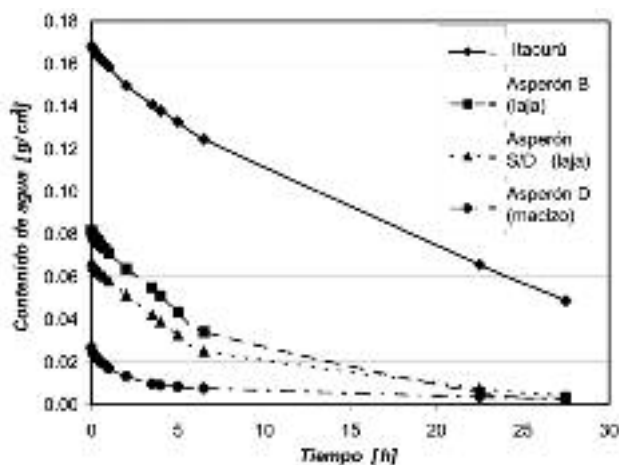


**Tabla E1.** Coeficiente de absorción capilar y porosidad para las distintas piedras.

Piedra	Coefficiente de absorción capilar (g/cm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Porosidad (%)
Asperón duro (macizo)	0,006	1
Asperón semi-duro (laja)	0,02	3,3
Asperón blanda (laja)	0,04	3,5
Itacurú	0,09	9

## Curvas de secado

Figura E2. Curvas de secado de las muestras de piedra de San Ignacio Mini.



El contenido crítico de agua se puede estimar de las curvas y los valores se presentan en la Tabla E2.

Tabla E2. Contenido crítico de agua estimado del gráfico.

Piedra	Contenido crítico de agua (g/cm³)
Asperón duro (macizo)	0,015
Asperón semi-duro (laja)	0,03
Asperón blando (laja)	0,04
Itacurú	0,15

## Ejemplo 2

Datos obtenidos de las curvas de absorción capilar de agua, de la inmersión total y de las curvas de secado de las formulaciones de mortero ensayadas.

Los morteros que fueron ensayados dieron los valores indicados en la siguiente Tabla, y sirven para ilustrar la importancia que tiene la correcta formulación de ellos.

Tabla E3. Valores obtenidos para los distintos morteros ensayados.

Mortero 1:3	Coef. abs. capilar (g/cm².min <sup>1/2</sup> )	Porosidad (%)	Cont. crit. agua (g/cm³)
Cal apagada: arena	0,162	13,7	0,22
Cal apagada: piedra molida	0,132	14,6	0,25
Cal apagada: tierra roja	0,131	27,1	0,35
Cal común: arena	0,173	11,2	0,23
Cal común: piedra molida	0,203	14,1	0,25
Cal común: tierra roja	0,134	23,8	0,33
Cemento: arena	0,047	6,1	0,10
Cemento: piedra molida	0,087	13,4	0,18
Cemento: tierra roja	0,238	23,2	0,36



## PL2 - DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE CARBONATOS Y DEL YESO EN EFLORESCENCIAS

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodología:

El ensayo se basa en la separación del residuo insoluble que pueda quedar al tratar de disolver la muestra con agua. La presencia de carbonatos se evidencia, tanto en la solución, como en el residuo separado por filtración, en la efervescencia que producen con un ácido, pues liberan anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ). La presencia de un residuo insoluble en agua que no libere burbujas puede indicar la presencia de yeso (sulfato de calcio dihidratado,  $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ ), y se puede confirmar, una vez disuelto, por su recristalización al calentar la muestra.

### Materiales a utilizar:

Agua destilada/desionizada;

Acido clorhídrico 1:1 (HCl 6 M) o ácido acético 7 M (en caso de emergencia puede utilizarse vinagre);

Hidróxido de sodio, solución diluida 8% p/v (NaOH 2 M);

Pipeta Pasteur o gotero;

Portaobjetos excavado / cartón negro o pequeño vidrio de reloj;

Micro-espátula;

Lupa;

Recipiente con tapa para el agua;

Tubos de hemólisis.

### Nota:

*El agua destilada o desionizada debe ser hervida previamente al ensayo al menos por 5 minutos, para eliminar todo el dióxido de carbono que pudiera estar disuelto. Luego se debe dejar enfriar en un recipiente lleno hasta el tope con esta agua y bien cerrado para evitar incorporación del  $\text{CO}_2$ .*

### Principio:

Los carbonatos pueden presentarse en eflorescencias tanto como sales solubles, tal el caso de los de sodio y potasio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) o como concreciones (a veces mezclada con la eflorescencia) de calcita (carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ ). Por lo tanto, cuando se toma la muestra y se trata de disolver, se debe prestar atención si es que queda un residuo insoluble. En ese caso, se separa el líquido con todo cuidado del sedimento insoluble y se pone en un tubo o en una placa de toque. Allí se adiciona al líquido unas gotas de ácido y con una lupa se observa si se desarrollan burbujas de anhídrido carbónico. Eso indicaría la presencia de carbonatos solubles, generalmente de sodio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , o de potasio,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

Si al residuo de la solución se le adiciona un álcali (hidróxido de sodio) y se calienta un poco, de haber iones amonio presentes se desprendería amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) que se identifica por su olor característico. La presencia de cationes amonio es en general debida a la presencia de microorganismos y está relacionada con la presencia de nitratos.



El residuo insoluble se trata con un ácido, si es necesario se calienta un poco y se observa si hay formación de burbujas. Esto confirmaría la presencia de un carbonato insoluble, siendo el más común el carbonato de calcio. De no haber eflorescencia, se procede a calentar la muestra hasta casi ebullición, luego se deja enfriar lentamente. La formación de unas finas agujas blancas confirma la presencia del yeso (sulfato de calcio dihidratado,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### Procedimiento:

Con la espátula se toma una pequeña muestra, y se la deposita en un tubo de ensayo que contiene agua destilada o desionizada, previamente hervida y enfriada en las condiciones antes descritas. Se trata de disolver la muestra agitando un poco el tubo con la espátula, pero sin producir burbujas en la agitación. Se separa un poco del líquido de la solución y se depositan unas gotas de éste en el vidrio de reloj o el portaobjetos excavado. Se le agregan un par de gotas del ácido clorhídrico (HCl 6 M) y se observa con la lupa la aparición de burbujas. Esta observación confirmaría la presencia de carbonatos solubles.

Si quedase en el tubo un resto insoluble, se lo separa de la solución que se pasa a un tubo de ensayo pequeño, mientras que el sólido se pasa a un vidrio de reloj.

La solución se trata con unas gotas de hidróxido de sodio 2 M (8% p/v) y se calienta levemente. El olor a amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) confirma la presencia de iones amonio.

Al residuo sólido se le agregan unas gotas del HCl 6 M y se observa con la lupa, el desprendimiento de burbujas de  $\text{CO}_2$ , como en el caso anterior, confirma la presencia de un carbonato insoluble, casi siempre carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

En caso de no reaccionar se disuelve la muestra insoluble, calentándola hasta casi ebullición, y luego se la enfría lentamente. Si, a medida que se va enfriando, se observa la aparición de cristales con forma de agujas, de tamaño considerable, se considera positiva la prueba de identificación de yeso (sulfato de calcio dihidrato,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### Nota:

*Es importante tener en cuenta que un resultado negativo no es indicativo de la ausencia del ión o del compuesto que se trataba de determinar, sino que su concentración está debajo del límite de detección del ensayo.*





## PL3 - DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE SULFATOS Y CLORUROS POR REACCIONES DE TOQUE

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodología:

El ensayo se realiza utilizando soluciones reactivas específicas, para detectar la presencia de aniones sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y cloruros ( $\text{Cl}^-$ ).

### Materiales a utilizar:

Tubos de ensayo de vidrio;

Agua destilada ou desionizada;

Bisturí;

Placa de toque o portaobjetos excavado;

Pipeta o jeringa (para medir pequeños volúmenes de agua);

Varilla de vidrio;

Vidrio de reloj;

*Reactivos para la determinación de sulfatos:*

- Solución de cloruro de bario 2 Molar ( $\text{BaCl}_2$  2 M) ó al 5% peso/vol;

- Solución de ácido clorhídrico 3 Molar ( $\text{HCl}$  3 M);

*Reactivos para la determinación de cloruros:*

- Solución de nitrato de plata 0,2 Molar ( $\text{AgNO}_3$  0,2 M);

- Solución de ácido nítrico 8 Molar ( $\text{HNO}_3$  8 M).

### Nota:

*La solución de nitrato de plata debe ser guardada en frasco color caramelo ya que se descompone a la luz. Las soluciones de ácido nítrico deben guardarse en un recipiente de vidrio bien cerrado y en condiciones ambientales adecuadas. Las de ácido clorhídrico deben ser guardadas en un recipiente apropiado para ácidos.*

### Principio:

Las sales más comunes en las eflorescencias son las formadas por los aniones cloruro, sulfato y nitrato. Cómo la presencia de nitratos no acarrea tantos problemas y dado que su identificación no es tan sencilla, sólo se identificarán los aniones cloruro y sulfato.

Tanto los sulfatos como los cloruros también pueden formar compuestos (sales) insolubles. Esta propiedad se aprovecha para su identificación, ya que estos aniones forman, en presencia de determinados cationes, unos precipitados de color blanco, insolubles y cuya aparición nos permite identificar la presencia de los mismos. Los sulfatos reaccionan con el catión bario ( $\text{Ba}^{++}$ ) para formar el sulfato de bario insoluble. Los cloruros reaccionan con el catión plata ( $\text{Ag}^+$ ) para formar el cloruro de plata insoluble.

Es por ello que al poner en contacto una solución acuosa de nuestra muestra problema con reactivos que contengan estos cationes específicos, podremos identificar la presencia de éstos, si observamos la aparición del precipitado blanco característico.



## Procedimiento:

La muestra a utilizar para el ensayo puede ser: la eflorescencia salina sobre un material, una muestra pulverizada del material (ya sea piedra o mortero), o la extracción acuosa de una compresa. La eflorescencia salina se obtiene por raspado de la superficie con un bisturí y recogiendo el polvo sobre un papel manteca o un vidrio de reloj.

Para un ensayo cualitativo, la muestra se echa en un tubo de ensayo y se disuelve directamente con un poco de agua destilada.

## Determinación de la presencia de Sulfatos:

En un tubo de ensayo pequeño se deposita la muestra a la que se le adicionan unas 5 a 8 gotas de agua destilada/desionizada para disolver la muestra. Una vez disuelta, se le agregan unas pocas gotas de ácido clorhídrico, HCl 3 M, asegurándose que la solución está acidificada mediante un papel de tornasol. Con un gotero o una pipeta Pasteur se toma una gota de esta solución y se la coloca en la cavidad de la placa de toque, adicionándole entonces dos gotas de la solución de cloruro de bario,  $\text{BaCl}_2$  2 M, y se espera unos minutos, para la aparición del precipitado. Se observa con la lupa. La presencia de un precipitado blanco o de una opalescencia o enturbiamiento blanco se considera como una reacción positiva para la identificación de sulfatos.

## Determinación de la presencia de Cloruros:

Una vez obtenida la muestra, se la deposita en un tubo de ensayo pequeño y se le adicionan aproximadamente de 5 a 8 gotas de agua desionizada o destilada para disolverla. Una vez disuelta, se le adicionan dos gotas de la solución de ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$  8 M, a fin de acidificar la solución.

Luego se toman con un gotero, una pipeta Pasteur o un tubo capilar, una gota de esta solución y se la deposita en la placa de toque. Entonces se le adiciona, también con gotero, una gota de la solución de nitrato de plata,  $\text{AgNO}_3$  0,2 Molar. Se observa con la lupa la formación del precipitado blanco característico.

## Observación:

Antes de realizar el ensayo se debe estar seguro que el agua a utilizar no contenga ninguna de las sales que se buscan. Para ello se debe realizar el mismo ensayo con las soluciones reactivas, sobre el agua destilada o desionizada a utilizar. Esto se denomina un ensayo en blanco.

Si el resultado fuera positivo para cualquiera de las sales, esa agua NO puede ser utilizada para realizar el ensayo sobre las muestras.

Como se usan soluciones reactivas específicas, y para asegurarse que los reactivos están en condiciones se debe hacer, previamente al ensayo con la muestra problema, una prueba con una solución que contenga el anión a investigar. Esto se llama un ensayo testigo y sirve también para comprobar el procedimiento utilizado.

## Nota:

*Es importante tener en cuenta que un resultado negativo no es indicativo de la ausencia del ión o del compuesto que se trataba de determinar, sino que su concentración está debajo del límite de detección del ensayo. La sensibilidad de los distintos ensayos es variable, y el más sensitivo es el ensayo para el anión sulfato, pues el sulfato de bario que se utiliza para su identificación es una de las sales más insolubles.*



## PL4 - DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE SULFATOS Y CLORUROS POR TIRAS REACTIVAS

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodología:

El ensayo se realiza utilizando tiras reactivas para detectar la presencia de aniones y sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y cloruros ( $\text{Cl}^-$ ).

### Materiales a utilizar:

Tiras reactivas (Merck) para determinación de cloruros;

Tiras reactivas (Merck) para la determinación de sulfatos;

Tubos de ensayo de vidrio;

Agua destilada/desionizada;

Bisturí;

Pipeta o jeringa (para medir pequeños volúmenes de agua);

Varilla de vidrio.

### Principio:

Las tiras reactivas están impregnadas con un reactivo que da un color (o cambia de color) en presencia de un ión específico. Dado que las sales más comunes son sales de los aniones cloruro, sulfato y nitrato, y que las reacciones más sencillas son las de identificación de cloruros y de sulfatos, y que la presencia de nitratos no acarrea tantos problemas, se identificarán solamente los cloruros y los sulfatos.

### Procedimiento:

La muestra a utilizar para el ensayo puede ser: la eflorescencia salina sobre un material, una muestra pulverizada del material (ya sea piedra o mortero), o la extracción acuosa de una compresa. La eflorescencia salina se obtiene por raspado de la superficie con un bisturí y recogiendo el polvo sobre un papel manteca o un vidrio de reloj.

Para un ensayo cualitativo, la muestra se echa en un tubo de ensayo y se disuelve directamente con un poco de agua destilada o desionizada. Una vez disuelta la muestra, se introduce una varilla de vidrio, se saca una gota de la solución y se coloca sobre la tira reactiva, siguiendo las instrucciones dadas en el tubo de las tiras. La presencia del ión en cuestión se revela por un cambio de color en los distintos cuadros reactivos que tiene la tira.

