

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO**  
**Recinto de Río Piedras**  
**Facultad de Estudios Generales**  
**Departamento de Ciencias Físicas**

**Título:** Ciencia de Materiales en el Arte

**Título en inglés:** Applied Material Science: Art

**Codificación:** CIFI 4074

**Número de horas/crédito:** 3 (Tres horas/semana de discusión, 45 horas totales)

**Equivalencia en horas crédito para la carga académica del profesor:** 3 créditos

**Prerrequisitos, correquisitos y otros requerimientos:** Ninguno

### **Descripción del curso**

Curso interdisciplinario que cumple como componente de Educación General en Ciencias a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Naturales. Se estudia el desarrollo histórico del concepto de enlace e interacción molecular, los enfoques teóricos para entender el comportamiento y compatibilidades de los compuestos químicos. Los conceptos epistemológicos son ejemplificados mediante las teorías de la formación de enlaces e interacciones moleculares. Se abordan las características y el uso de los materiales artísticos. El estudiante podrá entender cómo el conocimiento científico explica la compatibilidad y el deterioro de los materiales, o aspectos ambientales que aceleran su degradación. Se favorece el método dialógico mediante el estudio de casos reales. Incluye un proyecto teórico o práctico de investigación, relacionado con materiales empleados en el patrimonio cultural tangible. Se ofrece en modalidad presencial e híbrida.

### **Objetivos de aprendizaje**

Este curso cumple con los objetivos generales del Departamento de Ciencias Físicas. Además, este curso tiene también por objetivos, que el estudiante pueda:

1. Definir en profundidad los diferentes tipos de enlaces químicos.
2. Relatar el desarrollo histórico del concepto de enlace químico estudiando los aportes de los principales científicos que investigaron este concepto.
3. Explicar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas.
4. Relacionar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas con las propiedades macroscópica de los materiales.
5. Clasificar los diferentes materiales empleados en las artes plásticas según sus características químico-físicas: compuestos orgánicos, inorgánicos, solventes,

- sales, compuestos moleculares, metales, aleaciones, polímeros, materiales cristalinos, materiales amorfos, etc.
6. Ser capaz de identificar las causas, a nivel microscópico, de los procesos de deterioro de los materiales.
  7. Aplicar la estructura conceptual de una definición, un dato, una hipótesis científica, una generalización empírica, una ley científica y de una teoría científica, para identificar, en los casos estudiados, los enunciados que respondan a ellas.
  8. Argumentar, utilizando hipótesis, procesos lógicos y evidencias empíricas en torno a los procesos utilizados en el campo de la conservación de artefactos de interés cultural y en el campo de las Ciencias Físicas.
  9. Comparar la estructura de un discurso desde las ciencias experimentales con la de discursos de otras disciplinas, tales como la Historia, la Arquitectura, la Historia del Arte y la Arqueología.
  10. Desarrollar competencias en el uso de tecnologías de información, a través del uso continuo de las mismas para preparar trabajos en clase.
  11. Comparar e integrar los aportes de las diferentes disciplinas a la resolución de un problema específico de conservación del patrimonio cultural.
  12. Contribuir de forma efectiva a la inclusión de compañeros estudiantes con diversidad funcional en el salón de clases.
  13. Al trabajar en equipo, hacer los acomodos necesarios para incluir compañeros estudiantes con diversidad funcional.

### Bosquejo de contenido y distribución del tiempo

Algunos de los tópicos serán discutidos mediante el estudio de casos reales a lo largo del semestre, y estarán integrados dentro del estudio de esos casos. Según entienda conveniente, el profesor hará las adaptaciones oportunas respetando el tiempo dedicado a cada uno de los tópicos a seguir, que incluye las horas dedicadas a los exámenes y su discusión.

Bosquejo de contenido	Modalidad Presencial	Modalidad Híbrida
I – El desarrollo histórico-científico del “enlace químico” <ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción a la teoría atomística</li> <li>● Teoría de la “afinidad química”</li> <li>● Teoría dualista de la materia</li> <li>● El surgimiento del concepto “enlace químico”</li> <li>● Descubrimiento de la estructura molecular</li> </ul>	11.0 horas	11.0 horas (9.0 horas en línea)

