

**Planificación de la Asignatura:** Comportamiento Físico de Biomateriales

**Fecha:** 23/10/2024 13:02

**Código:** B0837

**Carrera:** Bioingeniería

**Departamento Académico:** Físico-Química

**Docente a cargo:**

**Correo del docente a cargo:** jose.angelini@uner.edu.ar

**Régimen de Dictado:** Cuatrimestral doble oferta

**Carga Horaria Semanal:** 6 horas semanales

**Carga Horaria Total:** 84 horas

---

**Contenidos Mínimos:**

Relación entre propiedades, estructura, conformado y comportamiento de biomateriales. Diagramas de fases binarios sólido-líquido y sólido-sólido y ternarios entre sólidos. Propiedades mecánicas dinámicas de biomateriales. Propiedades de superficies. Biomateriales metálicos, cerámicos y polímeros. Siliconas. Hidrogeles y composites. Introducción a los materiales inteligentes y a los biomateriales para ingeniería de tejidos y proinflamatorios.

---

**Correlativas Regulares para cursar:**

Mecánica del Sólido

Mecánica de Fluidos

**Correlativas Aprobadas para cursar:**

Química Orgánica y Biológica

**Correlativas Aprobadas para promocionar o rendir el examen final:**

Segundo año completo

Mecánica del Sólido

---

**Objetivo General:**

Se espera que el estudiante logre:

- 1) Seleccionar el material adecuado para ser utilizado en un dispositivo biomédico implantable.
- 2) Seleccionar el método de conformado de prótesis y determinar la influencia de estos métodos en las propiedades de los biomateriales.
- 3) Analizar el comportamiento mecánico de una prótesis en condiciones dinámicas.
- 4) Analizar la influencia de la prótesis diseñada, sobre las propiedades biomecánica de los tejidos biológicos que la alojan.
- 5) Conocer y comprender, el proceso de adhesión entre biomateriales y los tejidos que lo alojan.

**Objetivos Particulares:**

Para cumplir el objetivo general 1: "Seleccionar el material adecuado para ser utilizado en un dispositivo biomédico implantable".

para ello se espera que el alumno :

- a) Que analice la organización estructural de las aleaciones metálicas (Aleaciones con base a Hierro, Cobalto y Titanio principalmente ya que son los de mayor uso). Para ello determine, cómo afecta en sus propiedades cada elemento constituyente, las composiciones de sus componentes, y la función de cada uno en la aleación.
- b) Conozca propiedades mecánicas, físicas y biológicas que le permitan elaborar criterios que permitan la selección de biomaterial.
- c) Estime, cuál sería el comportamiento biomecánico del biomaterial en relación al tejido que lo aloja.
- e) Que conozca, comprenda y realice ensayos normalizados requeridos según normativas IRAM a una prótesis metálica.

Para cumplir con el objetivo general 2: "Seleccionar el método de conformado de prótesis y determinar la influencia de estos métodos en las propiedades de los biomateriales,"

Se espera que el alumno logre:

- a) Conocer y comprender los métodos de conformado principales; colado, forjado en caliente y en frío, maquinado.
- b) Conocer y comprender los principales métodos de tratamientos superficiales.
- c) Interrelacionar la influencia de los métodos de conformado y tratamientos superficiales sobre las

propiedades mecánicas y biológicas de los biomateriales.

Para cumplir con el objetivo general 3: "Analizar el comportamiento mecánico de una prótesis en condiciones dinámicas."

Se espera que el alumno logre:

- a) Conocer y analizar las respuestas dinámicas de los materiales en situaciones de impacto, fatiga, fluencia lenta.
- b) Aplicar a casos concretos modelos de fractura por fatiga y modelos viscoelásticos.
- c) Que se relacione con métodos de modelado y simulación computacional que permiten predecir el comportamiento mecánico de una prótesis.
- e) Que realice un ensayo de Impacto.

Para cumplir con el objetivo general 4: "Analizar la influencia de la prótesis diseñada, sobre las propiedades biomecánica de los tejidos biológicos que la alojan."

Se espera que el alumno:

- a) Determine y analice la influencia de la distribución de tensiones, en condiciones dinámicas, sobre los tejidos que alojan la prótesis.
- b) Conozca y analice los mecanismos adaptativos tisulares y evalúe si estas adaptaciones son perjudiciales para sobrevivencia del tejido.
- c) Conozca las condiciones que provocan la inestabilidad en una prótesis de cadera (aflojamiento aséptico).