### Observación:

Antes de realizar el ensayo se debe estar seguro que el agua a utilizar no contenga ninguna de las sales que se buscan. Para ello se debe realizar el mismo ensayo con las tiras reactivas, sobre el agua destilada o desionizada puras.

Si el resultado fuera positivo para cualquiera de las sales, esa agua NO puede ser utilizada para realizar el ensayo sobre las muestras.



## Ensayo Semicuantitativo:

Para un ensayo semicuantitativo, la muestra debe ser pesada previamente y luego introducida en un volumen conocido de agua. En general, este sistema es aplicado cuando se tiene una muestra sólida (piedra o mortero) en la que se desea conocer aproximadamente la cantidad de sales presente. Antes de hacer un ensayo semicuantitativo es importante hacer el ensayo cualitativo.

La muestra se muele previamente y luego se pesan unos 3 gramos dentro de un vaso de precipitado. Se agregan 100 ml de agua y se agita periódicamente, durante unas 3 horas, mediante una varilla de vidrio. Se deja decantar la solución, se extrae una gota de la misma y se coloca sobre la tira reactiva. Se compara con el patrón del tubo y se obtiene la concentración de sal, expresada en cloruros o en cloruro de sodio en mg/l.

La concentración del ión o de la sal en la muestra sólida se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Conc.}_{\text{muestra}} [\text{mg/g}] = \text{Conc.}_{\text{solución}} [\text{mg/l}] / (\text{peso}_{\text{muestra}} [\text{g}] \times 1000 \text{ ml/l})$$

## Ejemplo:

Peso muestra	2,5 g
Volumen total de agua para disolver la muestra	100 ml
Concentración medida con la tira	200 mg/l NaCl

$$\text{Conc. NaCl} [\text{g/g}] = 200 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml} / (2.5 \text{ g} \times 1000 \text{ ml/l} \times 1000 \text{ mg/g}) = 0,008 \text{ g/g}$$

$$\text{Conc. NaCl} \% \text{ p/p} = 0,008 \text{ g/g} \times 100 = 0,8 \% \text{ p/p}$$



## Nota:

*Es importante tener en cuenta que la obtención de un resultado negativo no indica de la ausencia del ión o del compuesto que se trataba de determinar, sino que su concentración está debajo del límite de detección del ensayo.*

## PL5 - ANÁLISIS SIMPLIFICADO DE MORTEROS ANTIGUOS

Maria Isabel Kanan

### Metodología:

El ensayo se realiza disgregando una muestra de mortero en un mortero de porcelana de laboratorio, utilizando una mano de porcelana con puntera de goma. La muestra seca se pesa, y se disuelve en ácido clorhídrico en un vaso de precipitado de vidrio. Utilizándose un embudo con papel de filtro, apoyado en un recipiente de vidrio Erlenmeyer, se separa el residuo insoluble de la fracción soluble, cuidando dejar el agregado cuarzoso en el vaso de precipitado. El residuo insoluble fino (partículas menores que quedan en suspensión en el agua) quedará retenido en el filtro y la fracción soluble en el frasco Erlenmeyer. Son necesarios varios lavados para eliminar por completo el ácido clorhídrico del agregado y separar todos los finos. Posteriormente se pesa, con una balanza (sensibilidad 0,01g), la fracción insoluble. Esta corresponde a la arena del agregado y los finos retenidos en el filtro. Sustrayendo la fracción insoluble del peso inicial de la muestra se calcula el porcentaje del ligante en la muestra.

### Materiales a utilizar:

- Mortero de porcelana (diámetro aprox. 12 cm.);
- Mano de porcelana con punta forrada de goma;
- Balanza electrónica (Sens. 0,01 g);
- Estufa eléctrica para secado, 40° a 200°C;
- Papel filtro (diámetro aprox. 18 cm);
- Vaso de precipitado graduado (600 ml);
- Embudo de vidrio (diámetro 12,5 cm);
- Frasco Erlenmeyer (500 ml);
- Varilla de vidrio (con punta de goma);
- Agua destilada o desionizada;
- Piseta plástica con pico curvo para el agua destilada (aprox. 500ml);
- Acido Clorhídrico 14%v/v (HCl aprox. 1:1 o 6 M).

### Principio:

Los morteros antiguos están constituidos por un ligante, la cal fraguada, y por un agregado cuarzoso, en general, de arena. El ataque con ácido clorhídrico al mortero sirve para disolver la fracción ligante, reacción que es acompañada de efervescencia al descomponerse la cal fraguada (carbonato de calcio) liberando anhídrido carbónico, CO<sub>2</sub>. En solución quedan los iones Ca<sup>++</sup> (de la cal) y Cl<sup>-</sup> (del ácido). Dependiendo de la cal, puede haber también iones magnesio, y de haber compuestos hidráulicos, silicatos y aluminatos. Como fracción insoluble queda el inerte (agregado) del mortero.

El método simplificado determina cuantitativamente, tanto el agregado, representado por la fracción insoluble, como el ligante, obtenido por la diferencia de peso entre el inicial de la muestra de mortero y el de la fracción insoluble. El residuo insoluble se filtra para separar las partículas finas (partículas que quedan en suspensión en el agua) del agregado más grueso.

Si en la mezcla original del mortero se usaron agregados calcáreos, tales como conchas, piedras calizas molidas, etc.; el resultado obtenido no representa correctamente los tenores de ligante y agregado, pues el ataque



con ácido solubilizará también cualquier agregado calcáreo, y la fracción solubilizada será mayor de lo que corresponde. Consecuentemente, el residuo insoluble será, en general, mucho menor de lo que se observa para el caso de un mortero de agregado silíceo.

La muestra debe ser primeramente disgregada, seca en estufa (110°C), pesada y luego humedecida en agua pura (destilada o deionizada) para ser atacada por el ácido clorhídrico.

### Procedimiento:

Se deben recolectar por lo menos tres muestras para tener una determinación más precisa de la composición del mortero a analizar. Las muestras deben ser íntegras y representativas (aprox. 50 g c/u). Los procedimientos básicos para realizar el ensayo son:

Describir visualmente la argamasa con lupa (7 a 10 X), en ficha conteniendo datos de identificación del monumento histórico e informaciones sobre color, textura, dureza, inclusiones, etc., de la muestra;

Tomar una parte de la muestra para realizar el ensayo (aprox. 25 g);

Moler la argamasa en mortero de porcelana y mano con puntera de goma.

Secar en estufa por 24 horas (temperatura 110°C);

Pesar la muestra en balanza al 0,01g y pasarla a un vaso de precipitado graduado de vidrio (600 ml);

Pesar el filtro de papel en balanza (0,01g);

Humedecer la muestra con agua;

Atacar la muestra con la solución de ácido clorhídrico (HCl) hasta la disolución total (que no haya más efervescencia);

Filtrar las partículas en suspensión en filtro de papel;

Lavar el agregado grueso que queda en el fondo del vaso con agua, para eliminar totalmente los residuos del ácido y separar las partículas en suspensión;

Secar el agregado hasta eliminar totalmente la humedad (en el aire o a temperatura 105° +/- 5°C);

Secar el filtro con los residuos finos retenidos en éste;

Pesar los finos con el filtro de papel ( $W_4$ );

Pesar el agregado ( $W_5$ ).

### Expresión de los resultados:

Los resultados se expresan de la siguiente forma:

Peso original de la muestra	$W_1$	
Peso del vaso de precipitado	$W_2$	
Peso del papel de filtro	$W_3$	
Peso de los finos secos	$W_r = W_4 - W_3$	
Peso del agregado seco	$W_s = W_5 - W_2$	
% del agregado	$W_s \times 100/W_1$	
% de los finos	$W_r \times 100/W_1$	
% del ligante disuelto	$(W_1 - W_s - W_r) \times 100/W_1$	



## PL6 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO DE MORTEROS

Maria Isabel Kanan

### Metodología:

El análisis se realiza mediante un juego de tamices de distinta malla, para determinar los diferentes tamaños de las partículas del agregado y su distribución cuantitativa. Partiendo de una cantidad pesada de agregado (aprox. 20g de una muestra antigua ó 100g de una muestra de arena nueva), se pasa el material a través de los tamices de mallas de tamaños decrecientes. Tamizando manualmente o usando un vibrador mecánico con intensidad y duración determinada, se separan los diversos tamaños de agregado que quedan retenidos en los tamices. Se pesan las fracciones retenidas en los diferentes tamices y los resultados son representados gráficamente.

### Materiales a utilizar:

Juego de tamices ASTM con los siguientes tamaños de malla:

4.75 mm

2.36 mm

1.18 mm

0,600 mm

0,300 mm

0,150 mm

0,075 mm

Balanza (Sens. 0,01g);

Vidrio de reloj para pesar las fracciones,

Estufa.

### Principio:

El análisis granulométrico consiste en separar los granos de una muestra de agregado, según su tamaño, usando una serie de tamices de diferente malla. Separadas las partículas del agregado, de acuerdo a sus dimensiones, y pesando las distintas fracciones, se puede representar gráficamente, la curva granulométrica del agregado. Las fracciones son identificadas de acuerdo con una escala granulométrica. La escala de la ASTM (American Society for Testing and Materials) es una de las más usadas.

### Procedimiento:

Básicamente el ensayo consiste en:

Colocar los tamices en orden, el mayor en la parte superior, el menor en la parte inferior, seguido de un fondo para recoger las partículas más finas;

Colocar la muestra en el tamiz superior;



Vibrar el juego de tamices con movimientos fuertes y regulares, o usar un vibrador mecánico, hasta que todas las partículas hayan pasado por las aberturas de las mallas correspondientes y queden retenidas en las mallas de los tamices subsiguientes;

Recoger el contenido de arena de cada tamiz y pesarlo en la balanza al 0,01g;

Obtener el porcentaje de material correspondiente a la cantidad de material retenida en cada tamiz;

Calcular el porcentaje acumulativo en base a los porcentajes retenidos en cada tamiz;

Expresar el resultado gráficamente.

### Expresión de los resultados:

Peso de la muestra de agregado	W		
Peso de las cantidades retenidas en los tamices	Tamiz 1	$W_1$	
	Tamiz 2	$W_2$	
	Tamiz último	$W_u$	
	Residuo del fondo	$W_f$	
Porcentaje de las fracciones retenidas	$R_1 \% = W_1 \times 100 / W$		
	$R_2 \% = W_2 \times 100 / W$		
	$R_u \% = W_u \times 100 / W$		
	$R_f \% = W_f \times 100 / W$		
Porcentaje acumulativo de las fracciones que pasan	$P_1 \% = 100 - R_1 \%$		
	$P_2 \% = 100 - (R_1 \% + R_2 \%)$		
	$P_u \% = 100 - (R_1 \% + R_2 \% + \dots + R_u \%)$		
	$P_f \% = 100 - (R_1 \% + R_2 \% + \dots + R_u \% + R_f \%)$		



Trazar la curva granulométrica en una hoja milimetrada con escala semi-logarítmica: sobre el eje de las abscisas marcar el tamaño de las partículas del agregado en milímetros (correspondiente a la malla del tamiz sobre el que se encuentran) y sobre el eje de las ordenadas los porcentajes, en peso, del material que pasa (0 a 100%).

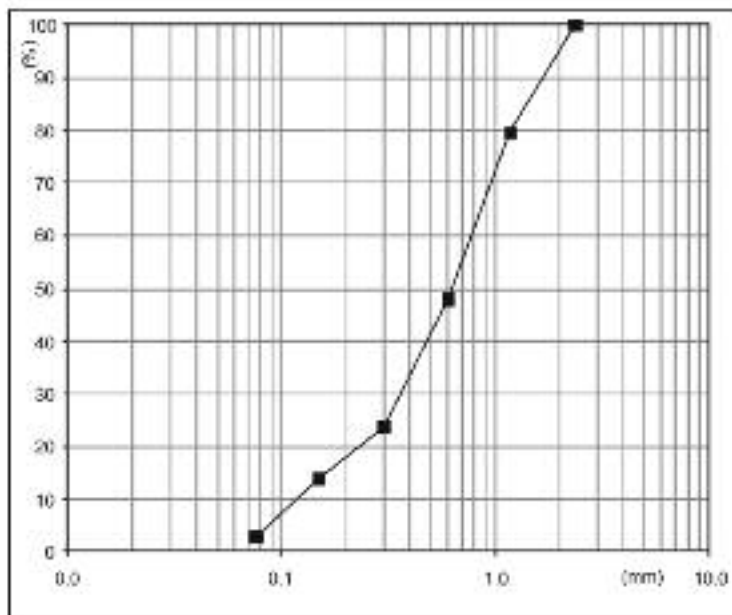


### Ejemplo de análisis granulométrico

Se trata de una arena de río lavada, de modo que no contiene partículas ni de limo de arcillas. Se denominan “limo” a las partículas de tamaño comprendidas entre 0,0625 y 0,004 mm, y se denominan “arcillas” todas las partículas de tamaño inferior a 0,004 mm.

Tamiz*	Malla (mm)	Residuo		Acumulativo	
		g	%	Pasado	Retenido
nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	0.0
nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
nº 16	1.180	140.4	20.6	79.4	20.6
nº 30	0.600	215.4	31.5	47.9	52.1
nº 50	0.300	164.5	24.1	23.8	76.2
nº 100	0.150	67.6	9.9	13.9	86.1
nº 200	0.075	75.5	11.1	2.8	97.2
Fondo		19.4	2.8	0.0	-
Totales		682.8	100.0	-	-

\*El número de tamiz corresponde a la denominación de la ASTM



(De: Rato, V. M. "Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas". Tesis Doctoral en Ingeniería Civil, Especialidad en Rehabilitación del Patrimonio Edificado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 2006).



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESAROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# ANEXOS

---

## PORTUGUÊS

Argentina . Brasil . Paraguay . Uruguay



2009

PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# *MANUAL BÁSICO DE CONSERVAÇÃO PARA AS MISSÕES JESUÍTICAS DOS GUARANI*

---

## *FICHAS DE LEVANTAMENTO*

Argentina . Brasil . Paraguai . Uruguai



2009



# F1. FICHA DE APOIO PARA O LEVANTAMENTO DIMENSIONAL E FOTOGRÁFICO

*Marcelo L. Magadán*

A ficha emprega-se para o registro de dados quantitativos e das características morfológicas de cada construção. O desenho permite graficar sinteticamente o contorno das elevações dos diversos paramentos, marcando uma série de pontos que se referem às alturas parciais do objeto.

No caso de San Ignacio Miní, as construções têm plantas retangulares, razão pela qual a ficha foi dividida em quatro setores gráficos, previstos para delinear o levantamento de cada paramento.