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Teorías para un concepto complejo: VSEPR (geometría molecular), enlaces de valencia (estructura molecular con pares de electrones localizados), teoría del orbital molecular (estructura con orbitales delocalizados), teoría del campo cristalino, teoría de campo de ligando, etc.</li> <li>● Super-estructuras químicas complejas</li> <li>● Simplificaciones prácticas: tendencias generales empleadas en química</li> </ul>		
<p>II - La naturaleza de la ciencia y la estructura del conocimiento científico empírico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Acerca de ciencia y ciencias físicas</li> <li>● Conceptos epistemológicos</li> <li>● La estructura del método científico: obtención de generalizaciones empíricas científicas.</li> <li>● Introducción a la estructura del método científico: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Naturaleza de las teorías científicas.</li> <li>○ El método de investigación</li> </ul> </li> </ul>	4.0 horas	4.0 horas (2.0 horas en línea)
<p>III – Aspectos ético-humanísticos relacionados a la ciencia en el arte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● La importancia de la evaluación del estado de los materiales;</li> <li>● La falsificación de los materiales y piezas;</li> <li>● El muestreo: valoración de aspectos éticos;</li> <li>● Uso, degradación y envejecimiento de objetos de interés cultural</li> </ul>	2.0 horas	2.0 horas (2.0 horas en línea)
<p>IV - Materiales en el arte: características, propiedades y deterioro</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Metales y aleaciones</li> <li>● Piedras y minerales: construcción arquitectónica y estatuaria</li> <li>● Cerámica, morteros y concreto</li> <li>● Vidrio y esmalte vítreo</li> <li>● Solventes y emulsiones</li> <li>● Pigmentos y pinturas</li> <li>● Plásticos y polímeros artificiales</li> </ul>	16.0 horas	16.0 horas (14.5 horas en línea)

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Madera y papel</li> <li>● Adhesivos y pegas</li> <li>● Textiles y materiales fibrosos</li> <li>● Nanomateriales</li> </ul>		
<p>V – La ciencia experimental y los criterios en materiales y procesos de conservación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Elección adecuada de tratamientos</li> <li>● Materiales y procesos novedosos (nanomateriales, geles, láser, hielo seco, etc.)</li> </ul>	6.0 horas	6.0 horas (4.0 horas en línea)
<p>Exámenes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Primer parcial y discusión del examen</li> <li>● Segundo parcial y discusión del examen</li> <li>● Tercer parcial y discusión del examen</li> </ul>	2.0 horas 2.0 horas 2.0 horas	2.0 horas 2.0 horas 2.0 horas
<b>TOTAL DE HORAS</b>	<b>45.0 horas</b>	<b>45.0 horas (31.0 horas en línea - 70% del tiempo)</b>

#### Proyectos de investigación sugeridos:

1. Microanálisis químico cualitativo
2. Conservación de obras poliméricas
3. Nuevos vidrios para nuevos usos
4. La modificación y la construcción de estructuras en superficies
5. Detección de agentes de deterioro químico en museos
6. El deterioro de fibras textiles
7. Desvanecimiento de los tintes orgánicos
8. Nuevos aditivos en pinturas
9. Nanomateriales en el arte
10. Metales: una aleación para cada ambiente

#### Actividades de campo sugeridas:

1. Visitas a talleres de artistas y exposiciones que trabajan con diferentes materiales (metales, madera, pintura, plásticos y resinas, fibras naturales, etc.)
2. Visitas a talleres dedicados a fabricación y conservación de artefactos (en la Facultad de Humanidades, en Bellos Oficios, en museos, privados, etc.).

3. Visitas a los laboratorios del Edificio de Ciencias Moleculares y de la Facultad de Ciencias Naturales.

### Técnicas instruccionales

La interacción entre el profesor y el estudiante se da sobre una base dialógica de discusión y seminarios. Se le presenta al estudiante una selección de las definiciones fundamentales e hipótesis medulares de la teoría de enlaces discutiendo su origen histórico y posterior desarrollo. Se estimula la aplicación de los conceptos adquiridos para explicar los fenómenos químicos presentados por diferentes materiales de interés artístico. Se utiliza también el método de estudio de casos reales aplicados a objetos artísticos y/o históricos al abordar los diferentes tópicos del curso. Una marcada orientación individual o a pequeños grupos de estudiantes es fundamental para la adecuada consecución del proyecto investigativo. Hasta un 25% del curso podrá ser ofrecido mediante actividades a distancia; se ofrecerá también en la modalidad híbrida.

Presencial	Híbrido (además de las presenciales)
Estudios de casos	Video conferencias sincrónicas o asincrónicas
Conferencias	Videos y documentales con preguntas guía
Textos	Guías generales para visitas a talleres, galerías y museos
Foros de discusión virtuales o presenciales	Visitas virtuales a talleres, galerías y museos
Seminarios	
Discusión en salón	
Trabajos colectivos e individuales	
Investigación temática experimental	
Simulaciones	
Visitas guiadas a talleres, galerías y museos	
Videos y documentales comentados y con discusión participativa	

### Recursos de aprendizaje e instalaciones mínimas disponibles o requeridos

El curso hará uso frecuente de recursos de aprendizaje asistidos por tecnologías tales como computadoras, Internet y equipo de proyección audiovisual. Las instalaciones disponibles para el curso son los salones de clase dotados de equipos audiovisuales y el Salón de Recursos Múltiples del Departamento. Se recomienda al profesor la interacción con el Museo de la Universidad, con el Centro de Caracterización de Materiales (MCC), que gestione visitas a laboratorios especializados en conservación o caracterización de materiales, museos, exposiciones, etc., según entienda conveniente. Se emplea material bibliográfico de libre acceso al público universitario.