Para cumplir con el objetivo general 5: "Conocer y comprender, el proceso de adhesión entre biomateriales y los tejidos que lo alojan."

Se espera que el alumno logre:

- a) Conocer los métodos de elaboración de materiales poliméricos
- b) Realizar un ensayo de conformación de polímeros y materiales compuestos
- b) Conocer y analizar la estructura de materiales odontológicos y cementos óseos.
- c) Conocer y analizar la interacción superficial entre un biomaterial y el tejido biológico.
- d) Conozca los criterios para lograr adhesión.

Objetivos específicos particulares comunes a todos los objetivos:

Que los alumnos:

Relacionen con la simbología, nomenclatura y normativa utilizada en la ciencia e ingeniería de los biomateriales.



Desarrollen hábitos de auto aprendizaje

Desarrollen su comunicación oral y escrita

Identifiquen el campo de la Ciencia e Ingeniería de los Biomateriales como área de su posible desempeño profesional.

**Programa Analítico:**

Tema 1: Introducción a la asignatura: La ciencia e ingeniería de los biomateriales. Los materiales estructurales y su clasificación. Modelos extremos de sustancias y sus desviaciones. Estructura de los sólidos vítreos y cristalinos. Sistemas cristalinos compactos y semicompactos. Redes cristalinas: clasificación, características y defectos Relación entre propiedades, estructura, conformado y comportamiento de materiales. Endurecimiento de metales.

Tema 2: Transformaciones de fase: Materiales puros: alotropía y polimorfismo. Clases de transformaciones polimórficas. Mezclas sólidas homogéneas y heterogéneas. Disoluciones sólidas y compuestos intermetálicos. Aleaciones multifase Reglas de las fases y de la palanca. Diagramas isobáricos binarios de equilibrio de fases líquido - sólido y sólido - sólido. Sistemas isomorfos. Disoluciones de punto de fusión congruente. Sistemas parcialmente miscibles. Transformaciones orden - desorden. Equilibrios de tres fases: eutéctico, peritéctico, monotéctico, sintéctico, eutectoide y peritectoide. Diagramas ternarios.

Tema 3: Aleaciones con base hierro: Alotropía del hierro. Diagrama metaestable Fe-Fe<sub>3</sub>C y estable Fe-C. Transformaciones de equilibrio y de no equilibrio en aceros. Diagramas TTT y CCT. Aceros al carbono y aceros aleados. Normalización y nomenclatura de aceros. El sistema de numeración unificado (UNS)

Tema 4: Biomateriales metálicos ferrosos: Aceros inoxidables: clasificación, propiedades y formas de endurecimiento. Aceros para instrumental quirúrgico con filo. Aceros austeníticos: clasificación e interpretación de sus composiciones

Tema 5: Biomateriales metálicos no ferrosos: Aleaciones con base cobalto y con base níquel. Titanio: propiedades y grados de pureza. Aleaciones de titanio. Memoria de forma. Amalgamas. Otras aleaciones de interés biomédico: su relación con la tabla periódica

Tema 6: Propiedades mecánicas dinámicas de Impacto, fatiga dinámica, creep y anelasticidad: Impacto elástico y factor de impacto. Ensayos de impacto y de desgarramiento. Fractura por impacto. Fluencia lenta. Fractura por fluencia lenta. Fatiga dinámica. Efectos combinados de fatiga y creep. Propiedades tribológicas. Ecuaciones de desgaste.

Tema 7: Propiedades viscoelásticas: Viscoelasticidad: modelos de Voigt y de Maxwell. Ensayos estático, de creep, de relajación y de recuperación de la deformación.

Tema 8: Propiedades de superficies. Tensión superficial y ángulo de contacto. Trabajos de cohesión y de adhesión. Naturaleza de la adhesión. Criterios para lograr adhesión. Adhesión a estructuras óseas: Dentina, esmalte y tejido óseo esponjoso. Adhesión en odontología. Microfiltraciones marginales, la relación entre adhesión y las propiedades mecánicas.

Tema 9: Biomateriales poliméricos y compuestos: Definición y clasificaciones de Carothers y de Kienle. Polímeros de adición vinílicos, vinilidénicos, tri y tetra sustituidos. Polimerización por radicales libres. Copolímeros. Polímeros de condensación: poliésteres, poliamidas, policarbonatos, poliuretanos y poliúreas. Polímeros termoplásticos, termorrígidos y elastómeros. Polímeros inertes y bioabsorbibles. Propiedades de los polímeros. Efectos estructurales sobre las propiedades. Cristalinidad, tacticidad e isomería. Grado de polimerización y polidispersión. Aditivos para polímeros. Comportamiento térmico de los polímeros. Ionómeros. Materiales compuestos: definición y clasificación. Microcomposites particulados y laminares. Microcomposites fibrosos de fibra larga y de fibra corta. Resistencia de los compuestos de fibras continuas unidireccionales. Volumen crítico de fibras. Resistencia de los compuestos de fibra corta. Longitud crítica de fibra y resistencia promedio de la fibra corta. Composites dentales.