A ficha inclui os dados a seguir:

## 1. Identificação Geral

- Nome da obra: nome do projeto para o qual se registra a informação.
- Estrutura: denominação da construção a ser levantada.
- Grupo: refere-se à divisão operativa do sitio.
- Número de Ficha: numeração que indica a ordem em relação ao conjunto.

## 2. Dados quantitativos gerais

- Distância entre eixos verticais: refere-se ao módulo usado para materializar os eixos auxiliares verticais de referência, distância que se mantém para os quatro lados da estrutura.
- Distância eixo horizontal: refere-se à altura estabelecida desde o nível do terreno ao eixo auxiliar horizontal de referência, altura que se estabelece de forma arbitrária, a partir do extremo do muro de onde se inicia o levantamento.

## 3. Levantamento gráfico e características quantitativas do paramento

Este item se repete em cada paramento da estrutura.

- Orientação: marca a localização do paramento a ser levantado.
- Características quantitativas do paramento:

Extensão total (m): comprimento total medido entre os pontos extremos do paramento.

Distância da tomada fotográfica (m): distancia a partir da qual se fotografa. Determina-se medindo-se a distância entre o plano do paramento a ser levantado e o eixo paralelo horizontal materializado no terreno por um fio de nylon ou de algodão.

Altura da tomada fotográfica: altura a qual se coloca a câmara no momento da tomada. Deve ser sempre a mesma em relação o eixo horizontal de referência.

Espessura média do muro (m): obtém-se da divisão da somatória dos espessuras registradas ao longo do paramento pela totalidade dos pontos medidos.

- Levantamento gráfico: A ficha contém uma área onde se encontram graficados com linhas de projeção os eixos verticais e o eixo horizontal, que conformam o plano auxiliar de levantamento e permitem desenhar rapidamente o contorno do paramento a ser levantado. Em cada eixo vertical, se medem, acima e abaixo do eixo horizontal, as alturas parciais levantadas, as que se referem ao nível superior e do terreno, respectivamente.



#### **4. Dados gerais**

Identificação do sítio: nome completo do sítio (ex.: San Ignacio Mini).

Localidade, Estado: localização, segundo o nome atual do local.

Data do levantamento: seu registro permite avaliar a evolução da degradação ao longo do tempo.

Responsável: nome do responsável pelo levantamento.

Revisor: nome do responsável pela supervisão do trabalho.



## F2. FICHA DE LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO E DE ESTADO DE CONSERVAÇÃO

*Marcelo L. Magadán*

A ficha que se descreve a seguir foi utilizada durante o Levantamento Arquitetônico e de Estado de Conservação realizado nos meses de fevereiro e março de 2006 no antigo povoado jesuítico-guarani de San Ignacio Miní.

Foi desenhada com a finalidade de ser um instrumento que permitisse o registro sistemático da informação levantada e seu posterior estudo, classificação e comparação, facilitando o cumprimento do objetivo de elaborar um quadro de situação do objeto de estudo, permitindo, em primeiro lugar, a avaliação de seu estado e, a seguir, a proposição de soluções alternativas para sua conservação e gerenciamento.

A ficha baseia-se numa anterior definida pelo autor, em 1986, para ser empregada numa pesquisa sobre a problemática da conservação da arquitetura pré-hispânica da região do Noroeste na Argentina (Magadán 1988).

O objetivo desta ficha de levantamento é o de permitir uma coleta sistemática das informações básicas para a avaliação da situação de um sítio.

A ficha contém dados referentes a seis grandes títulos:

- 1) identificação geral do sítio,
- 2) análise arquitetônica das estruturas,
- 3) estado de conservação,
- 4) recomendações e prioridades de intervenção,
- 5) informação complementar.

### 1. Identificação Geral

- a. Estrutura: denominação definida para cada estrutura.
- b. Grupo: refere-se aos diferentes setores em que se divida o sítio, por razões operacionais ou por sua funcionalidade original.
- c. Sítio: nome completo do sítio em questão (ex.: San Ignacio Miní).
- d. N°. (Número do sítio): corresponde à nomenclatura geral de sítios que se defina para o conjunto das missões.
- e. Localidade, município e estado: dados gerais de localização geográfica do sítio em seu território.
- f. Localização: refere-se a planta ou croquis de conjunto, que mostrem a situação relativa da estrutura.
- g. Ficha N°. (Número da ficha): numeração relativa definida às fichas, que indica sua posição no conjunto total das empregadas para o registro de campo.

### 2. Análise arquitetônica

Na parte frontal da ficha se registram as características arquitetônicas das construções e dados complementares de interesse para a avaliação do estado de conservação.



Os dados são:

- a. Tipo de construção: refere-se a suas características gerais. Definiram-se determinados tipos básicos, a saber:
- b. Cômodo: espaço delimitado por paredes, que sobressaem do nível do piso interno.
- c. Plataforma: estrutura plana, elevada sobre o nível do terreno circundante, poderia estar delimitada por um muro de contenção ou talude que não supere a altura do piso superior da construção e deve tratar-se de um elemento cultural (construído ex- professo ou que, sendo natural, tenha tido um uso cultural).
- d. Muro/parede: estrutura formada por pedras ou outros materiais resistentes, superpostos intencionalmente e que podem estar ligados ou não por argamassa. Geralmente apresentam uma altura considerável em relação com sua espessura. Em geral, delimitam espaços. Dentro desta categoria se consideram também as paredes que aparecem de forma isolada, não aquelas que formam parte de estruturas mais complexas, por exemplo, de recintos ou plataformas.
- e. Amontoamento de materiais: qualquer acúmulo de materiais (pedras, terra, etc.) cuja forma não possa ser incluída nas categorias apresentadas anteriormente, mas que possuam claras conotações culturais.

Forma: refere-se à configuração em planta da estrutura em questão. Foram consideradas as seguintes:

Quadrangular

Retangular

Circular

Poligonal: composta por cinco ou mais lados retos

Irregular (ou mista): composta por lados retos e curvos alternados

Função: hipótese de uso realizada com base nas observações de campo ou nos dados disponíveis de investigações arqueológicas anteriores. Basicamente, foram considerados os seguintes casos:

Casa

Igreja

Praça

Cotiguaçu

Caminho

Escada

Capela

Cemitério

Tambo

Quinta

Muros: como se disse anteriormente, trata-se de estruturas formadas por pedras ou outros materiais resistentes, superpostos, que podem estar unidos ou não por argamassa de assentamento. Apresentam uma altura considerável em relação à sua espessura e servem para delimitar espaços.

Nº. (Número da unidade): refere-se à unidade interna a analisar sobre a totalidade de unidades internas que formam a estrutura (ex.: 1 de 4).

É preciso esclarecer que cada um dos itens detalhados a seguir são analisados em suas quatro faces. Por este motivo se diferenciam as orientações: Norte, Leste, Sul e Oeste.

Tipo: foram determinadas diversas categorias em função da possível existência de núcleo e suas características:





1. Simples: um núcleo único
2. Duplo sem preenchimento: dois núcleos verticais de alvenarias separadas que estão em contato entre si e que não contêm preenchimento.
3. Duplo com preenchimento: dois núcleos verticais de alvenarias separados entre si e que contêm um preenchimento de outro(s) material(ais): terra, cascalho, etc.
4. Adobe: levantado com alvenarias formadas por paralelepípedos retos retangulares constituídos por argila, barro, cascalho e areia, que pode ter algum agregado de materiais orgânicos, destinados a melhorar sua coesão e resistência.
5. Misto: executado com mais de uma das técnicas mencionadas.

Paramentos: faces externas das paredes. De acordo com sua disposição relativa foram classificados em:

1. Paralelos: ambos os planos se apresentam apurados e paralelos. Um corte vertical do muro se mostra como um retângulo.
2. Em talude: os paramentos tendem a convergir na parte superior do muro. O corte ou secção vertical tende a formar um trapézio.

Blocos: se denomina assim cada uma das peças que integram o núcleo dos muros. Podem ser de pedra ou adobe. Os blocos de pedra foram classificados de acordo com o tamanho, em: grande, médio e pequeno. Os parâmetros para a definição das diferentes categorias deverão ser definidos para cada caso. Esta informação deve ser anotada em cada registro para permitir eventuais comparações com outros sítios ou construções. Para facilitar, seria ideal padronizar os parâmetros a serem empregados para todos os sítios. O outro material que pode ser encontrado é o adobe. Neste caso, também deverão ser registradas as dimensões.

Reboco: revestimento dos paramentos das paredes, cuja função fundamental é protegê-las. Podem ser de terra (barro) e cal.

Elementos: se trata dos elementos arquitetônicos que podem apresentar-se formando parte das paredes. Por exemplo:

- a. Fundação
- b. Porta
- c. Soleira
- d. Umbral
- e. Verga
- f. Janela
- g. Nicho
- h. Degraus
- i. Ornamento

Dimensões (da parede em questão):

- a. Espessura: em metros
- b. Largura: em metros

Altura interna: em certas estruturas há diferenças de nível entre o exterior e o piso interior atual. Uma vez que a exterior surge do levantamento das paredes perimetrais externas, se registra aqui a altura interior. Da comparação entre ambas podem-se estabelecer as diferenças do caso.

Altura máxima registrada: altura hipotética do muro, de acordo com as observações que possam ser realizadas no local ou a partir de resultados de outro tipo de pesquisa (ex.: histórico-documental).



Expressas em metros.

Piso: foi feita uma diferenciação entre o atual e o original, já que é muito possível que não exista coincidência entre ambos, principalmente quando não se fez uma pesquisa arqueológica. Para que este dado seja útil, deve-se indicar também a sua inclinação relativa. No caso de um piso original, se registrarão as observações que possam ser realizadas em campo.

Material cultural na superfície: refere-se aos restos materiais de origem cultural que possam ser encontrados na superfície. Basicamente foram considerados os que habitualmente são encontrados nestes sítios estudados: cerâmica e madeira. Com relação à quantidade, foram propostas três categorias: escassa, regular e abundante. Será necessário esclarecer os limites de cada uma delas e, se possível, em especial quando se trate de quantidades pequenas, o número exato de fragmentos ou peças encontradas. Para que seja comparável, deve expressar-se por unidade de superfície (quantidade por m<sup>2</sup>).

### 3. Estado de conservação

Refere-se à situação em que foram encontradas as estruturas. Foram considerados os seguintes casos:

- a. Desaprumo: perda de verticalidade do elemento.
- b. Deslocamento: escorregamento de um elemento de seu lugar original.
- c. Desagregação: perda de coesão ou consistência.
- d. Desmoronamento: dispersão e queda de elementos, que podem implicar em falhas estruturais de importância.
- e. Entaipado: obstrução de um vão, realizada de forma intencional.
- f. Fissura: fenda pouco profunda, que não atravessa o elemento.
- g. Rachadura: fenda profunda, que atravessa o elemento de um lado a outro.
- h. Fratura: separação de parte do elemento, sem que se registre sua queda.
- i. Desprendimento: implica na separação de um elemento de seu suporte ou substrato de apoio. É frequente nos rebocos.
- j. Lavado: desprendimento e perda de material por ação do escoamento de água, em geral, da chuva. Pode ocorrer nos preenchimentos de paredes e nos pisos.
- k. Acúmulo de materiais: trata-se do depósito de materiais – tanto de origem natural como intencional – que pode afetar a estabilidade ou a leitura de uma estrutura.
- l. Poços: perfurações realizadas com algum objetivo (saque, reutilização de materiais, etc.). Implicam na destruição dos contextos arqueológicos e/ou alteração das estruturas.
- m. Afundamentos: perdas de nível nos pisos que abrangem áreas relativamente extensas.
- n. Lacunas: refere-se à ausência parcial ou total de um ou vários elementos constitutivos do objeto analisado.
- o. Vegetais: refere-se a plantas superiores (lenhosas, arbustivas, etc.) que possam alterar ou destruir parte de uma estrutura (ex.: pela ação de suas raízes), assim como interferir em sua leitura.
- p. Microorganismos: líquens, musgos e outros agentes de biodeterioração que podem aparecer aderidos às pedras ou a outros materiais.
- q. Insetos: os danos provocados pela ação de certos animais nas estruturas (ex. formigueiros, etc.).
- r. Destruição total: perda total de uma estrutura (por ex. telhado).
- s. Putrefação: degradação orgânica nos elementos de madeira, provocados pela decomposição da matéria.



No estado de conservação foram considerados, basicamente, os elementos mais freqüentes no tipo de estruturas a estudar, isto é: paredes, pisos e telhados. Incluiu-se um item referente à quantificação de materiais faltantes, expresso em volume (m<sup>3</sup>), que pode facilitar a avaliação dos trabalhos de integração e/ou reintegração.

#### 4. Recomendações de intervenção

Na ficha foram incluídos seis tipos de intervenções, ordenadas de acordo com o grau de complexidade. A intenção é que –na medida do possível– se deixem indicadas no mesmo momento da inspeção das construções. As intervenções são:

- a. Limpeza e retirada de vegetação: compreende a retirada de vegetais e outros materiais (lixo, etc.) que possam encontrar-se sobre as estruturas.
- b. Escoramento: indica a necessidade de colocar estruturas provisórias de reforço estrutural que ajudem a suportar a carga de uma estrutura ou parte dela, quando esta tenha perdido sua estabilidade ou resistência e se encontre em estado de desmoronamento.
- c. Consolidação: ações com objetivo de deter o processo de deterioração. Inclui a realização de reintegrações mínimas de material original desprendido ou caído, claramente identificável no lugar.
- d. Liberação: implica na retirada de todo tipo de material acumulado sobre as estruturas.
- e. Reintegração de paredes, pisos ou outros elementos: compreende a reconstituição das partes faltantes.
- f. Restauração sistemática: trata-se de uma intervenção de maior complexidade, que deve ser precedida por uma cuidadosa pesquisa histórica, arqueológica, arquitetônica, estrutural e científica e deve ser realizada de acordo com critérios e procedimentos específicos.

#### 5. Prioridades de intervenção

Mediante o emprego de círculos coloridos se estabelece a urgência de intervenção, em função do grau de deterioração que apresenta a estrutura analisada:

- a. Preto: a estrutura se encontra derrubada.
- b. Vermelho: o estado da mesma é crítico e a estrutura pode ruir em curto prazo.
- c. Laranja: o estado da mesma é preocupante e a queda é provável em médio prazo.
- d. Amarelo: a estrutura apresenta algum grau de risco, mas não requer intervenção imediata, mas um monitoramento periódico.
- e. Verde: apresenta bom estado de conservação, mas igualmente deverá ter monitoramento periódico.