<b>Recurso</b>	<b>Presencial</b>	<b>Híbrido</b>
Plataforma institucional de gestión de aprendizaje (Ej. Moodle)	Institución	Institución
Cuenta de correo electrónico institucional	Institución	Institución
Computadora con acceso a internet de alta velocidad	Institución/Estudiante	Institución/Estudiante
Equipo de proyección audiovisual	Institución	NA
Kit con muestras de materiales empleados en el Arte y Conservación de patrimonio	Institución	NA
E Equipos análisis químico-físico portátiles (aconsejable)	Institución	Institución
Equipos análisis químico-físico fijos (aconsejable)	Institución	Institución

### **Técnicas de evaluación**

Se evaluará mediante exámenes parciales, trabajos cortos sobre temas específicos, y participación en el curso, hasta un total de 70 % de la calificación. El proyecto de investigación es parte sustancial de la nota y deberá ser trabajado durante todo el semestre bajo la orientación del profesor.

<b>Presencial</b>	<b>Híbrido</b>
-------------------	----------------

Exámenes parciales .....60%	Exámenes parciales .....60%
Proyecto de investigación .....30%	Proyecto de investigación .....30%
Participación y trabajos cortos .....10%	Participación y trabajos cortos .....10%
<b>Total.....100%</b>	<b>Total.....100%</b>

**Acomodo razonable**

Según la Ley de Servicios Educativos Integrales para Personas con Impedimentos, todo estudiante que requiera acomodo razonable deberá notificarlo al profesor el primer día de clase. Los estudiantes que reciban servicios de Rehabilitación Vocacional deben comunicarse con el (la) profesor(a) al inicio del semestre para planificar el acomodo razonable y el equipo de asistencia necesario conforme a las recomendaciones de la Oficina de Servicios para Estudiantes con impedimentos (OSEI) del Decanato de Estudiantes. También aquellos estudiantes con necesidades especiales de algún tipo de asistencia o acomodo deben comunicarse con el (la) profesor(a). Si un alumno tiene una discapacidad documentada (ya sea física, psicológica, de aprendizaje o de otro tipo, que afecte su desempeño académico) y le gustaría solicitar disposiciones académicas especiales, éste debe comunicarse con la Oficina de Servicios para Estudiantes con Impedimentos (OSEI) del Decanato de Estudiantes, a fin de fijar una cita para dar inicio a los servicios pertinentes.

**Integridad académica**

La Universidad de Puerto Rico promueve los más altos estándares de integridad académica y científica. El Artículo 6.2 del Reglamento General de Estudiantes de la UPR (Certificación Núm. 13, 2009-2010, de la Junta de Síndicos) establece que “la deshonestidad académica incluye, pero no se limita a: acciones fraudulentas, la obtención de notas o grados académicos valiéndose de falsas o fraudulentas simulaciones, copiar total o parcialmente la labor académica de otra persona, plagiar total o parcialmente el trabajo de otra persona, copiar total o parcialmente las respuestas de otra persona a las preguntas de un examen, haciendo o consiguiendo que otro tome en su nombre cualquier prueba o examen oral o escrito, así como la ayuda o facilitación para que otra persona incurra en la referida conducta”. Cualquiera de estas acciones estará sujeta a sanciones disciplinarias en conformidad con el procedimiento disciplinario establecido en el Reglamento General de Estudiantes de la UPR vigente. Para velar por la integridad y seguridad de los datos de los usuarios, todo curso híbrido y en línea deberá ofrecerse mediante la plataforma institucional de gestión de aprendizaje, la cual utiliza protocolos seguros de conexión y autenticación. El sistema autentica la identidad del usuario utilizando el nombre de usuario y

contraseña asignados en su cuenta institucional. El usuario es responsable de mantener segura, proteger, y no compartir su contraseña con otras personas.

### **Revisión de calificaciones**

Se hará la revisión de las calificaciones de los estudiantes según la certificación del Senado Académico SA#53, del año académico 2016-2017: "Procedimiento Uniforme para la Revisión de Calificaciones en el Recinto de Río Piedras, corregido".

