



**Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
Facultad de Estudios Generales
Departamento de Ciencias Físicas**

Título: Ciencias Físicas y cibermúsica

Codificación: CIFI 3007

Pre-requisitos: Ninguno

Créditos: Tres (3): 3 horas de discusión y 2 de laboratorio

Descripción

Curso interdisciplinario, diseñado como una opción para cumplir con el requisito de Ciencias Naturales del componente de educación general. Incorpora aspectos de las ciencias físicas, las humanidades y las tecnologías. Se estudian los fundamentos de la acústica, el desarrollo de las escalas musicales a lo largo de la historia y las tecnologías aplicadas a la música. Se espera que el estudiante integre los temas estudiados para que aprecie la música más allá del aspecto estético. La metodología del curso se basa principalmente en la discusión de las lecturas asignadas.

Description

An interdisciplinary course designed as an option for the fulfillment of the required physical sciences courses belonging to the natural science's general education component. It incorporates aspects from science, humanities and technology. By studying the fundamentals of acoustics, the development of knowledge concerning musical scales through history and by using the computer, the student should be able to appreciate music far beyond the aesthetic aspect integrating the components mentioned. The course methodology is based principally in the discussion of assigned readings.

Objetivos

A través de este curso el estudiante:

- 1) entenderá que los conceptos musicales contruidos por el hombre han ido cambiando durante el transcurso de la historia y se han desarrollado dentro de un

contexto científico y tecnológico, aunque no se han enfatizado estos, tanto como los aspectos estéticos.

- 2) *entenderá algunos de los fundamentos científicos y tecnológicos que se utilizan para la producción de la música.
- 3) *se habrá expuesto a algunas de las teorías de la consonancia propuestas durante el desarrollo del conocimiento acerca de las escalas musicales.
- 4) *identificará algunos de los factores que han influido sobre la construcción del conocimiento acerca de la música.
- 5) desarrollará destrezas relacionadas con las tecnologías de información.
- 6) desarrollará destrezas de razonamiento acerca de la música que le faciliten la producción de la música.
- 7) desarrollará destrezas de comunicación oral y escrita.
- 8) desarrollará un sentido de apreciación de la forma en que diferentes disciplinas pueden utilizarse de manera simultánea para analizar un aspecto de la realidad.
- 9) se habrá expuesto a algunas de las corrientes tecnológicas relacionadas con el mundo de la música.
- 10) desarrollará competencias para la búsqueda, el manejo y uso ético de la información.
- 11) demostrará capacidad para trabajar e interactuar con las herramientas digitales disponibles para apoyar sus actividades de aprendizaje, individuales o colaborativas, cumpliendo con las obligaciones éticas y legales de las mismas.
- 12) contribuirá de forma efectiva a la inclusión de compañeros estudiantes con impedimentos en el salón de clase.
- 13) al trabajar en equipo, hará los acomodos necesarios para incluir compañeros estudiantes con impedimentos.

Los objetivos generales de este curso corresponden a los objetivos generales del Departamento de Ciencias Físicas que a su vez satisfacen los requisitos de la Certificación 46, en particular los que se refieren a:

- ☐ Desarrollar capacidad para el pensamiento reflexivo y crítico que promueva la responsabilidad social, cultural, ambiental y cívica
- ☐ Comunicarse efectivamente, de forma oral y escrita, en español
- ☐ Comprender los procesos de creación del conocimiento en diversos campos del saber y sus conexiones.

- ☐ Comprender las conexiones entre diferentes campos del saber.
- ☐ Desarrollar entendimiento sobre los procesos humanos en el tiempo y el espacio.
- ☐ *Comprender conceptos y metodologías de las Ciencias Naturales.
- ☐ *Adquirir conocimientos y competencias para la investigación.
- ☐ *Desarrollar comprensión crítica sobre diversas formas del pensamiento.
- ☐ Desarrollar competencias para el uso de la tecnología como herramienta para crear, manejar y aplicar conocimiento.
- ☐ Desarrollar competencias para el trabajo en equipo.
- ☐ Desarrollar competencias para el desarrollo de la creatividad y la imaginación.

* Estos objetivos se refieren a la competencia de Razonamiento Científico e Investigación.