#### 6. Informação complementar de apoio

A ficha é complementada com as seguintes informações:

Croquis: representação em esquema da estrutura analisada.

Observações: esclarecimentos sobre dificuldades no levantamento, proximidade de espécies arbóreas que coloquem em risco a estrutura, etc.

Amostras: lista das amostras retiradas, destinadas à sua análise em laboratório. Este material deve ficar claramente identificado.

Cobertura: descrição de dados relacionados ao fechamento superior de uma estrutura.

Estrutura: se descrevem os fatores de risco estrutural: rachaduras significativas, desaprumos, desmoronamento, vegetação invasiva, etc.



Desaprumo: registro das dimensões dos desaprumos mais significativos, que devem ser monitorados. No quadro se indica:

a orientação do muro a monitorar,

a data do registro,

a dimensão, em metros, esclarecendo a orientação do desaprumo da estrutura (ex.: 0.16m h/ Leste).

Fotografias: lista das fotos da estrutura ou de suas partes. É aconselhável anexar cópias de pequeno formato, uma breve descrição de seu conteúdo e os nomes e localização dos arquivos digitais, para facilitar sua recuperação.

Se poderá utilizar folhas complementares, com desenhos, fotos ou qualquer informação complementar que permita uma melhor compreensão da situação da estrutura. Estas folhas devem formar parte da ficha, como anexo, e ficarão igualmente identificadas, repetindo-se o número da ficha base ao qual se adicionará um subitem (ex.: 1/1 e 1/2).



### F3. FICHA PARA LEVANTAMENTO DE BLOCOS

*Marcelo L. Magadán*

Esta ficha tem como objetivo o levantamento e registro sistemático de blocos que são parte de uma estrutura ou que se encontram dispersos pelo sítio.

No primeiro caso aplica-se durante uma intervenção que exige a remoção provisória dos blocos e a posterior re-instalação e, portanto, a ficha contém dados de cada bloco além da sua relação com o conjunto do muro.

No caso de blocos dispersos, não se registra apenas a informação de cada bloco, mas também, a partir dos dados registrados, se podem estabelecer vinculações entre estruturas.

Em ambos os casos, a ficha demonstrou sua flexibilidade e adaptação às necessidades particulares de cada projeto, uma característica muito valiosa para qualquer sistema de registro.

A ficha contém os seguintes dados:

#### 1. Descrição geral

- a. Identificação do sítio: nome completo do sítio
- b. Nome da obra: nome completo da intervenção e/ou projeto para a qual se realiza o levantamento.
- c. Número de Ficha: numeração da ficha, que indica sua correlação com as demais que integram o conjunto.

#### 2. Localização do bloco

A informação se completa quando os blocos formam parte de um muro.

- a. Paramento (orientação): orientação da face externa do muro do qual faz parte o bloco.
- b. Fiada: número e nível da fiada na qual se encontra o bloco.
  - I. Número: a numeração será assinalada de forma contínua, de baixo para cima (ou ao contrário), mas usando sempre um mesmo critério.
  - II. Nível: altura, medida em metros (m), tomando como referência um nível inferior fixo.
- c. Número do bloco: a numeração de cada bloco será realizada da esquerda para a direita, de forma contínua. Tal registro será feito diretamente no bloco, para identificá-lo.

#### 3. Características quantitativas do bloco

Esta informação é de suma utilidade, tanto para permitir a recolocação do bloco no muro, em caso de anastilose, como para estabelecer a correlação entre elementos dispersos.

- a. Largura (m)
- b. Altura (m)
- c. Profundidade (m)
- d. Volume (m<sup>3</sup>)
- e. Peso (kg): peso aproximado se obtém estimando o volume do bloco e multiplicando pelo peso específico do material do bloco.
- f. Superfície de apoio (m<sup>2</sup>)



#### **4. Estado de conservação**

A ficha contém uma área quadriculada, que permite desenhar em escala e de forma rápida as faces mais representativas do bloco. Sobre estas se regista o estado de conservação.

#### **5. Observações**

Neste campo podem-se anotar todos os dados ou referências complementares para o registo (ex.: no caso do levantamento de blocos dispersos, neste campo se colocou o número das fichas dos diferentes blocos que podiam estar associados).

#### **6. Dados gerais**

- a. Data do levantamento: registrá-la permite analisar a evolução da degradação através do tempo.
- b. Responsável: nome do responsável pelo levantamento.
- c. Controlou: nome do responsável pela supervisão da tarefa.



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

# *MANUAL BÁSICO DE CONSERVAÇÃO PARA AS MISSÕES JESUÍTICAS DOS GUARANI*

---

## *PROCEDIMENTOS DE CAMPO*

Argentina . Brasil . Paraguai . Uruguai



2009





## PC1 - DETERMINAÇÃO IN SITU DA ABSORÇÃO CAPILAR DA ÁGUA

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodologia:

O teste realiza-se utilizando cachimbos graduados (cachimbos de água ou tubos RILEM), que se fixam ao material a ser experimentado por meio de um material adesivo (massa de modelar, silicone, etc.) e que logo se enchem de água até um nível determinado. Por meio de um cronômetro, mede-se o tempo que leva o material citado em absorver certo volume de água.

### Materiais a utilizar:

Cachimbos graduados (tubos RILEM);

Adesivo para fixação dos cachimbos;

Cronômetro;

Água.

### Nota:

*Deve-se assegurar que a superfície sobre a qual se colocam os tubos seja plana, encontre-se limpa e sem poeira.*

*Os resultados poderão ser alterados se o ambiente estiver muito úmido ou com chuva. Nesse caso é conveniente esperar no mínimo um dia.*

### Princípio:

A velocidade de absorção da água depende da porosidade do material: quanto maior a porosidade, maior a velocidade de absorção. O resultado obtido é somente um indicativo e serve para comparar dois ou mais materiais entre si. Na medida do possível, as comparações devem ser realizadas no mesmo dia, uma vez que as condições climáticas influenciam a velocidade de absorção.

Considerando a variação de porosidade que pode apresentar um material é importante que se realizem, ao menos, três medições em cada um deles.

### Procedimento:

Deve-se escolher um ou mais lugares nos quais se vai medir a velocidade de absorção de água. A superfície deve ser a mais plana o possível, deve estar limpa e não apresentar desagregação superficial. O cachimbo se fixa com o adesivo, assegurando-se que esteja firme. Quando se coloque a água, deve-se cuidar que esta não saia pela junta. Preenche-se o tubo completamente até o nível superior (0 ml). A partir desse momento, se começa a medir o tempo com o cronômetro.

Quando se quiser medir a velocidade de absorção controla-se o tempo que a água leva em baixar até o nível correspondente ao volume desejado (máximo 5 ml) e registra-se o tempo transcorrido.

Se o objetivo for medir o volume absorvido entre os 5 e os 10 minutos, deve-se registrar o volume absorvido aos 5 minutos e novamente aos 10 minutos. O motivo para utilizar este sistema é que a absorção inicial dos materiais pouco porosos é lenta e, portanto, não se deve considerar o volume absorvido nos primeiros 5 minutos.



### Expressão dos resultados:

Podem se expressar de duas maneiras:

1. Medindo o tempo para a absorção de um volume definido de água.
2. Se os materiais são pouco absorventes (ou se foram tratados com um hidro-repelente) pode-se medir o volume absorvido aos 5 minutos e o volume absorvido aos 10 minutos. Neste caso se expressa somente o volume de água absorvido entre estas duas medidas.

A Tabela a seguir serve como exemplo para apresentar as leituras e a maneira de expressar os resultados nos dois procedimentos:

Método 1	Leitura volume	Leitura tempo	Tempo [min]	Expressão do resultado
Velocidade de absorção	4,5 ml	8 minutos e 10 segundos	8,16 min	0,55 ml/min
Condições atmosféricas: temperatura e umidade relativa, vento, etc.				
Método 2	Leitura volume a 5 minutos	Leitura volume a 10 minutos	Volume absorvido	Expressão do resultado
Volume absorvido entre 5 e 10 minutos	1,3 ml	4,7 ml	3,4 ml	3,4 ml entre 5-10 min.
Condições atmosféricas: temperatura e umidade relativa, vento, etc.				



## PC2 - EXTRAÇÃO DE SAIS SOLÚVEIS

A. Elena Charola y Marcela L. Cedrola

### Metodologia:

O ensaio consiste na utilização de compressas embebidas em água para a extração de sais solúveis do interior do material.

### Materiais a utilizar:

Água destilada ou deionizada ou, em caso de emergência, água da torneira;

Polpa de celulose/ sepiolita/ algodão/ outros;

Frasco de vidro/Vasilha plástica.

### Nota:

*O material usado como suporte deve ser de boa qualidade e estar limpo. Especialmente, não deve conter sais solúveis. No caso de se utilizar um sólido pulverulento, tal como argilas do tipo sepiolita ou atapulgita, estas devem estar fina e uniformemente peneiradas. Outros materiais que podem ser utilizados são a sílica micronizada, as terras diatomáceas ou diatomitas e pó de pedra-pomes.*

### Princípio:

A função do suporte inerte que forma a compressa é prolongar a ação do solvente, mantendo-o em contato com a superfície da matéria, de maneira a permitir a difusão do solvente dentro do substrato, dissolver os sais presentes e, finalmente, absorver a própria solução na compressa, onde os mesmos ficarão retidos. Ao retirar a compressa, serão removidos com ela todos os sais que ali se fixaram.

### Procedimento:

Em primeiro lugar, deve-se preparar a compressa a ser utilizada, embebendo a polpa de celulose em água destilada ou deionizada em um frasco de vidro ou em uma vasilha plástica, à qual se acrescentará uma quantidade suficiente de água. Depois, com as mãos protegidas por luvas deve-se escorrer o excedente da água e formar a pasta de celulose com a qual se fará a compressa. Para isto, se apertará a pasta de celulose e água contra a superfície do substrato da qual se extrairão os sais, formando uma superfície contínua e de espessura homogênea. Se for necessário, se cobrirá a compressa com uma película de polietileno, a fim de prolongar sua ação, pela diminuição da velocidade de secagem da mesma. Quando a compressa estiver seca, esta deve ser removida e com ela, os sais extraídos. É conveniente verificar a presença de sais na compressa, se possível de maneira semi-quantitativa, para avaliar a eficiência do tratamento.

### Observação:

É fundamental identificar os sais solúveis, ou seus principais ânions, antes de fazer sua extração. Desta maneira, se pode controlar a eficácia das compressas. Em geral, a primeira compressa é a mais eficiente e a segunda menos (pois existem menos sais a serem extraídos). Portanto, em geral, não convém aplicar mais de duas compressas sucessivas.



## PC3 - ELIMINAÇÃO DE PELÍCULAS SUPERFICIAIS DE RESINAS ACRÍLICAS

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodologia:

O procedimento consiste na utilização de compressas embebidas em soluções de solventes orgânicos específicos para o amolecimento e a remoção de películas superficiais de resinas acrílicas (filmes), tais como o Paraloid B72 ou similares.

### Materiais a utilizar:

Solução de acetona e álcool etílico 1+1 (50% de cada);

Suporte inerte: polpa de celulose; sepiolita; algodão; etc.;

Luvas de borracha ou de nitrilo resistentes aos solventes orgânicos;

Frasco de vidro/vasilha plástica;

Máscara protetora com filtros absorventes de vapores orgânicos.

### Nota:

*Pode-se utilizar tolueno ou xileno, puros, como solventes nas compressas para remoção de camadas de resina uma vez que também dissolvem o Paraloid B-72. Estes solventes são cancerígenos, de modo que devem ser manipulados com muito cuidado.*

*O material usado como suporte deve ser de boa qualidade e estar limpo. No caso de se utilizar um sólido pulverulento, tal como argilas do tipo sepiolita ou atapulgita, estas devem estar finamente peneiradas para retirar os grumos. Outros materiais que podem ser utilizados são sílica micronizada, terra diatomácea ou diatomita e pó de pedra-pomes.*

### Princípio

A função do suporte inerte que forma a compressa é prolongar a ação do solvente, mantendo-o em contato com o depósito a ser eliminado da superfície sobre a qual se aplica a compressa. A espessura da compressa e sua capacidade absorvente influenciam na variação do tempo de ação dos solventes, permitindo escolher o suporte inerte mais adequado para cada caso em particular. Para prolongar esta ação, muitas vezes as compressas são cobertas com uma película plástica como, por exemplo, o polietileno, de modo a reduzir a velocidade de secagem. Isto é fundamental, principalmente quando se usam solventes orgânicos voláteis como a acetona e o álcool.

### Procedimento:

Em primeiro lugar, deve-se preparar a compressa a utilizar, embebendo-a com a solução de acetona/etanol. Para tanto, coloca-se a polpa de celulose num frasco ou vasilha plástica e se acrescentam alguns mililitros da mistura de solventes, de maneira a que a polpa fique completamente molhada. Depois, com as mãos protegidas por luvas impermeáveis e resistentes aos solventes, se toma a polpa, escorrendo o excedente líquido (apertando manualmente), de modo a formar uma pasta que será colocada sobre a superfície a ser limpa,



comprimindo-a, contra a mesma e formando uma compressa de espessura homogênea. O tamanho da compressa depende da superfície do depósito a ser eliminado. Se este for muito grande, é conveniente que seja feito por partes, usando compressas de cerca de 20 x 20 cm, no máximo. Após a aplicação, cobre-se a compressa com uma película plástica, como o polietileno.

O tempo que se deve deixar a compressa atuar vai depender do depósito a ser eliminado. Convém controlar uma extremidade a cada quinze minutos, para verificar sua ação. Em muitos casos, quando a mistura de solventes já está agindo, a superfície adquire uma tonalidade branquicenta ou fica opaca. Neste momento, e antes que seque completamente, deve-se remover a compressa. Pode-se completar a limpeza com um coto-nete embebido na mistura de solventes aplicado às zonas onde ainda permanecem películas amolecidas, a fim de removê-las completamente.

Isto pode acontecer, uma vez que a resina acrílica possui uma estrutura molecular muito grande, e o processo de dissolução pode não se completar, mas somente inchar ao interagir com o solvente e “amolecer”. Neste caso é mais fácil remover o restante da película manualmente, pois existe o risco de que a película ao secar pela evaporação do solvente volte a aderir no suporte sem que tenha se transferido para a compressa, não se atingindo o objetivo de sua eliminação. No caso da eliminação da resina não se completar -o que se nota pelo aspecto brilhante que permanece em algumas zonas- convém aplicar uma nova compressa para concluir sua remoção.