### **Prohibición de hostigamiento sexual**

"La Universidad de Puerto Rico prohíbe el discrimen por razón de sexo y género en todas sus modalidades, incluyendo el hostigamiento sexual. Según la Política Institucional contra el Hostigamiento Sexual en la Universidad de Puerto Rico, Certificación Núm. 130, 2014-2015 de la Junta de Gobierno, si un estudiante está siendo o fue afectado por conductas relacionadas a hostigamiento sexual, puede acudir ante la Oficina de la Procuraduría Estudiantil, el Decanato de Estudiantes o la Coordinadora de Cumplimiento con Título IX para orientación y/o presentar una queja".

Traducción del texto:

"The University of Puerto Rico prohibits discrimination based on sex, sexual orientation, and gender identity in any of its forms, including that of sexual harassment. According to the Institutional Policy Against Sexual Harassment at the University of Puerto Rico, Certification Num. 130, 2014-2015 from the Board of Governors, any student subjected to acts constituting sexual harassment, must turn to the Office of the Student Ombudsperson, the Office of the Dean of Students, and/or the Coordinator of the Office of Compliance with Title IX for an orientation and/or a formal complaint. "

### **Sistema de calificación**

Se usará el sistema de evaluación cuantificable acordado por el Departamento de Ciencias Físicas, según la siguiente distribución:

100 - 88 ☒ A  
87 - 75 ☒ B  
74 - 60 ☒ C  
59 - 47 ☒ D  
46 - 0 ☒ F

### **Plan de contingencia en caso de una emergencia**

En caso de surgir una emergencia o interrupción de clases, su profesor/a se comunicará vía correo electrónico institucional para coordinar la continuidad del ofrecimiento del curso.

## Bibliografia

Andretta, M., Coppola, F., & Seccia, L. (2016). Investigation on the interaction between the outdoor environment and the indoor microclimate of a historical library. *Journal of Cultural Heritage*, 17, 75–86. doi: 10.1016/j.culher.2015.07.002

Asbury, J. B., Steinel, T., & Fayer, M. D. (2004). *Hydrogen Bond Networks: Structure and Evolution after Hydrogen Bond Breaking†*. *The Journal of Physical Chemistry B*, 108(21), 6544–6554. doi:10.1021/jp036600c

Baglioni, P., Berti, D., Bonini, M., Carretti, E., Perez, M. D. C. C., Chelazzi, D., ... Arroyo., M. C. (2012). Gels for the Conservation of Cultural Heritage. *MRS Proceedings*, 1418. doi: 10.1557/opl.2012.97

Baglioni, P., Berti, D., Bonini, M., Carretti, E., Dei, L., Fratini, E., & Giorgi, R. (2014). Micelle, microemulsions, and gels for the conservation of cultural heritage. *Advances in Colloid and Interface Science*, 205, 361–371. doi: 10.1016/j.cis.2013.09.008

Ball, P. (2011). *Beyond the bond*. *Nature*, 469(7328), 26–28. doi:10.1038/469026a

Bantz, D. A. (1980). *The Structure of Discovery: Evolution of Structural Accounts of Chemical Bonding*. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 291–329. doi:10.1007/978-94-009-9015-9\_16

Barker, V., & Millar, R. (2000). *Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? International Journal of Science Education*, 22(11), 1171–1200. doi:10.1080/09500690050166742

Brock, W. H., & Brock, W. H. (1993). *The Norton history of chemistry*. New York: Norton. ISBN-13: 978-0393310436; ISBN-10: 0393310434

Cavaleri, T., Buscaglia, P., Migliorini, S. *et al.* (2017) Pictorial materials database: 1200 combinations of pigments, dyes, binders and varnishes designed as a tool for heritage science and conservation. *Appl. Phys. A* 123, 419. <https://doi.org/10.1007/s00339-017-1031-1>

Costa, V., (2019). *Modern Metals in Cultural Heritage*. Los Angeles: Getty Conservation Institute.

Cultural Heritage Conservation and Environmental Impact Assessment by Non-Destructive Testing and Micro-Analysis. CRC Press. doi: 10.1201/9781482283983

Desiraju, G. R. (2010). *A Bond by Any Other Name*. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(1), 52–59. doi:10.1002/anie.201002960

Dyar, M. D., Gunter, M. E., & Tasa, D. (2008). *Mineralogy and optical mineralogy*. Chantilly (Va.): Mineralogical Society of America

Frailich, M., Kesner, M., & Hofstein, A. (2009). *Enhancing students' understanding of the concept of chemical bonding by using activities provided on an interactive website. Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 289–310. doi:10.1002/tea.20278

Hermens, E., Fiske, T. (2009). *Art, Conservation and Authenticities: Material, Concept, Context*. Londres, Reino Unido: Archetype Publications. ISBN-13: 978-1904982517.

Hund, F. (1977). Early History of the Quantum Mechanical Treatment of the Chemical Bond. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 16(2), 87–91. doi: 10.1002/anie.197700871

Instituto del Patrimonio Histórico Español. (2008). *La ciencia y el arte. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio histórico*. Madrid, España: Ministerio de la Cultura. Publicaciones. ISBN-13: 978-8481813593.