Bosquejo de contenido y distribución aproximada de tiempo (45 horas de discusión y 30 de laboratorio):

I) Fundamentos musicales (12 horas)

- 1) Conceptos generales:
 - a) Tono del sonido
 - b) Intensidad del sonido
 - c) Timbre del sonido
- 2) Conceptos fundamentales:
 - a) Intervalo musical
 - b) Escala musical
 - c) Consonancia musical
 - d) Disonancia musical
- 3) Construcción de escalas musicales
- 4) La tonalidad y el tiempo en la música

II) Elementos de acústica (12 horas)

- 1) ¿Qué es el Movimiento Armónico Simple (MAS)? Descripción cualitativa
- 2) ¿Qué es el sonido? Descripción cualitativa
- 3) Caracterización matemática y conceptual del MAS:
 - a) Frecuencia del MAS
 - b) Amplitud de oscilación en el MAS
 - c) Periodo del MAS
 - d) Fase del MAS
- 4) Caracterización matemática y conceptual del movimiento ondulatorio:
 - a) Frecuencia asociada con una onda

- b) Periodo asociado con una onda
- c) Longitud de onda de una onda
- d) Velocidad de una onda
- e) Amplitud de una onda
- f) Fase de una onda
- 5) Fenómenos asociados con el movimiento ondulatorio:
 - a) Reflexión de ondas
 - b) Refracción de ondas
 - c) Resonancia acústica
 - d) Superposición
 - i) Principio de superposición
 - ii) Batimientos
- 6) Análisis de ondas: Principio de Fourier
- 7) Fundamentos de la teoría de la consonancia de Helmholtz

III) Epistemología (12 horas)

- 1) Planteamiento del problema: Cómo explicar los fenómenos de la consonancia y la disonancia
- 2) Organización del conocimiento: Las teorías científicas
- 3) La explicación científica: Conceptos empíricos y conceptos teóricos
- 4) Identificación de los fenómenos a explicar
- 5) Organización del conocimiento: la explicación científica

IV) Epistemología de las escalas musicales (9 horas)

- 1) La escala pitagórica en la antigua Grecia
- 2) El problema de la afinación al trascender la octava de registro
- 3) La escala modal medieval
- 4) La escala de tonos promediados (Mean Tone)
- 5) La escala de entonación justa.
- 6) La escala igualmente templada del periodo barroco

V) Las tecnologías aplicadas a la música (15 horas, laboratorio)

- 1) El programa *Cakewalk* de interfase *Musical Instrument Digital Interface (MIDI)*: producción y edición de secuencias *MIDI*

Prácticas de laboratorio a realizar durante el semestre:

- 1) La escala pitagórica
- 2) Construcción de intervalos musicales
- 3) Construcción de escalas musicales mayores y menores
- 4) Construcción de escalas modales
- 5) Análisis Gráfico
- 6) Ondas estacionarias en una cuerda
- 7) Análisis gráfico de tonos puros y compuestos
- 8) Resonancia en columnas de aire
- 9) Lección 1: Fundamentos del programa de interfase digital musical (*MIDI*)
Cakewalk
- 10) Lección 2: La ventana del pentagrama
- 11) Lección 3: Instrucciones y funciones adicionales
- 12) Lección 4: Producción del audio en formato digital

Objetivos específicos

A través de este curso el estudiante:

I) Fundamentos musicales

- 1) definirá los siguientes conceptos generales:
 - a) tono de un sonido
 - b) intensidad de un sonido
 - c) timbre de un sonido
- 2) identificará cómo se manifiestan los aspectos físicos considerados (frecuencia, amplitud y superposición) cuando se traducen al lenguaje musical.
- 3) definirá los siguientes conceptos fundamentales:
 - a) intervalo musical

- b) escala musical
- c) intervalos musicales consonantes
- d) intervalos musicales disonantes
- 4) dará ejemplos de cada uno de los conceptos definidos en el objetivo 3.
- 5) valorará la teoría de Helmholtz y la manera en que se relaciona con la construcción de intervalos y escalas musicales.
- 6) construirá cualquier escala musical a base del concepto de tonalidad o de modalidad.
- 7) conocerá la notación musical.

II) Elementos de acústica

- 1) describirá de manera cualitativa lo que es el movimiento armónico simple (MAS).
- 2) definirá los siguientes conceptos asociados con el concepto de MAS
 - a) ecuación del MAS
 - b) frecuencia del MAS
 - c) amplitud de oscilación en el MAS
 - d) fase del MAS
- 3) describirá de manera cualitativa lo que es el sonido.
- 4) definirá los siguientes conceptos asociados con el concepto de ‘onda’:
 - a) ecuación del movimiento ondulatorio
 - b) frecuencia de la onda
 - c) longitud de la onda
 - d) velocidad de la onda
 - e) amplitud de la onda
 - f) fase de la onda
- 5) establecerá la relación matemática que existe entre los conceptos definidos en los objetivos 2 y 4.
- 6) describirá los siguientes fenómenos relacionados con el concepto de ‘onda’:
 - a) reflexión de ondas
 - b) refracción de ondas

- c) resonancia acústica
- d) superposición de ondas
 - i) Principio de superposición
 - ii) Batimientos
- 7) describirá en qué consiste el método de análisis de ondas de Fourier .
- 8) podrá determinar cuándo el análisis de Fourier es posible.
- 9) explicará, con base en la teoría de Helmholtz, el grado de consonancia o disonancia que existe entre dos sonidos.
- 10) utilizará el conocimiento general acerca de la acústica para resolver algunos ejercicios sencillos relacionados con la música.