### **Recomendações:**

Quando se manipulam produtos químicos devem ser tomadas todas as precauções para a proteção corporal, a fim de evitar qualquer contato com os produtos, já que estes sempre são nocivos, em maior ou menor grau. Em alguns casos, podem causar irritações na pele, olhos e vias respiratórias. Em outros, podem causar intoxicações mais graves, tanto agudas como crônicas. Reitera-se que os produtos entram no organismo pelo contato com a pele, olhos e pelas vias respiratórias.



## PC4 - LIMPEZA DE DEPÓSITOS FINOS DE COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodologia:

O procedimento consiste na utilização de compressas embebidas em soluções aquosas de reagentes específicos, para o amolecimento e a remoção de camadas superficiais de sujidades ou pátinas de origem biológica.

### Materiais a utilizar:

Solução de carbonato de amônia  $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$  a 20%;

Suporte: polpa de celulose; sepiolita; algodão; outros;

Luvas de borracha/cirúrgicas;

Frasco de vidro/vasilha plástica.

### Nota:

*O material usado como suporte deve ser de boa qualidade, estar limpo e NÃO deve conter sais solúveis. No caso de se utilizar um sólido pulverulento, tal como argilas do tipo sepiolita ou atapulgita, estas devem estar fina e uniformemente peneiradas. Outros materiais que podem ser utilizados são a sílica micronizada, terra diatomácea ou diatomita e pó de pedra-pomes.*

### Princípio:

A função do suporte inerte que forma a compressa é de prolongar a ação do reagente, mantendo-o em contacto com o depósito a ser eliminado da superfície sobre a qual se aplica a compressa. Sua espessura e sua capacidade absorvente influenciam na variação do tempo de ação do reagente, permitindo escolher o suporte inerte mais adequado em cada caso. Para prolongar esta ação, as compressas podem ser cobertas com uma película plástica, por exemplo, de polietileno, a fim de reduzir sua velocidade de secagem.

### Procedimento:

Em primeiro lugar, deve-se preparar a compressa a utilizar, embebendo-a na solução de bicarbonato de amônia. Para tanto, coloca-se a polpa de celulose no frasco ou na vasilha plástica e se agregam alguns mililitros da solução aquosa, de maneira tal que a polpa fique completamente molhada. Após, com as mãos protegidas por luvas impermeáveis, retira-se a polpa de celulose, escorrendo o excedente de líquido (apertando-a no interior da mão), e, ao mesmo tempo, formando uma pasta que vai ser colocada na superfície a limpar, comprimindo-a contra a mesma e formando, assim, uma compressa de espessura homogênea. O tamanho da compressa depende da superfície do depósito a ser eliminado. Se este for muito grande, é conveniente fazer por partes, usando compressas de cerca de 20 x 20 cm ao máximo. Após a aplicação, cobre-se a compressa com uma película de polietileno.

O tempo que se deve deixar agir a compressa vai depender do depósito a ser eliminado. Convém controlar uma extremidade a cada meia hora para verificar sua ação. Em muitos casos, pode ser conveniente manter a compressa até que fique completamente seca.



No caso de que a limpeza não tenha sido completa, pode-se tentar uma segunda aplicação para conseguir melhores resultados.

### **Recomendações:**

Quando se manipulam produtos químicos, devem ser tomadas todas as precauções para a proteção corporal, a fim de evitar qualquer contato com os produtos, uma vez que estes sempre são nocivos, em maior ou menor grau. Em alguns casos, podem causar irritações na pele, olhos e vias respiratórias. Em outros, podem causar intoxicações mais graves, tanto agudas como crônicas. Reitera-se que os produtos entram no organismo pelo contato com a pele, olhos e pelas vias respiratórias.



## PC5 - CONTROLE DE ERVAS E ELIMINAÇÃO DE PLANTAS SUPERIORES

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodologia:

O procedimento consiste na eliminação por métodos mecânicos, químicos ou de ambos, de ervas de pequeno ou médio porte, de arbustos e/ou árvores, a fim de impedir que estas se desenvolvam e provoquem maiores danos.

### Materiais a utilizar:

Espátulas metálicas, bisturis;

Tesouras de podar (de uma e duas mãos);

Serrote de podar, moto-serra portátil;

Aparador de grama (de fio);

Furadeira elétrica ou manual;

Luvas de raspa de couro;

Roupas de proteção com mangas e calças compridas;

Luvas de nitrilo ou semelhantes, resistentes a produtos químicos;

Óculos de proteção;

Máscaras;

Seringas e agulhas descartáveis – grossas;

Biocida (Cloro de benzalcônio em solução a 10-15% por volume).

### Princípio:

O crescimento de pequenas ervas, plantas, arbustos e inclusive árvores, por se permitir o seu desenvolvimento, podem atingir grandes dimensões e provocar a deterioração de estruturas se estiverem próximas ou diretamente sobre elas. A deterioração se deve às tensões mecânicas que suas raízes provocam, assim como a invasão parcial ou total de seus ramos e troncos. Para evitar que isso venha a ocorrer, recomenda-se a eliminação das mesmas, assim que for detectada sua presença, por meio de métodos mecânicos ou químicos. É evidente que é mais fácil eliminar espécimes pequenos que os grandes, o que confirma que uma rotina de controle e limpeza periódica da vegetação é fundamental para a manutenção destes sítios.

### Procedimento:

A retirada mecânica de raízes e talos por meio manual de “força e puxão” é desaconselhada em todos os casos, já que, assim, se pode arrastar materiais tais como argamassas, cunhas e porções de blocos das paredes que se deseja conservar e até provocar desmoronamentos consideráveis.

Dependendo do tamanho do exemplar a erradicar e da forma com que este se localize na estrutura, proceder-se-á de diferentes maneiras. Se o exemplar é pequeno, de pouco desenvolvimento, está na superfície e suas raízes não penetraram na argamassa ou entre os blocos, se poderá eliminá-lo de forma mecânica, desprendendo-o da superfície sobre a qual está apoiado utilizando uma espátula ou simplesmente com as mãos,



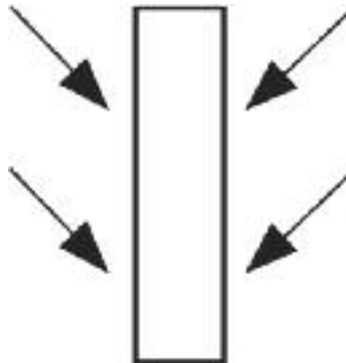


convenientemente protegidas por luvas de raspa de couro ou lona, dependendo da resistência que a vegetação apresente nesta operação.

Caso o exemplar seja maior, tenha ramos e raízes que invadam o substrato ou estejam infiltrados na argamassa e blocos de pedra, deve-se proceder, em primeiro lugar, ao corte cuidadoso com tesouras de podar ou serrotes, de acordo com a espessura das partes emergentes. As partes que ficam dentro da estrutura não devem ser retiradas mecanicamente, mas se deve injetar biocidas, a fim de matar o exemplar em pouco tempo, assegurando-se que este não siga se desenvolvendo. O resto do tronco e/ou da raiz que ficar dentro da estrutura deverá contrair seu volume ao secar, permitindo eventualmente que possa ser desprendido com facilidade. A ação combinada de corte de ramos e troncos com a injeção de biocidas nas zonas que estão penetrando na propriedade é o melhor método para eliminar este tipo de colonização evitando que os remanescentes da planta voltem a brotar.

Para facilitar a injeção do biocida nos talos e raízes grossas é conveniente fazer vários furos em ambos os lados dos mesmos com uma furadeira elétrica ou com uma pua manual, para injetar o biocida nos orifícios. O número de furos a ser feito será proporcional ao diâmetro do tronco ou raiz a injetar.

Esquema de pontos de perfuração para a injeção de biocida em um tronco ou raiz:



### Nota:

*O presente procedimento só se refere à parte de controle de vegetação que pode alcançar grandes dimensões, mas não detalha a manutenção normal do sítio como aparar a grama e evitar que esta invada os pisos de cerâmica ou as bases das estruturas.*

### Normativas:

A seguir, são dadas algumas instruções sobre a manutenção regular.

1. Recomenda-se cuidado no uso de cortadores de grama, com ou sem trator, para evitar todo contato da máquina com as estruturas ou restos das estruturas que possam estar em áreas abertas com grama ou pasto.
2. Para o controle das ervas próximas às paredes, recomenda-se o uso cuidadoso de aparadores de grama (de fio), tendo cuidado de não bater nas bases de pedra das estruturas.
3. Em alguns sítios às vezes são utilizados herbicidas, tais como o Roundup (Monsanto) ou o Tordon (Dow e outros).
4. Quando forem utilizados estes produtos, recomenda-se o uso de equipamentos de proteção corporal adequados, como os indicados previamente, incluindo também uma máscara de gás com filtro de carbono.



5. Como a aplicação destes herbicidas deve ser feita de forma localizada, recomenda-se consultar técnicos locais a respeito de como melhorar a sua aplicação, a fim de otimizar a eficiência e diminuir a quantidade de herbicida a ser utilizado.

6. Deve-se ficar atento a qualquer sintoma, dor de cabeça, tonturas, vômitos ou irritação ocular, cutânea ou respiratória logo após a manipulação destes produtos.

7. Deve-se considerar que existem outros herbicidas, como por exemplo, os que são formulados à base de tiouréias (sulfoniluréias), que atuam sobre o metabolismo vegetal sem maiores efeitos sobre os animais ou seres humanos.

### **Resenha destes herbicidas:**

#### **Roundup:**

O princípio ativo é um glifosato, um herbicida total de amplo espectro que é absorvido pelas folhas, e não pelas raízes. Está classificado como “extremamente tóxico”, embora ainda se discuta se o glifosato é cancerígeno ou não para humanos. A toxicidade é maior em casos de exposição dérmica e inalatória (exposição ocupacional) que em casos de ingestão.

O Roundup se formula com um surfactante (polioxietileno-amina - POEA) que, ao dissolver azeites e gorduras, facilita a penetração do princípio ativo. É importante considerar que o POEA vem normalmente contaminado com o 1-4 dioxano, que causa câncer em animais e dano hepático e renal nos humanos. Além do mais, a presença do surfactante facilitará a absorção do glifosato por exposição dérmica, aumentando sua toxicidade de 3 a 5 vezes, pelo que se deve ter muito cuidado e utilizar proteção adequada quando se manipula ou utiliza este herbicida.

#### **Tordon:**

O princípio ativo é o 2,4,5 T (amino sal do ácido tricloro fenoxiacético) e também pode estar contaminado com dioxina. Este herbicida foi utilizado em combinação com o 2,4 D (ácido diclorofenoxiacético) para constituir o famoso “agente laranja”, utilizado na guerra do Vietname. Sua toxicidade para humanos se atribui fundamentalmente à contaminação com dioxano, que causa problemas de pele e se considera que o princípio ativo pode contribuir para o câncer de fígado, assim como induzir a problemas degenerativos.

#### **Recomendações:**

Quando se manipulam produtos químicos, devem ser tomadas todas as precauções para a proteção corporal, a fim de evitar qualquer contato com os produtos, uma vez que estes sempre são nocivos, em maior ou menor grau. Em alguns casos, podem causar irritações na pele, olhos e vias respiratórias. Em outros, podem causar intoxicações mais graves, tanto agudas como crônicas. Reitera-se que os produtos entram no organismo pelo contato com a pele, pelos olhos e pelas vias respiratórias.

Devem ser usadas roupas protetoras com mangas e calças compridas, calçados que cubram inteiramente os pés para evitar contato com produtos que possam respingar, luvas de nitrilo nas mãos, óculos protetores para os olhos e máscaras de gás com filtros adequados aos solventes em uso, devidamente ajustadas para uma eficiente proteção da zona bucal.

Esta proteção deve ser usada desde o momento da preparação do produto para seu uso, durante a aplicação - seja por pincel ou por injeção, até que terminada a operação, se guardem os materiais e as ferramentas utilizadas, adequadamente limpas. Finalmente, após retirar o equipamento de proteção, recomenda-se lavar as mãos e o rosto com água e sabão. O equipamento de proteção só deve ser utilizado para estas operações e deve ser lavado separadamente.



## PC6 - CONSOLIDAÇÃO DE PISOS CERÂMICOS

*M. Matilde Villegas Jaramillo*

### **Metodologia:**

A consolidação de pisos cerâmicos deve seguir as seguintes etapas:

Limpeza;

Documentação gráfica e fotográfica;

Preparação da área a consolidar;

Preparação da água de cal;

Consolidação com água de cal;

Monitoramento e controle regular.

### **Materiais a utilizar:**

Vassoura de cerdas plásticas macias;

Pá, de preferência de madeira ou de plástico;

Escova de mão de cerdas macias ou filamentos plásticos macios;

Balde plástico com tampa;

Recipiente com tampa;

Pincel de cerdas macias;

Borrifador manual.

### **Princípio:**

A consolidação de pisos cerâmicos das Missões Jesuíticas dos Guarani se baseia no fato que estes materiais foram calcinados a temperaturas relativamente baixas. Portanto, as argilas estão “ativadas” para reagir com a água de cal (a chamada reação pozolânica), onde se formam compostos hidráulicos que, em consequência, se hidratam com a água, consolidando a cerâmica.

### **Procedimento:**

#### **Limpeza**

Retirar, desde a raiz, a vegetação inferior, tal como os pastos, musgos, etc.;

Cortar a vegetação superior, como plantas arbustivas, sem retirar a raiz;

Retirar os depósitos e sujidades superficiais com vassoura de cerdas plásticas macias e pá, de preferência de plástico;

Retirar resíduos e/ou excrementos com água e escova de cerdas finas e suaves.

#### **Nota:**

*A limpeza não necessita ser muito profunda, pois é fundamental não danificar a frágil superfície das cerâmicas.*



### **Documentação gráfica e fotográfica**

Deve-se realizar uma documentação completa de todas as cerâmicas do piso a tratar;

Documentar fotograficamente todas as peças, a fim de poder avaliar o resultado do tratamento.

### **Consolidação com água de cal**

Aplicar a água de cal nos pisos com um pincel macio ou borrifador manual, até saturar (quando a cerâmica não absorver mais a água de cal);

Repetir a operação uma vez por mês ou depois de cada chuva, até que a superfície recupere sua cor original e fique livre de líquens e fungos;

É fundamental registrar as datas em que se realizaram as aplicações de água de cal.