Klein, D. J. (1983). *Valence bond theory for conjugated hydrocarbons. Pure and Applied Chemistry*, 55(2), 299–306. doi:10.1351/pac198855020299

Kohler, R. E. (1971). *The Origin of G. N. Lewis's Theory of the Shared Pair Bond. Historical Studies in the Physical Sciences*, 3, 343–376. doi:10.2307/27757322

Kollman, P. A., & Allen, L. C. (1972). *Theory of the hydrogen bond. Chemical Reviews*, 72(3), 283–303. doi:10.1021/cr60277a004

Lehn, J. (1993). Supramolecular chemistry. *Science*, 260(5115), 1762–1763. doi: 10.1126/science.8511582

Letardi, P. (2013). Electrochemical measurements in the conservation of metallic heritage artefacts: an overview. *Corrosion and Conservation of Cultural Heritage Metallic Artefacts*, 126–148. doi: 10.1533/9781782421573.2.126

Machado, C., Machado, A., Palomar, T., Alves, L. C., & Vilarigues, M. (2019). Debitus grisailles for stained-glass conservation: an analytical study. *Conservar Património*, 34, 65–72. <https://doi.org/10.14568/cp2018067>

Moutinho, S., Costa, C., Andrejkovičová, S., Mariz, L., Sequeira, C., Terroso, D., Rocha, F., & Velosa, A. (2020). Assessment of properties of metakaolin-based geopolymers applied in the conservation of tile facades. *Construction and Building Materials*, 259, 119759. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119759>

Mulliken, R. S. (1978). *Chemical Bonding. Annual Review of Physical Chemistry*, 29(1), 1–31. doi:10.1146/annurev.pc.29.100178.000245

Oganov, A. R., Lyakhov, A. O., & Valle, M. (2011). *How Evolutionary Crystal Structure Prediction Works—and Why. Accounts of Chemical Research*, 44(3), 227–237. doi:10.1021/ar10013

Othman, J., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). *An Investigation into the Relationship between Students' Conceptions of the Particulate Nature of Matter and their Understanding of Chemical Bonding*. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531–1550. doi:10.1080/09500690701459897

Özmen, H. (2004). *Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding*. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147–159. doi:10.1023/b: jost.0000031255.92943.6d

Pauling, L. (1931). The Nature of The Chemical Bond. Application of Results Obtained from The Quantum Mechanics and from a Theory of Paramagnetic Susceptibility to The Structure of Molecules. *Journal of the American Chemical Society*, 53(4), 1367–1400. doi: 10.1021/ja01355a027

Pauling, L. (1931). The Nature of the Chemical Bonding. II. The one-electron bond and the three-electron bond. *Journal of the American Chemical Society*, 53(9), 3225–3237. doi:10.1021/ja01360a004

Pearson, R. G. (1969). Symmetry rule for predicting molecular structures. *Journal of the American Chemical Society*, 91(18), 4947–4955. doi:10.1021/ja01046a001

Pelosi, C., Fodaro, D., Sforzini, L., Falcucci, C., Baraldi, P. (2016). The terracotta modelli of Palazzo Venezia in Rome: Investigation of the constituent materials for fundamental knowledge and to aid conservation decisions. *Studies in Conservation*, 62(5), 266–282. <https://doi.org/10.1179/2047058415y.0000000021>

Reinprecht, Ladislav. *Wood Deterioration, Protection, and Maintenance*. Wiley Blackwell, 2016.

Salvador, C., Bordalo, R., Silva, M. *et al.* On the conservation of easel paintings: evaluation of microbial contamination and artists materials. *Appl. Phys. A* 123, 80 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00339-016-0704-5>

Samorì, C., Galletti, P., Giorgini, L., Mazzeo, R., Mazzocchetti, L., Prati, S., ... Tagliavini, E. (2016). The Green Attitude in Art Conservation: Polyhydroxybutyrate-based Gels for the Cleaning of Oil Paintings. *Chemistry Select*, 1(15), 4502–4508. doi: 10.1002/slct.201601180

Shanefield, Daniel J. *Organic Additives and Ceramic Processing: with Applications in Powder Metallurgy, Ink, and Paint*. Kluwer Academic Publishers, 1999.

Sperling, L.H. *Introduction to Physical Polymer Science*. Wiley, 2006.

Streitwieser, A. (2013). *Molecular Orbital Theory for Organic Chemists. Pioneers of Quantum Chemistry*, 275–300. doi:10.1021/bk-2013-1122.ch009

Shelby, J. E. *Introduction to Glass Science and Technology*. Royal Society of Chemistry, 2005.