Tema 10: Biomateriales cerámicos: Definición y clasificación de los materiales cerámicos por su estructura primaria y secundaria, por su historia, por sus usos y por su interrelación con el tejido vivo. Poliácidos inorgánicos. Clasificación de silicatos. Cerámicas bioinertes, bioactivas y bioabsorbibles. Temperatura de transición vítrea. Propiedades físicas de las biocerámicas. Cerámicas multicomponentes.

Tema 11: Geles, Siliconas, Ionómeros y composites: Geles: definición y clasificación Fluidos y geles de silicona. Caucho de Silicona. Hidrogeles.

### **Listado de Actividades de Formación Práctica:**

Prácticas de laboratorio (formación experimental)

L1. Conformado de polímeros

L2. Materiales Compuestos

L3. Ensayo de Impacto.

Prácticas en laboratorio computacional

S1 Introducción al ambiente de diseño, simulación y selección de materiales en Solidworks.

S2 Ensayo estático en Solidworks.

S3 Diseño de un simil hueso y ensayo estático con prótesis de cadera.

S4 Ensayo de fatiga en Solidworks.

S5 Ensayo virtual en prótesis de cadera, considerando Normas IRAM.

Prácticas de resolución de ejercicios de problemas tipo

P 1. Introducción y estructura de los sólidos.

P 2 Transformaciones de fase en aleaciones metálicas.

P 3. Impacto, fatiga y propiedades tribológicas ,

P 4. Biomateriales poliméricos. Fluencia Lenta y anelasticidad, Modelos viscoelásticos.

Prácticas de diseño

D 1. Diseño de un vástago de prótesis de cadera que disminuya el Stress Shielding.

Casos de estudio

C 1. Microfiltración marginal en composites dentales.





**Metodología de Evaluación Durante el cursado:**

La evaluación del aprendizaje por parte de los alumnos se hará de la siguiente forma:

En la primera parte de la asignatura, cuando se realice el proyecto de diseño de una prótesis de cadera se evaluará el cumplimiento de cada etapa del proceso y en cada exposición oral donde explica los avances logrados. Las evaluaciones son tanto individuales como grupales y se utilizan rúbricas elaboradas para tal fin. Las rúbricas le serán suministradas al alumno con anterioridad a realizarse la evaluación.

Se evaluará el caso de estudio, mediante una presentación oral y de un informe escrito, utilizando rúbricas del mismo modo que en la primera parte.

**Metodología de Evaluación en Exámenes Finales:**

Condiciones para aprobar la asignatura en el examen final como alumno regular

Los alumnos regulares, para aprobar, deben cumplir con los siguientes requisitos:

Obtendrá la condición de regular, y rendir un examen que tendrá dos partes, una teórica y otra práctica. La evaluación teórica y práctica se realizarán de manera escrita. Se aprobará si el alumno tiene una nota mayor o igual a 6 en cada una de las partes.

Condiciones para aprobar la asignatura en el examen final como alumno libre

Los alumnos libres, para aprobar el examen final, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Aprobar un examen de teoría y práctica que abarca todos los temas del programa con rendimiento mínimo del 6 tanto en la parte teórica como en la parte de problemas.
- Aprobar un examen experimental en laboratorio con una nota mínima de 6.



**Condiciones de Regularidad :**

## Condiciones de regularidad

Los alumnos cursantes, para regularizar, deben cumplir con los siguientes requisitos:

Obtener una nota mayor o igual a 4 en el proyecto de diseño de una prótesis de cadera.

Obtener una nota mayor o igual a 4 en el caso de estudio.

En caso de cursado presencial, se debe asistir como mínimo a:

- 80 % de las clases teóricas dictadas, salvo casos debidamente justificados.
- 80 % de las clases de problemas tipo dictadas, salvo casos debidamente justificados.

## Condiciones de promoción

Los alumnos regulares, para promocionar, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Haber cumplido las condiciones de regularidad
- Haber aprobado el proyecto y el caso de estudio con una nota mínima de 6 en cada actividad y obtener un promedio mínimo de 7 entre ambas.