#### **Nota:**

*A água de cal mata a vegetação, os fungos e líquens.*

### **Monitoramento e controle periódico**

Regularmente, ao menos quatro vezes no primeiro ano, deve-se voltar a documentar fotograficamente a área tratada;

Convém avaliar o estado de consolidação dos pisos por meio de ensaios simples de dureza da superfície, uma vez que as cerâmicas comecem a endurecer;

O registro de todas estas atividades dará uma idéia de quantos tratamentos serão necessários no futuro e servirá para avaliar a eficácia dos mesmos.

#### **Nota:**

*Esta metodologia ainda está em fase experimental, motivo pelo qual é fundamental uma avaliação periódica acompanhada de documentação fotográfica. Eventuais análises de laboratório ajudarão a determinar a eficácia do tratamento e a frequência das futuras aplicações.*



PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO  
SUSTENTABLE DE LAS MISIONES JESUÍTICAS  
GUARANÍES

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO PARA A  
CONSERVAÇÃO, GESTÃO E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL DAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS  
GUARANI

*MANUAL BÁSICO DE CONSERVAÇÃO PARA AS  
MISSÕES JESUÍTICAS DOS GUARANI*

---

*PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO*

Argentina . Brasil . Paraguai . Uruguai



2009



## **PL1 - DETERMINAÇÃO DA CURVA DE ABSORÇÃO CAPILAR DE ÁGUA, DA ABSORÇÃO POR IMERSÃO TOTAL E DA CURVA DE SECAGEM.**

*A. Elena Charola y Marcela L. Cedrola*

### **Metodologia:**

A curva de absorção capilar se obtém colocando amostras de forma cúbica (5 x 5 x 5 cm) num recipiente que tenha um pouco de água no fundo, de forma que só possam absorver a água por uma das faces (a inferior, que está em contato com o líquido). As amostras são pesadas em intervalos de tempo crescentes e os resultados são colocados em gráficos. Dele se obtém o coeficiente de absorção capilar.

Uma vez que se chega ao máximo de absorção a amostra submerge totalmente na água e, após 24 horas de imersão total, deve ser pesada. Da quantidade total de água absorvida pela amostra se pode calcular sua porosidade aparente.

Após pesada, deixa-se a amostra ao ar livre em uma bandeja e se volta a pesá-la em intervalos crescentes. Os dados devem ser colocados em um gráfico, de onde se pode obter a velocidade de secagem e o conteúdo crítico de água.

### **Materiais a utilizar:**

Cuba plástica, de fundo plano, com tampa, de aproximadamente 60 x 30 x 15 cm;

3 amostras cúbicas (5 x 5 x 5 cm) de cada material a experimentar;

Balança (Sens. 0,01 g);

Água destilada;

Bastões de vidro

Cronômetro e relógio;

Calculadora.

### **Princípio:**

A água penetra nos materiais porosos por capilaridade, isto é, porque os poros tendem a “absorver” a água. Quanto mais finos os poros, mais absorventes são. Mas, ao serem finos, só permitem entrar uma quantidade relativamente pequena de água. Nos casos contrários, os poros maiores absorvem menos, porém, ao serem maiores, neles pode penetrar mais água.

Como a água é um dos fatores mais relevantes na deterioração dos materiais é importante conhecer o comportamento do material com relação ao líquido. Principalmente quando é preciso usar diferentes materiais que devem estar em contato, tal como a pedra e a argamassa, pois se eles têm comportamentos muito diferentes, um material se deteriorará muito mais rápido que outro. Portanto, é desejável que o comportamento entre eles seja o mais parecido possível, de maneira que sejam compatíveis diante deste agente de degradação.

As curvas de absorção capilar da água e as de secagem serão diferentes dependendo da porosidade total do material, do tipo de poros (diâmetro dos poros) e da quantidade de poros de cada diâmetro existente. A porosidade total do material pode ser estimada facilmente pela quantidade total de água que ele absorve após ficar imerso por 24 horas.



## Procedimentos:

### Curva de absorção capilar

Na cuba plástica colocar bastões de vidro que servirão de suporte para as amostras. Adicionar água destilada o suficiente para que ultrapasse apenas o diâmetro dos bastões (aprox. 1 mm).

As amostras a serem avaliadas são numeradas com um lápis ou com uma incisão que as identifique, são pesadas (anotando num caderno os pesos de cada uma) e colocadas sobre os bastões de vidro de modo que a face inferior fique apenas tocando a água, medindo o tempo que corresponderá ao tempo “zero”. Tapa-se a cuba, aos 3 minutos se retiram as amostras, uma de cada vez, secando o excesso de água com um papel absorvente e se pesa, registrando o peso e o tempo exato no qual se realiza a medição para cada amostra.

É conveniente preparar uma tabela (ver: Tabela 1) a fim de registrar o tempo e o peso correspondente a cada medição e logo calcular os seguintes dados: a duração (tempo transcorrido - tanto em minutos como em segundos), a raiz quadrada do tempo expresso em segundos, a diferença de peso e a diferença de peso por área de absorção.

**Tabela 1.** Tabela para registrar os dados necessários para compor a curva de absorção capilar.

Hora real	Tempo (min)	Raiz quadrada T (min <sup>0,5</sup> )	Peso (g)	Dif. Peso (g)	Dif. Peso/área (g/cm <sup>2</sup> )
10.30	0	0	250	0	0
10.33	3	1,73	255	5	0,20
*****	****	*****	*****	*****	*****

A *hora real* é a hora na qual se realiza a medição. Por exemplo, o tempo “zero” corresponde ao momento em que se colocou a amostra na cuba. O peso correspondente é o peso da amostra seca.

O *tempo transcorrido* é a diferença de tempo desde o início do teste, expresso em minutos, e logo como a raiz quadrada de minutos.

O *peso* é o valor medido em gramas, correspondente ao tempo em que se realizou a medição.

A diferença de peso se calcula em relação ao peso inicial (o peso seco). Como a absorção só ocorre por uma face do cubo, se deve dividir pela superfície desta face. No caso que o cubo seja de 5 x 5 x 5 cm, a superfície de cada face é de 25 cm<sup>2</sup>. As medidas de peso devem ser intercaladas de acordo com a velocidade de absorção do material. Para uma primeira curva, se podem aferir os pesos nos seguintes momentos: 0, 3, 5, 8, 11, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120 e 180 minutos; e depois às 4, 5 e 6 horas.

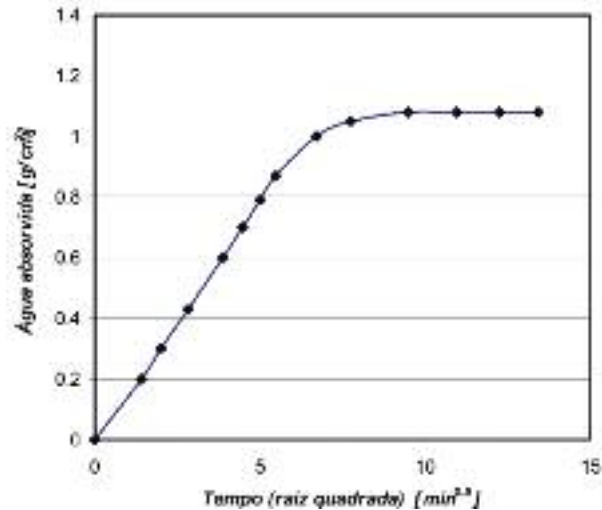
À medida que se obtêm os dados, é importante registra-los em um gráfico como “diferença de peso/área de absorção” (ordenada, eixo y) em função da “raiz quadrada do tempo” (abscissa, eixo x).

Quando o material estiver se saturando de água, absorve cada vez mais lentamente e a curva atinge a um valor limite e quase não absorve mais. Isto indica o fim do teste e a amostra, depois da última pesagem é submergida totalmente na água em outra cuba (2º teste).

Em geral, o gráfico tem a forma que se apresenta na Figura 1.





**Figura 1.** Curva modelo de absorção capilar de água.**Expressão dos resultados:**

Independentemente da tabela de resultados e do gráfico pode-se calcular o coeficiente de absorção capilar do material que corresponde à parte reta inicial da curva. O coeficiente pode ser obtido diretamente com uma calculadora com funções matemáticas, ou simplesmente calculando o quociente entre a diferença de duas medidas de tempo e os correspondentes valores de peso. Na curva de exemplo, se poderia tomar a diferença entre o valor inicial e o correspondente ao ponto próximo aos 5 min<sup>1/2</sup>. Os valores são: 0,79 g/cm<sup>2</sup> e 5 min<sup>1/2</sup>. Realizando o quociente destes valores obtemos:

$$\text{Coeficiente de absorção capilar} = 0,16 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$$

**Porosidade aparente da amostra por imersão total**

Após a última pesagem, a amostra que chegou a seu ponto limite de absorção por capilaridade é submergida inteiramente na água destilada, onde permanece por 24 horas. Logo se retira, eliminando-se cuidadosamente o excesso de água com um papel absorvente e se volta a pesar.

A porosidade aparente se calcula da seguinte maneira:

$$\text{Porosidade aparente \%} = (\text{Peso 24 h} - \text{Peso seco}) \times 100 / \text{Peso seco}$$

**Curva de secagem**

Depois de pesar a amostra que foi retirada após estar submersa em água por 24 horas, se coloca na balança pela primeira meia hora, para sua secagem. Periodicamente se registram os pesos; e o tempo nos quais se deve fazer as leituras é determinado experimentalmente.

Quando a variação do peso diminui, a amostra pode ser retirada do prato da balança e colocada em uma bandeja. Continua-se registrando o peso da amostra até que este chegue a seu peso original ou bem próximo a ele.

Novamente se prepara uma tabela (Tabela 2) para registrar os valores medidos. A tabela deve indicar os seguintes valores:



**Tabela 2.** Tabela para anotar os dados necessários para graficar a curva de secagem.

Hora real	Tempo transcor. (h)	Peso amostra (g)	Peso água (g)	Conteúdo água (g/cm <sup>3</sup> )
0	0	Peso 24 h	P 24h-P seco	P água/ 125
.....	.....	.....	.....	.....

A *hora real* é a hora na qual se realiza a medição. Por exemplo, o tempo “zero” corresponde ao momento em que se colocou a amostra na cuba. O peso correspondente é o peso da amostra seca.

O *tempo transcorrido* é a diferença de tempo desde o início do teste, expressado em minutos, e logo como a raiz quadrada de minutos.

O *peso amostra* é o valor medido em gramas, correspondente ao tempo em que se realizou a medição. Ao tempo “zero” corresponde o peso da amostra saturada em água após as 24 horas de imersão, expressado em gramas.

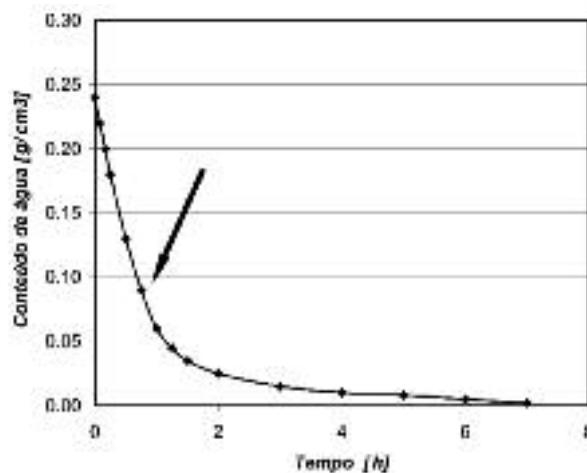
O *peso de água* é a diferença do peso da amostra úmida menos o da amostra seca.

O *conteúdo de água* é o peso da água dividido pelo volume da amostra que o contém. Divide-se o peso da água em gramas pelo volume, neste caso 125 cm<sup>3</sup>, e para expressá-lo em kg/m<sup>3</sup> se multiplica por 1000, o fator que resulta da conversão das unidades.

As medidas devem ser intercaladas de acordo com a velocidade de secagem. Ao iniciar-se a secagem convém deixar a amostra diretamente sobre a balança e fazer leituras a intervalos regulares, dependendo da rapidez com que muda o peso. Se não é muito rápido, se tomam medidas a cada 5 minutos, e depois a cada 10 minutos, até que o peso se estabilize. Convém ir colocando os dados em um gráfico, à medida que são obtidos.

A forma geral do gráfico é a que se mostra na Figura 2:

**Figura 2.** Típica curva de secagem. A flecha marca o ponto de inflexão da curva que corresponde ao conteúdo crítico de água do material sob as condições de secagem.



### Expressão dos resultados:

Do gráfico pode-se obter o ponto de “*conteúdo crítico de água*”, que é um conceito importante, pois indica o valor acima do qual se encontra água “líquida” dentro do material, o que implica que pode haver transporte de sais solúveis e eventual formação de eflorescências. Abaixo desse valor a água está como vapor, ou



absorvida pelo material. O *conteúdo crítico de água* se encontra no ponto em que a curva muda de inclinação e está indicado no gráfico anterior com uma seta.

Neste exemplo, o conteúdo crítico é encontrado entre os pontos 0,08 e 0,10 g/cm<sup>3</sup>, de modo que se pode estimar em 0,09 g/cm<sup>3</sup>.

### Exemplo 1

Aplicação do procedimento às variedades de arenito rosa e da pedra itacurú.

### Materiais

O arenito utilizado nas construções das Missões Jesuíticas, o arenito rosa-avermelhado, aparece em várias gradações, desde a variedade mais dura, quartzito, até as mais macias, genericamente chamadas ortoquartzito. Estas podem ser compactas ou ter maior tendência a laminar-se, caso em que são denominadas “lajes”.

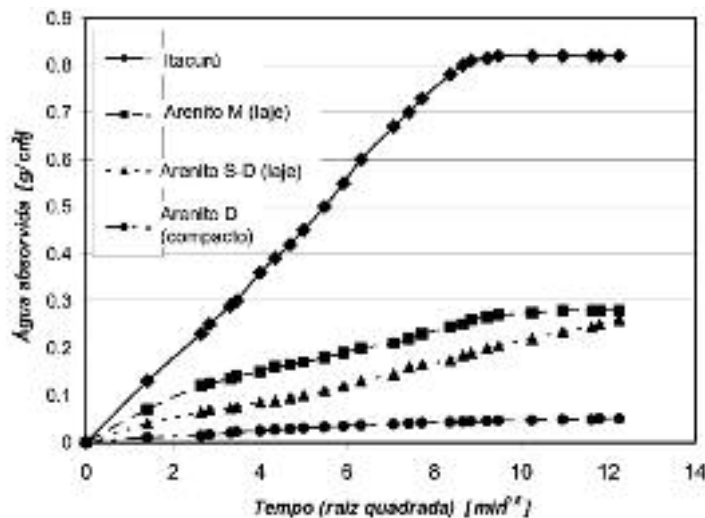
A outra pedra utilizada é a chamada itacurú, que contém uma alta porcentagem de minerais de ferro.