Sutcliffe, B. T. (1992). The chemical bond and molecular structure. *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, 259, 29–58. doi: 10.1016/0166-1280(92)87004-j

Ul-Islam, Shahid, and B. S. Butola. *Advanced Functional Textiles and Polymers: Fabrication, Processing and Applications*. John Wiley & Sons, Inc., 2019.

Volf Miloš Bohuslav. *Chemical Approach to Glass. Igneous Glassworks*, 2011.

Wang, Y., Wang, Y., Breed, D. R., Manoharan, V. N., Feng, L., Hollingsworth, A. D., ... Pine, D. J. (2012). Colloids with valence and specific directional bonding. *Nature*, 491(7422), 51–55. doi: 10.1038/nature11564

van Grieken, R. (Ed.), Janssens, K. (Ed.). (2005). *Cultural Heritage Conservation and Environmental Impact Assessment by Non-Destructive Testing and Micro-Analysis*. London: CRC Press, <https://doi.org/10.1201/9781482283983>

### **Videos cortos disponibles en red:**

<https://www.youtube.com/watch?v=TFhKZv-fgXs> (Carnegie Museum)

[https://www.youtube.com/watch?v=z-7BKDfaZpg&list=PLbE\\_QrapFjpSzdgSyy1pE5OWMJxMpuy86](https://www.youtube.com/watch?v=z-7BKDfaZpg&list=PLbE_QrapFjpSzdgSyy1pE5OWMJxMpuy86) (conservación en el MET)

[https://www.youtube.com/watch?v=cZI\\_QubsqWU](https://www.youtube.com/watch?v=cZI_QubsqWU) (restauración Capilla Sixtina)

<https://www.youtube.com/watch?v=4MFL6RDfCms> (*The Discovery & Restoration of Leonardo da Vinci's Long-Lost Painting "Salvator Mundi"*)

<https://www.youtube.com/watch?v=UeDG8XDt2mc> (The Art and Science of Conservation: Behind the Scenes at the Freer Gallery of Art)

<https://www.youtube.com/watch?v=tITxbfvsL4o> (ACS: What Chemists Do-Art Conservation Science-Part 1)

<https://www.youtube.com/watch?v=Qn5TAySC46w> (ACS: What Chemists Do-Art Conservation Science-Part 2 XRD)

<https://www.youtube.com/watch?v=jKZyiB4t6G0> (ACS: What Chemists Do-Art Conservation Science-Part 3 GC-MS)

[https://www.youtube.com/watch?v=AYZv\\_AADTr4](https://www.youtube.com/watch?v=AYZv_AADTr4) (Buffalo State Univ. - Art Conservation Department: Paper Specialization)

<https://www.youtube.com/watch?v=CtiKkJrB-ag> (The Chemistry of Color)

<https://www.youtube.com/watch?v=vYN-anlXcBs> (When science meets art | Fabian Oefner | TEDxWarwick)

<https://www.youtube.com/watch?v=tK0h7dmDYjA> (Solve it with Science - the chemistry of art conservation)

<https://www.youtube.com/watch?v=odeG3HBEpSQ> (Microscopically reweaving a 1907 painting | CONSERVATION STORIES)

[https://www.youtube.com/watch?v=U4Byoct7VlU&list=PLsc7hDuLlcV98o6ZMaL9G\\_7IfHXfNhFru](https://www.youtube.com/watch?v=U4Byoct7VlU&list=PLsc7hDuLlcV98o6ZMaL9G_7IfHXfNhFru) (The Department of Scientific Research at The Metropolitan Museum of Art)

<https://www.youtube.com/watch?v=cDwweVP24oM> (Master | Conservation and Restoration of Cultural Heritage | University of Amsterdam)

# ANEJOS

## Anejo 1

### Plan de evaluación del curso

	<b>Objetivo bajo evaluación</b>	<b>Actividad</b>	<b>Criterios de éxito o efectividad</b>
1	Definir en profundidad los diferentes tipos de enlaces químicos	Ejercicios de solución de problemas relacionados a esos conceptos	Se presentan ejercicios variados y se aplica el concepto de enlaces químicos en varias de las unidades estudiadas
2	Relatar el desarrollo histórico del concepto de enlace químico estudiando los aportes de los principales científicos que investigaron este concepto	Discusión de lecturas originales o artículos científicos relacionados al tema	Hay foros de discusión o ensayos de comprensión de las lecturas y artículos
3	Explicar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas	Discusión de lecturas originales o artículos científicos relacionados al tema	Hay foros de discusión, presentaciones orales o ensayos de comprensión de las lecturas y artículos
4	Relacionar los diferentes tipos de interacciones entre entidades químicas con las propiedades macroscópica de los materiales.	Proyecto de investigación	El proyecto de investigación provee la oportunidad para que el estudiante analice, profundice y redacte sus conclusiones enlazando las propiedades a nivel micro (atómica, molecular, nanoestructuras) con las propiedades macroscópicas
5	Clasificar los diferentes materiales	Ejercicios en salón, o en las visitas a	Se da la oportunidad al estudiante de