El alumno puede recuperar el proyecto de diseño y los casos de estudio, en las semanas 16, mediante una exposición oral y la entrega de un informe escrito.



**Bibliografía Principal:**

Apuntes de cátedra sobre materiales metálicos: aceros inoxidables, aleaciones con base cobalto, titanio cp y aleado.

Normas IRAM. Revisadas en Biblioteca, según los requerimientos de materiales y prótesis pasivas.

Askeland Donald R. and Fulay Pradeep P. "FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA Y CIENCIA DE MATERIALES". 2da Edición. Editorial Progreso, México. 2010, ISBN 13: 978-607-481-340-1 y ISBN 10: 607-481-340-X. pp: 606. Traducido del inglés del libro: "Essential of Materials Science and Engineering", 2nd. Edition. Cencage Learning 2010 ISBN 13: 978-0-495-43850-2 y ISBN 10: 0-495-43850-2.

Macchi, Ricardo Luis. "MATERIALES DENTALES". 4ta Edición. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. 2007. ISBN 950-06-1583-5 pp: 406

Duffó, Gustavo S., "BIOMATERIALES: UNA MEJOR CALIDAD DE VIDA", Editorial: Eudeba, Buenos Aires, 2005, ISBN: 950-23-1451-4, pp 120.

Ratner Buddy D. et al. "BIOMATERIALS SCIENCE, An Introduction to Materials in Medicine", 2nd edition, Elsevier Academic Press. San Diego,USA, 2004, ISBN-10: 0-12-582463-7 and ISBN-13: 978-0-12-582463-7 pp: 851.

Wong, Joyce Y. and Bronzino Joseph D. Eds. "BIOMATERIALS", CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA, 2007, ISBN-10: 0-8493-7888-5 and ISBN-13: 978-0-8493-7888-1, pp 290.

Guelcher, Scott A. and Hollinger, Jeffrey O. Eds., "AN INTRODUCTION TO BIOMATERIALS", CRC, Taylor and Francis, , Boca Raton, Florida, USA 2006, ISBN 0-8493-2282-0, pp 555.

**Bibliografía Complementaria:**

Askeland Donald R., Phulé Pradeep, Lea Gregory, Instructor's Solution Manual THE SCIENCE AND ENGINEERING OF MATERIALS, Fourth Edition

Shackelford, James F.- "INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS". 6ta Edición. Pearson Prentice Hall. Madrid, 2005, ISBN 84-205-4451-5 pp: 839. Traducido del inglés de la obra: "Introduction to Materials Science for Engineers". 6th Edition. Pearson Education Inc, publishing as Prentice Hall. 2005.

González-Viñas, Wenceslao; Mancini, Héctor L., "CIENCIA DE LOS MATERIALES", 1ra edición, Editorial: Ariel, Barcelona, 2003, I.S.B.N. : 84-344-8059-X, pp 228 p

Askeland Donald R. and Fulay Pradeep P. "CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES". 4ta Edición. International Thompson Editores S.A. México. 2004, ISBN 970-688-361-3. pp: 962. Traducido del inglés de la obra: "The Science and Engineering of Materials", 4th. Edition. Bruce Cole 2003 ISBN 0-534-95373-5.

Gil Mur F.J. Ed. "MATERIALES EN INGENIERÍA, PROBLEMAS RESUELTOS", 2da edición, Alfaomega Grupo Editor, México, 2002, ISBN: 970-15-0774-6, pp 117.

Williams, David Franklyn, "THE WILLIAMS DICTIONARY OF BIOMATERIALS". Liverpool University Press, Liverpool, UK, 1999. ISBN: 0-85323-921-5, pp: 343.

Ducheyne, Paul and Hastings, Garth W., Editors, "METAL AND CERAMIC BIOMATERIALS" (2 Volúmenes), CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA, 1984, pp: Vol.1: 125; Vol. 2: 172.

Helsen, Jef A. and Breme, H. Jürgen., Editors, "METAL AS BIOMATERIALS", John Wiley & Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester, England, 1998, pp: 510.

Ravaglioli, A. and Krajewski A., "BIOCERAMICS, Materials, Properties and Applications", Chapman and Hall, London, 1992, pp: 422.

Hastings, Garth W. and Ducheyne, Paul, Editors, "MACROMOLECULAR BIOMATERIALS", CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA, 1988, pp:266.

Javier Peña. "SELECCION DE MATERIALES EN EL PROCESO DE DISEÑO". CPG EDICIONES, 2010. ISBN 9788493132989