Para o teste se utilizaram amostras cortadas em cubo (4 x 4 x 4 cm) de três tipos de arenito avermelhado (ortoquartzito), que foram denominados de: duro, semi-duro e macio e uma amostra de itacurú.

### Curvas de absorção capilar

**Figura E1.** Curvas de absorção das amostras de pedras usadas na Missão de San Ignacio Mini.

Os coeficientes de absorção capilar obtidos das curvas e a porosidade das pedras obtidas por imersão total durante 24 horas apresentam-se na Tabela E1 a seguir.



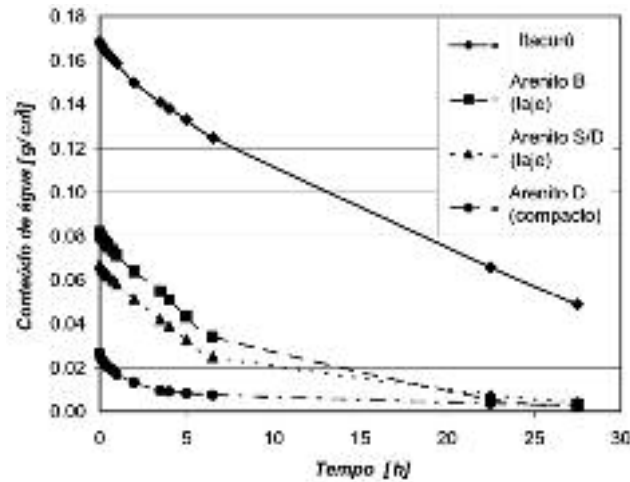
**Tabela E1.** Coeficiente de absorção capilar e porosidade para as diferentes pedras.

Pedra	Coeficiente de absorção capilar (g/cm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Porosidade (%)
Arenito duro (compacto)	0,006	1
Arenito semi-duro (laje)	0,02	3,3
Arenito mole (laje)	0,04	3,5
Itacurú	0,09	9



## Curvas de secagem

Figura E2. Curvas de secagem das amostras de pedra de San Ignacio Mini.



O conteúdo crítico de água se pode estimar das curvas e se apresentam na Tabela E2.

Tabela E2. Conteúdo crítico de água estimado do gráfico.

Pedra	Conteúdo crítico de água (g/cm <sup>3</sup> )
Arenito duro (compacto)	0,015
Arenito semi-duro (laje)	0,03
Arenito mole (laje)	0,04
Itacurú	0,15

## Exemplo 2

Dados obtidos a partir das curvas de absorção capilar de água, de imersão total e das curvas de secagem das argamassas testadas.

As argamassas que foram avaliadas deram como resultado os valores indicados na seguinte Tabela E3, e servem para ilustrar a importância que tem sua correta formulação.

Tabela E3. Valores obtidos para as diversas argamassas avaliadas.

Argamassa 1:3	Coef. abs. capilar (g/cm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Porosidade (%)	Cont. crit. água (g/cm <sup>3</sup> )
Cal extinta: areia	0,162	13,7	0,22
Cal extinta: pedra moída	0,132	14,6	0,25
Cal extinta: terra vermelha	0,131	27,1	0,35
Cal comum: areia	0,173	11,2	0,23
Cal comum: pedra moída	0,203	14,1	0,25
Cal comum: terra vermelha	0,134	23,8	0,33
Cimento: areia	0,047	6,1	0,10
Cimento: pedra moída	0,087	13,4	0,18
Cimento: terra vermelha	0,238	23,2	0,36



## PL2 - DETERMINAÇÃO DA PRESENÇA DE CARBONATOS E DE GESSO EM EFLORESCÊNCIAS

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodologia:

O teste se baseia na separação do resíduo insolúvel que possa sobrar ao tratar de dissolver uma amostra na água. A presença de carbonatos se evidencia, tanto na solução, como no resíduo separado por filtração, na efervescência que produzem com um ácido, pois liberam anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ). A presença de um resíduo insolúvel em água, que não libere borbulhas, pode indicar a presença de gesso (sulfato de cálcio dihidratado,  $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ ), o que se pode confirmar, uma vez dissolvido, por sua recristalização ao esquentar a amostra.

### Materiais a utilizar:

Água destilada ou deionizada;

Ácido clorídrico 1:1 ( $\text{HCl}$  6 M) ou ácido acético 7 M (em caso de emergência pode utilizar-se vinagre);

Hidróxido de sódio, solução diluída 8% p/v ( $\text{NaOH}$  2 M);

Pipeta Pasteur ou conta gotas;

Vidro de relógio pequeno/papelão preto;

Micro-espátula;

Lupa;

Recipiente com tampa para a água;

Tubos de ensaio (hemólises).

### Nota:

*A água destilada ou deionizada deve ser fervida antes do teste por pelo menos 5 minutos, para eliminar todo o dióxido de carbono que possa estar dissolvido. Logo se deve deixar esfriar num recipiente cheio até a borda com esta água e bem fechado, para evitar a incorporação de  $\text{CO}_2$ .*

### Princípio:

Os carbonatos podem apresentar-se em eflorescências tanto como sais solúveis, como o caso dos de sódio e potássio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), ou como concreções (às vezes misturados com a eflorescência) de calcita (carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ ). Portanto, quando se colhe uma amostra e se trata de dissolvê-la, deve-se observar para verificar se permanece algum resíduo insolúvel. Neste caso, separa-se com todo cuidado, o líquido do sedimento insolúvel e se põe num tubo ou em uma placa de toque. Ali se adiciona ao líquido, gotas de ácido e, com uma lupa, se observa se são produzidas borbulhas de anidrido carbônico. Isso indicaria a presença de carbonatos solúveis, geralmente de sódio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , ou de potássio,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

Se ao resíduo da solução for adicionado um álcali (hidróxido de sódio) e aquecido, se houver íons amônio presentes, se desprenderia amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), identificado pelo odor característico. A presença de cátions amônio é, em geral, devida à presença de microorganismos e está relacionada com a presença de nitratos.



O resíduo insolúvel se trata com um ácido, se é necessário aquece-se um pouco e se observa a formação de borbulhas. Isto confirmaria a presença de um carbonato insolúvel, sendo o mais comum o carbonato de cálcio. Não havendo eflorescência, se procede ao aquecimento da amostra até quase a ebulição e depois se deixa esfriar lentamente. A formação de umas finas agulhas brancas confirma a presença de gesso (sulfato de cálcio dihidratado,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### **Procedimento:**

Com a espátula se extrai uma pequena amostra e se coloca num tubo de ensaio que contenha água destilada ou deionizada, previamente fervida e esfriada nas condições anteriormente descritas. Dissolve-se a amostra agitando o tubo com a espátula, mas sem produzir borbulhas durante a movimentação. Separa-se um pouco do líquido da solução e se depositam umas gotas deste no vidro do relógio. Adicionam-se algumas gotas de ácido clorídrico (HCl 6 M) e se observa com a lupa o aparecimento de borbulhas. Esta observação confirmaria a presença de carbonatos solúveis.

Se permanecer no tubo um resto insolúvel, separa-se este da solução, que é passada para um tubo de ensaio pequeno, enquanto que o sólido se coloca no vidro de relógio.

A solução se trata com algumas gotas de hidróxido de sódio 2 M (8% p/v) e se aquece levemente. O odor de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) confirma a presença de íons amônio.

Ao resíduo sólido se adicionam algumas gotas do HCl 6 M e observa-se com a lupa; o desprendimento de borbulhas de  $\text{CO}_2$ , como no caso anterior, confirma a presença de um carbonato insolúvel, quase sempre carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

No caso de não reagir se dissolve a amostra insolúvel, esquentando-a até quase a ebulição e logo se esfria lentamente. Se, na medida em que for esfriando, se observar a formação de cristais com forma de agulhas, de tamanho considerável, se avalia a prova de identificação de gesso como positiva (sulfato de cálcio dihidratado,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

### **Nota:**

*É importante considerar que um resultado negativo não é indicativo da ausência do íon ou do composto que se tratava de determinar, mas que sua concentração está abaixo do limite de detecção pelo teste.*



## PL3 - DETERMINAÇÃO DA PRESENÇA DE SULFATOS E CLORETOS POR REAÇÕES DE TOQUE

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodologia:

O ensaio se realiza utilizando soluções reagentes específicas, para detectar a presença de ânions sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e cloretos ( $\text{Cl}^-$ ).

### Materiais a utilizar:

Tubos de ensaio de vidro;

Água destilada ou deionizada;

Bisturi;

Placa de toque;

Pipeta ou seringa (para medir pequenos volumes de água);

Bastão de vidro;

Vidro de relógio;

*Reagentes para a determinação de sulfatos:*

- Solução de cloreto de bário 2 Molar ( $\text{BaCl}_2$  2 M) ou a 5% peso/vol;

- Solução de ácido clorídrico 3 Molar ( $\text{HCl}$  3 M);

*Reagentes para a determinação de cloretos:*

- Solução de nitrato de prata 0,2 Molar ( $\text{AgNO}_3$  0,2 M);

- Solução de ácido nítrico 8 Molar ( $\text{HNO}_3$  8 M).

### Nota:

*A solução de nitrato de prata deve ser conservada em frasco de cor âmbar, uma vez que se decompõe com a luz. As soluções de ácido nítrico devem ser conservadas em recipiente de vidro bem fechado e em condições ambientais adequadas. As de ácido clorídrico devem ser conservadas em recipientes apropriados para ácidos.*

### Princípio:

Os sais mais comuns nas eflorescências são os formados pelos ânions cloreto, sulfato e nitrato. Como a presença de nitratos não causa tantos problemas e considerando que sua identificação não é tão simples, somente se identificarão os ânions cloreto e sulfato.

Tanto os sulfatos como os cloretos também podem formar compostos (sais) insolúveis. Esta propriedade se utiliza para sua identificação, uma vez que estes ânions formam, na presença de determinados cátions, depósitos de cor branca, insolúveis, e cuja aparição nos permite identificar a presença dos mesmos. Os sulfatos reagem com o cátion bário ( $\text{Ba}^{2+}$ ) para formar o sulfato de bário insolúvel. Os cloretos reagem com o cátion prata ( $\text{Ag}^+$ ) para formar o cloreto de prata insolúvel.

É por isso que, ao colocar em contato uma solução aquosa da nossa amostra-problema com reagentes que contenham estes cátions específicos, poderemos identificar a presença destes, se observarmos o aparecimento do característico depósito branco.



### **Procedimento:**

A amostra a ser utilizada para o ensaio pode ser: a eflorescência salina sobre um material, uma amostra pulverizada do material (seja pedra ou argamassa), ou a extração aquosa de uma compressa. A eflorescência salina se obtém pela raspagem da superfície com um bisturi, recolhendo o pó sobre um papel manteiga ou um vidro de relógio.

Para um ensaio qualitativo, a amostra se coloca em um tubo de ensaio e se dissolve diretamente com um pouco de água destilada.

### **Determinação da presença de Sulfatos:**

Em um tubo de ensaio pequeno depositar a amostra à qual se adicionam de 5 a 8 gotas de água destilada ou deionizada para dissolvê-la. Uma vez dissolvida, adicionar algumas gotas de ácido clorídrico, HCl 3 M, assegurando-se que a solução esteja acidificada por meio de um papel de tornasol. Com um conta-gotas ou uma pipeta Pasteur tomar uma gota desta solução e colocar na cavidade da placa de toque, adicionando duas gotas da solução de cloreto de bário, BaCl<sub>2</sub> 2 M esperando alguns minutos, para o aparecimento do depósito. Observar com a lupa. A presença de depósitos brancos, de turvação ou opacidade da água é considerada como uma reação positiva para a identificação de sulfatos.

### **Determinação da presença de Cloretos:**

Uma vez obtida a amostra, depositar em um tubo de ensaio pequeno e adicionar aproximadamente 5 a 8 gotas de água deionizada ou destilada para dissolvê-la. Uma vez dissolvida, adicionar duas gotas da solução de ácido nítrico, HNO<sub>3</sub> 8 M, a fim de acidificar a solução.

A seguir extrair com um conta-gotas, uma pipeta Pasteur ou um tubo capilar uma gota desta solução e deposita-la na placa de toque. Depois adicionar, também com conta-gotas, uma gota da solução de nitrato de prata, AgNO<sub>3</sub> 0,2 Molar. Observar com a lupa a formação do depósito branco característico.

### **Observação:**

Antes de realizar o ensaio, deve-se estar seguro de que a água a ser utilizada não contenha nenhum dos sais procurados. Para isso deve-se realizar o mesmo ensaio com as soluções reativas sobre a água destilada ou deionizada a ser utilizada. Isso se denomina um ensaio-em-branco.

Se o resultado for positivo para qualquer dos sais, essa água NÃO pode ser utilizada para realizar o ensaio sobre as amostras.

Como se usam soluções reativas específicas, e para se assegurar de que os reagentes estão em condições, antes do ensaio com a amostra-problema deve-se fazer um teste com uma solução que contenha o ânion a ser procurado. A isto se chama de ensaio-testemunho e serve também para comprovar o procedimento utilizado.

### **Nota:**

*É importante considerar que um resultado negativo não é indicativo da ausência do íon ou do composto que se tratava de determinar, mas que sua concentração está abaixo do limite de detecção do teste. A sensibilidade dos diferentes ensaios é variável e o mais sensível é o ensaio para o ânion sulfato, pois o sulfato de bário que se utiliza na sua identificação é um dos sais mais insolúveis.*





## PL4 - DETERMINAÇÃO DA PRESENÇA DE SULFATOS E CLORETOS POR FITAS REAGENTES

Marcela L. Cedrola y A. Elena Charola

### Metodologia:

O teste se realiza utilizando fitas reagentes para detectar a presença de ânions e sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e cloretos ( $\text{Cl}^-$ ).

### Materiais a utilizar:

Fitas reagentes (Merck) para determinação de cloretos;

Fitas reagentes (Merck) para a determinação de sulfatos;

Tubos de ensaio de vidro;

Água destilada ou deionizada;

Bisturi;

Pipeta ou seringa (para medir pequenos volumes de água);

Bastão de vidro.