	empleados en las artes plásticas según sus características químico-físicas: compuestos orgánicos, inorgánicos, solventes, sales, compuestos moleculares, metales, aleaciones, polímeros, materiales cristalinos, materiales amorfos, etc.	talleres artesanales, artísticos o de conservación, de categorización y clasificación de materiales	interaccionar con diferentes tipos de materiales, sea de modo directo o virtual, que le capacite a identificar los materiales según sus propiedades
6	Ser capaz de identificar las causas, a nivel microscópico, de los procesos de deterioro de los materiales.	Estudio de casos de conservación de patrimonio cultural tangible Visitas a laboratorios de conservación, museos, colecciones Presentación de artefactos con problemas de conservación para examen en salón de clase o laboratorio Proyecto de investigación	El estudiante tiene la oportunidad de presentar informes de estado de conservación en los casos reales o reportados en literatura Se identifican los deterioros en artefactos durante visitas a museos y colecciones El proyecto de investigación ofrece oportunidad de identificar las causas microscópicas del deterioro, sea experimentalmente o por los datos presentados en las referencias bibliográficas
7	Aplicar la estructura conceptual de una definición, un dato, una hipótesis científica, una generalización empírica, una ley científica y de una teoría científica, para identificar, en los casos estudiados, los enunciados que respondan a ellas	Análisis de textos, videos, o cualquier tipo de comunicación de ciencia específica del campo de las ciencias naturales, relacionados a materiales artísticos o conservación de artefactos	Los materiales presentados y las actividades solicitadas a los estudiantes son aptas para la identificación y ejemplificación de los conceptos epistemológicos

8	Argumentar, utilizando hipótesis, procesos lógicos y evidencias empíricas en torno a los procesos utilizados en el campo de la conservación de artefactos de interés cultural y en el campo de las Ciencias Físicas	Análisis grupal, foro o ensayo acerca de artículos científicos o casos reales de conservación y la solución ofrecida para resolverlos	Se da la oportunidad al estudiante de, al menos en un par de ocasiones, usar o desarrollar un proceso lógico para la evaluación crítica al problema planteado en el caso de estudio
9	Comparar la estructura de un discurso desde las ciencias experimentales con la de discursos de otras disciplinas, tales como la Historia, la Arquitectura, la Historia del Arte y la Arqueología.	Estudio de casos de conservación de patrimonio cultural tangible	El curso incorpora, para la mayoría de los casos de estudio, tareas en las que se analiza comparativamente la información provista por las distintas disciplinas sobre el problema o artefacto en discusión
10	Desarrollar competencias en el uso de tecnologías de información, a través del uso continuo de las mismas para preparar trabajos en clase	Proyecto de investigación	El estudiante tiene que hacer una revisión bibliográfica acerca del tema de investigación o para el análisis de los datos obtenidos en su proyecto (si este incluye una parte experimental)
11	Comparar e integrar los aportes de las diferentes disciplinas a la resolución de un problema específico de conservación del patrimonio cultural.	Estudio de casos de conservación o de materiales constitutivos del patrimonio cultural tangible	El curso incorpora, para la mayoría de los casos de estudio, foros, discusión en salón, análisis de intervenciones en artefactos, presentaciones grupales, confección de informes, u otras actividades en las que el estudiante tiene que hacer un análisis comparativo de los aportes de diferentes disciplinas en la solución alcanzada para un problema de conservación o conocimiento de un

			material relacionado a un objeto cultural tangible
12	Contribuir de forma efectiva a la inclusión de compañeros estudiantes con diversidad funcional en el salón de clases	Discusión grupal de caso de ética relacionado a materiales o conservación y la redacción de unas conclusiones	El material de guía de la discusión y redacción de las conclusiones considera la participación necesaria y efectiva de todos los componentes del grupo
13	Al trabajar en equipo, hacer los acomodos necesarios para incluir compañeros estudiantes con diversidad funcional	Proyecto de investigación	El proyecto de investigación permite que estudiantes con diversidad funcional ejecuten tareas importantes y conducentes al éxito de este