### Princípio:

As fitas reagentes estão impregnadas com um componente que produz uma cor (ou muda de cor) na presença de um íon específico. Considerando que os sais mais comuns são sais dos ânions cloreto, sulfato e nitrato, que as reações mais simples são as de identificação de cloretos e de sulfatos e que a presença de nitratos não causa tantos problemas, se identificarão somente os cloretos e os sulfatos.

### Procedimento:

A amostra a ser utilizada para o teste pode ser: a eflorescência salina sobre um material, uma amostra pulverizada do material (seja pedra ou argamassa) ou a extração aquosa de uma compressa. A eflorescência salina se obtém pela raspagem da superfície com bisturi e coleta do pó sobre papel manteiga ou vidro de relógio.

Para um teste qualitativo a amostra é colocada num tubo de ensaio e é dissolvida diretamente com água destilada ou deionizada. Uma vez dissolvida, introduzir um bastão de vidro e retirar uma gota da solução para colocar sobre a fita reagente, seguindo as instruções dadas na embalagem das fitas. A presença do íon em questão se revela por uma mudança de cor nos diferentes quadros reagentes que tem a fita.

### Observação:

Antes de realizar o ensaio, deve-se assegurar que a água a ser utilizada não contenha nenhum dos sais procurados. Para isto, deve ser feito o mesmo teste sobre as fitas reagentes, com a água destilada ou deionizada puras.

Se o resultado for positivo para qualquer dos sais, essa água NÃO pode ser utilizada para fazer o ensaio com as amostras.



### Ensaio semi-quantitativo:

Para um ensaio semi-quantitativo, a amostra deve ser pesada previamente, e logo colocada em um volume determinado de água. Em geral este sistema é aplicado quando se tem uma amostra sólida (pedra ou argamassa), na qual se deseja conhecer aproximadamente a quantidade de sais presentes. Antes de se fazer um ensaio semi-quantitativo é importante fazer o ensaio qualitativo.

A amostra deve ser previamente moída, e a seguir deve-se pesar cerca de 3 gramas no interior de um vaso de depósito. Adicionar 100 ml de água, agitando periodicamente, durante umas 3 horas com um bastão de vidro. Após decantar a solução, extrair uma gota e colocar sobre a fita reagente. Comparando com o padrão do tubo, se obtém a concentração de sal, que é expressa em cloretos ou em cloreto de sódio em mg/l.

A concentração de ión o do sal na amostra sólida se calcula do seguinte modo:

$$\text{Conc.}_{\text{amostra}} [\text{mg/g}] = \text{Conc.}_{\text{solução}} [\text{mg/l}] / (\text{peso}_{\text{amostra}} [\text{g}] \times 1000 \text{ ml/l})$$

### Exemplo:

Peso amostra	2,5 g
Volume total de agua para dissolver a amostra	100 ml
Concentração medida na fita	200 mg/l NaCl

$$\text{Conc. NaCl} [\text{g/g}] = 200 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml} / (2.5 \text{ g} \times 1000 \text{ ml/l} \times 1000 \text{ mg/g}) = 0,008 \text{ g/}$$

$$\text{Conc. NaCl} \% \text{ p/p} = 0,008 \text{ g/g} \times 100 = 0,8 \% \text{ p/p}$$

### Nota:

É importante considerar que a obtenção de um resultado negativo não indica a ausência do íon ou do composto que se tratava de determinar, mas que sua concentração está abaixo do limite de detecção do teste.



## PL5 - ANÁLISE SIMPLIFICADA DE ARGAMASSAS ANTIGAS

*Maria Isabel Kanan*

### Metodologia:

O ensaio se realiza desagregando uma amostra de argamassa num almofariz de porcelana, de laboratório, utilizando uma mão de gral com luva de borracha. A amostra sem teor de umidade, deve ser pesada e dissolvida em ácido clorídrico dentro de um copo de vidro beker. Utilizando-se um funil com filtro de papel, apoiado em frasco cônico de vidro, separa-se o resíduo insolúvel da fração solúvel, cuidando para deixar o agregado quartzoso no copo beker. O resíduo insolúvel fino (partículas menores que ficam em suspensão na água) ficará retido no filtro e a fração solúvel no frasco de vidro cônico. São necessárias várias lavagens para eliminar por completo o ácido clorídrico do agregado e separar todos os finos. Posteriormente se pesa a fração insolúvel em uma balança (sens. 0,01g). Esta corresponde à areia do aglomerante e dos finos retidos no filtro. Subtraindo-se a fração insolúvel do peso inicial da amostra se obtém a porcentagem de ligante presente na amostra.

### Materiais a utilizar:

Almofariz de porcelana (diâmetro aprox. 12 cm);

Mão de gral (pistilo) com luva de borracha;

Balança eletrônica (Sens. 0,01 g);

Estufa elétrica para secagem 40 a 200°C;

Papel filtro (diâmetro aprox. 18 cm);

Copo beker de vidro graduado (600ml);

Funil de vidro (diâmetro 125 mm);

Frasco cônico de vidro (500ml);

Bastão de vidro para mexer material durante dissolução e lavagem;

Água destilada ou deionizada;

Pisseta plástica com bico curvo para água destilada (aprox. 500ml);

Ácido Clorídrico 14% v/v (HCl aprox. 1:1 o 6 M).

### Princípio:

As argamassas antigas são constituídas por um aglomerante, a cal extinta, e por um agregado quartzoso, geralmente, de areia. O ataque com ácido clorídrico serve para dissolver a fração aglomerante, reação que é acompanhada de efervescência ao se decompor a cal extinta (carbonato de cálcio), liberando anidrido carbônico, CO<sub>2</sub>. Permanecem em solução os íons Ca<sup>++</sup> (da cal) e Cl<sup>-</sup> (do ácido). Dependendo da cal, pode haver também íons de magnésio, e compostos hidráulicos, silicatos e aluminatos. Como fração insolúvel permanece o inerte (agregado) da argamassa.

O método simplificado prevê as determinações quantitativas do agregado, na forma de resíduo insolúvel e do aglomerante, obtido pela subtração do peso total da argamassa menos o peso da fração insolúvel. O resíduo insolúvel é filtrado para separar as partículas finas (partículas que ficam em suspensão na água) do agregado mais grosso.

Se na mistura original da argamassa foram usados agregados calcários, tais como conchas, pedras calcárias moídas, etc.; o resultado obtido não representa corretamente os teores de aglomerado e agregado, pois o ataque com ácido irá dissolver também qualquer agregado calcário e a fração solúvel resultará maior do que lhe



corresponde. Conseqüentemente, o resíduo insolúvel será, em geral, muito menor do que se observa para o caso de uma argamassa de agregado silício.

A amostra deve ser primeiramente desagregada, seca em estufa (110°C), pesada e então umedecida com água pura (destilada ou deionizada), para ser atacada pelo ácido clorídrico.

### Procedimento:

Pelo menos três amostras deverão ser coletadas para que se faça uma determinação mais precisa dos constituintes da argamassa em análise. As amostras devem ser íntegras e representativas (aprox. 50g). Os procedimentos básicos para realizar o ensaio são:

1. Descrever visualmente a argamassa com lupa (7 a 10 X), em ficha contendo dados de identificação do monumento histórico e informações sobre cor, textura, dureza, inclusões, etc. da amostra;
2. Selecionar uma parte da amostra para realizar o ensaio (aprox. 25 g);
3. Desagregar a argamassa em almofariz com uma mão de gral com luva de borracha;
4. Secar em estufa por 24 horas (temperatura 110°C);
5. Pesar a amostra da argamassa em balança (0,01g) e passar para um copo beker de vidro graduado (600ml);
6. Pesar o filtro de papel em balança (0,01g);
7. Umedecer a amostra com água;
8. Atacar a argamassa com a solução de ácido clorídrico (HCl), até a dissolução total da fração solúvel (até que não haja mais efervescência);
9. Filtrar as partículas em suspensão em filtro de papel;
10. Lavar com água o agregado grosso que fica no fundo até a retirada total dos resíduos do ácido e separação das partículas em suspensão;
11. Secar o agregado até eliminação total da umidade (ao ar livre ou à temperatura de 105° +/- 5°C);
12. Secar o filtro com os resíduos finos retidos no mesmo;
13. Pesar os finos com o filtro de papel ( $W_4$ );
14. Pesar o agregado ( $W_5$ ).

### Expressão dos Resultados:

Os resultados são expressos do seguinte modo:

Peso original da amostra	$W_1$	
Peso do copo beker	$W_2$	
Peso do filtro de papel	$W_3$	
Peso dos finos secos	$W_f = W_4 - W_3$	
Peso do agregado seco	$W_a = W_5 - W_2$	
% do agregado	$W_a \times 100/W_1$	
% dos finos	$W_f \times 100/W_1$	
% do aglomerante dissolvido	$(W_1 - W_a - W_f) \times 100/W_1$	



## PL6 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO DE ARGAMASSAS

*Maria Isabel Corrêa Kanan*

### **Metodologia:**

A análise é feita utilizando-se um jogo de peneiras com tela de diversos calibres, para determinar o tamanho e a distribuição das partículas do agregado. Partindo de uma quantidade pesada de agregado (aprox. 20g de uma amostra antiga ou 100g de uma amostra de areia nova), passa-se o material através das peneiras de malha de tamanho decrescente. Com intensidade e duração determinada, através do uso de um vibrador mecânico ou vibrando manualmente as peneiras, separam-se os diversos tamanhos do agregado, que ficam retidos nas peneiras. Depois se pesam as partículas retidas nos diferentes tamanhos de peneiras e os resultados são representados graficamente.

### **Materiais a serem utilizados:**

Jogo de peneiras ASTM nos seguintes aberturas da malha:

4,75 mm

2,36 mm

1,18 mm

0,600 mm

0,300 mm

0,150 mm

0,075 mm

Balança (Sens. 0,01g);

Vidro de relógio para pesar as partículas;

Estufa.

### **Princípio:**

A análise granulométrica consiste em separar, segundo seu tamanho, os grãos de uma amostra de agregado, através da utilização de uma série de peneiras de diferentes tamanhos de malha. A análise granulométrica, ou seja, a determinação das dimensões das partículas de um agregado e das proporções relativas é representada, graficamente, por uma curva granulométrica. As frações são identificadas de acordo com uma escala granulométrica. A escala da ASTM (American Society for Testing and Materials) é uma das mais usadas.

### **Procedimento:**

O procedimento básico para realizar o ensaio é:

Colocar as peneiras em ordem, a maior na parte superior, a menor na parte inferior, seguida de um fundo para recolher as partículas mais finas;



Colocar a amostra na peneira superior;

Vibrar o jogo de peneiras com movimentos fortes e regulares ou usar o vibrador mecânico até que todas as partículas tenham passado pelas aberturas das malhas correspondentes e fiquem retidas nas malhas das peneiras;

Recolher o conteúdo de areia de cada peneira e pesar em balança (sens. 0,01g);

Obter a porcentagem de material correspondente à quantidade de material retido em cada peneira;

Calcular a porcentagem cumulativa, com base nas porcentagens retidas em cada peneira;

Registrar o resultado graficamente.

### **Expressão dos resultados:**

Peso da amostra do agregado	W		
Peso das quantidades retidas nas peneiras	Peneira 1	$W_1$	
	Peneira 2	$W_2$	
	Última peneira	$W_u$	
	Resíduo do fundo	$W_f$	
Porcentagem das quantidades retidas	$R_1 \% = W_1 \times 100 / W$		
	$R_2 \% = W_2 \times 100 / W$		
	$R_u \% = W_u \times 100 / W$		
	$R_f \% = W_f \times 100 / W$		
Porcentagem cumulativa das quantidades que passam	$P_1 \% = 100 - R_1 \%$		
	$P_2 \% = 100 - (R_1 \% + R_2 \%)$		
	$P_u \% = 100 - (R_1 \% + R_2 \% + \dots + R_u \%)$		
	$P_f \% = 100 - (R_1 \% + R_2 \% + \dots + R_u \% + R_f \%)$		

Traçar a curva granulométrica em uma folha milimetrada com escala semi-logarítmica: sobre o eixo das abscissas registrar o tamanho das partículas de agregado em milímetros (correspondente à malha da peneira sobre a qual se encontram), e sobre o eixo das ordenadas as porcentagens, em peso, do material que passa (0 a 100%).

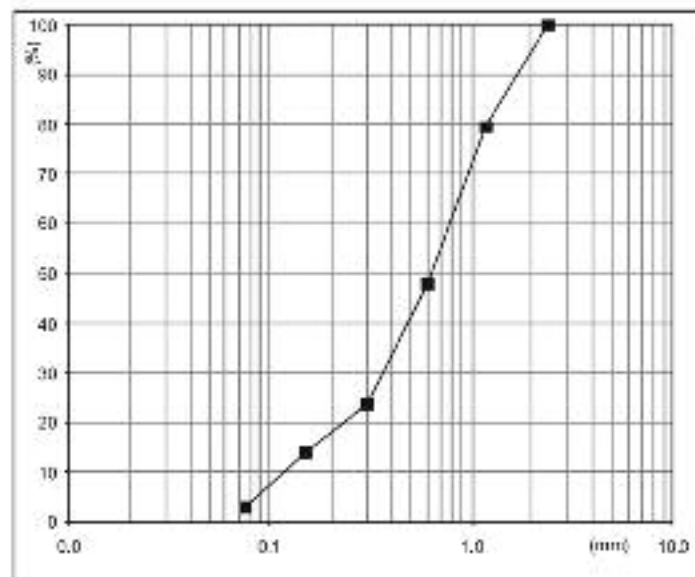


### Exemplo de análise granulométrica

Trata-se de areia de rio lavada, de modo que não contenha partículas nem de silte nem de argilas. Denominam-se “silte” as partículas com tamanho compreendido entre 0,0625 y 0,004 mm, e se denominam “argilas” todas as partículas de tamanho inferior a 0,004 mm.

Peneira*	Malha (mm)	Residuo		Porcentagem cumulativa	
		g	%	Peneirada	Retida
nº 4	4.750	0.0	0.0	100.0	0.0
nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
nº 16	1.180	140.4	20.6	79.4	20.6
nº 30	0.600	215.4	31.5	47.9	52.1
nº 50	0.300	164.5	24.1	23.8	76.2
nº 100	0.150	67.6	9.9	13.9	86.1
nº 200	0.075	75.5	11.1	2.8	97.2
Fundo		19.4	2.8	0.0	-
Total		682.8	100.0	-	-

\*O número da peneira corresponde a escala da ASTM



[De: Rato, V. M. "Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamazas". Tese Doctoral em Engenharia Civil, Especialidade em Reabilitação do Património Edificado: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2006].