## Anejo 2

### Objetivos generales de los requisitos de la Certificación 46

Este curso satisface los objetivos generales del Departamento de Ciencias Físicas que corresponden a los requisitos de la Certificación 46 del SA UPRRP, año académico 2005-2006 (“Revisión del Bachillerato en el Recinto de Río Piedras”), en particular los que se refieren a la educación general en las ciencias experimentales y su relación con los demás campos del saber, visto que el curso tiene un enfoque multi e interdisciplinario. Además, el curso ofrece una oportunidad al estudiante para introducirse en el área de la conservación del patrimonio tangible, en que cada problema es único, complejo y que necesita una solución integradora que atienda no sólo el aspecto físico de un artefacto, sino que los considera en su espacio social, humanístico y ambiental. Teorías sobre la constitución de la materia y su aplicación a la ciencia de los materiales ilustran los fundamentos y procesos de la producción del conocimiento científico experimental. En particular, el curso contribuye a que el estudiante:

1. desarrolle su capacidad para el pensamiento reflexivo y crítico que promueva la responsabilidad social, cultural, ambiental y cívica, principalmente en lo que se aplica a la resolución de problemas de conservación de materiales
2. comprenda los procesos de creación del conocimiento científico experimental y el impacto en el conocimiento de los materiales y tecnología aplicada
3. comprenda los conceptos y metodologías de las ciencias naturales, su impacto en las ciencias sociales y humanísticas y el importe de la investigación científica a otras áreas del saber
4. adquiera conocimientos generales en el campo de la conservación de patrimonio cultural tangible que le ilustran un nuevo campo a explorar en sus estudios graduados
6. adquiera conocimientos y competencias necesarias para la investigación experimental aplicada a materiales y artefactos culturales, respetando la ética profesional particular de ese campo
7. desarrolle una comprensión crítica sobre diversas formas de prácticas normativas en el campo de la conservación que aplican conocimiento de las ciencias experimentales
8. analice el impacto de la ciencia experimental y de la tecnología en lo ético, lo moral, lo jurídico y lo religioso, cuando el quehacer humano afecta el patrimonio cultural tangible
9. comprenda y evalúe la diversidad del patrimonio cultural tangible de nuestro país, las circunstancias puertorriqueñas que impactan su conservación, y lo que acontece con patrimonios similares en el entorno caribeño, hemisférico y mundial

10. desarrolle competencias necesarias para la búsqueda, el manejo efectivo y el uso ético de la información, así como para la utilización de la tecnología como herramienta para crear, manejar y aplicar el conocimiento.

11. desarrolle competencias para el trabajo en equipo, la toma de decisiones y la solución de problemas complejos

### Anejo 3

#### Justificación del curso

Es responsabilidad de cada generación que hereda un patrimonio cultural darle buen uso, conservarlo y transmitirlo a los futuros ciudadanos. El patrimonio cultural tangible – edificaciones, obras de arte, espacios físicos, etc. - es uno de los pilares en que se construye una sociedad: la aúna, identifica y diferencia. Ser transmisores de una cultura, en lo que se refiere al patrimonio tangible, exige un acercamiento multidisciplinario a la materialidad de los artefactos culturales. Importa la historia del objeto, de qué está hecho, la metodología de su producción, la intención del que lo hizo, el uso a que se destina, etc. Por otro lado, la permanencia del objeto cultural pide conocer los materiales, sus características, el testimonio que la materialidad guarda del proceso creativo e histórico, su proceso de deterioro, los aspectos ambientales que facilitan o dificultan la preservación del bien cultural, etc. Esos son algunos de los aspectos estudiados por las ciencias naturales que aportan a la conservación de los bienes culturales. Importan las características químico-físicas de los materiales, cómo se constituye la materia, los procesos de degradación y cómo estos afectan el bien cultural. Son aspectos que deben ser conocidos por todos, si se desea transmitir de modo seguro el patrimonio cultural tangible que se ha heredado. Además - y sin abandonar una comprensión holística del bien cultural -, al estudiante del área de las ciencias naturales, el curso posibilita la integración de los conocimientos científicos aprendidos en diversos cursos, mientras ofrece un ejemplo de aplicación de esos conocimientos en la resolución de problemas prácticos, reales y con gran impacto sociocultural. Con un fuerte contenido epistemológico, el curso provee al estudiante de las ciencias naturales una oportunidad de desarrollar un proyecto de investigación científica.

## **Anejo 4**

Proponente: Ing. Estevão (Esteban) Rosim Fachini

Interdisciplinary course to meet the requirement of the component of General Education in Sciences for students of the Faculty of Natural Sciences. The historical development of the concept of molecular bonding and interaction, the theoretical approaches to understand the behavior and the compatibility of chemical compounds are studied. Epistemological concepts are exemplified by the theories of link formation and molecular interactions. The micro level is related to the macroscopic properties of materials. The characteristics and use of art materials are covered. The student will be able to understand how scientific knowledge explains the compatibility and deterioration of materials, or environmental aspects that accelerate their degradation. The dialogic method is favored through the study of real cases. It includes a theoretical or practical research project, related to materials used in cultural tangible heritage.