III) Epistemología

- 1) reconocerá el problema central que se plantea en el curso de dar cuenta de los fenómenos de la consonancia y la disonancia musical.
- 2) conocerá la estructura de una teoría científica desde el punto de vista enunciativista:
 - a) conocerá los tipos de enunciado de que se constituyen las teorías científicas
 - i) dato
 - ii) hipótesis
 - iii) definición
 - b) conocerá la estructura lógica de las teorías científicas y los tipos de hipótesis que se relacionan en una teoría
 - i) axiomas
 - ii) teoremas
 - iii) generalizaciones empíricas
 - iv) hipótesis ad hoc
 - c) entenderá en qué consiste la explicación científica.
 - i) entenderá lo que es un concepto empírico.
 - ii) entenderá lo que es un concepto teórico.
 - iii) entenderá la manera lógica en que se relacionan los

enunciados a explicar y los enunciados que se usan para explicar en una teoría científica.

d) identificará los enunciados a explicar asociados con los fenómenos de la consonancia y la disonancia.

i) podrá explicar los diferentes grados de consonancia que existen entre los diferentes grados de una escala musical.

ii) podrá explicar por qué las afinaciones que se adjudicaron a los grados de las diferentes escalas musicales surgieron necesariamente y no por capricho de los proponentes.

iii) podrá analizar y explicar los problemas de consonancia que surgen al adoptar diferentes afinaciones de las escalas musicales.

IV) Epistemología de las escalas musicales

1) describirá la escala pitagórica de la antigua Grecia.

2) entenderá los criterios científicos que utilizó Pitágoras para justificar la afinación de la escala pitagórica.

3) entenderá por qué la escala pitagórica es perfecta en términos de la afinación.

4) enumerará los factores que influyeron en la génesis de la escala modal medieval.

5) describirá la escala modal.

6) identificará la diferencia que existe entre la escala pitagórica y la escala modal.

7) describirá cuál es el problema que surge cuando se debe afinar un grupo de notas cuyo registro trasciende el de una octava.

8) entenderá la pertinencia de la matemática al considerar el problema de la afinación cuando se trasciende de una octava.

9) describirá algunas de las soluciones propuestas al problema de la afinación.

- 10) entenderá los criterios que utilizaron los proponentes de las soluciones al problema del objetivo anterior para justificar la afinación de las escalas correspondientes.
 - a) la escala pitagórica (Pitágoras)
 - b) la escala modal (Antigua Grecia)
 - c) la escala de tonos promediados (Salinas)
 - d) la escala de entonación justa (Zarlino)
 - e) la escala igualmente templada (Ramés)
- 11) entenderá el método utilizado para afinar los diferentes grados de cada una de las escalas mencionadas en el objetivo 10.
- 12) describirá cada una de las escalas mencionadas en el objetivo 10.
- 13) entenderá en qué sentido cada una de las escalas definidas en los objetivos del 10 al 12 representan una solución al problema de la afinación y en qué sentido no lo son.

V) Las tecnologías aplicadas a la música (Laboratorio)

- 1) identificará cómo se pueden controlar los parámetros estudiados (tono, intensidad y timbre) utilizando el programa de interfase MIDI.
- 2) valorará los conocimientos adquiridos acerca de la física, la música y la tecnología en términos de la visión que proporcionan de la música.
- 3) desarrollará las destrezas necesarias que le permiten utilizar los sistemas de información para la producción, edición y publicación de piezas musicales.

Estrategias instruccionales

El método principal del curso es la discusión de lecturas asignadas. Además, se presentan algunas clases tipo conferencia y todo esto se complementa con talleres, laboratorios y lecciones en los que se incluye el uso de la computadora.

La metodología utilizada en este curso es variada. Durante las unidades I, II, III y IV, según especificadas en el bosquejo temático, se sigue un formato de discusión en el cual el profesor presenta los fundamentos de música y de acústica pertinentes al curso. Se asignan ejercicios

relacionados con los tópicos en discusión y se realizan prácticas, talleres y demostraciones para complementar lo discutido en clase.

Durante la unidad V el formato es práctico y creativo. El estudiante realiza unos talleres instruccionales en la computadora con los que adquiere los conocimientos fundamentales para utilizar el programa de interfase MIDI. Estos talleres están estructurados en forma de lección interactiva con la computadora. Luego el estudiante dedica las últimas cuatro semanas del semestre trabajando en el proyecto final. Durante toda esta unidad el profesor reunirá al grupo y estará presente para responder preguntas y aclarar dudas mientras los estudiantes se dedican a trabajar en su proyecto de producción de una pieza musical.

Recursos de Aprendizaje

En este curso se utilizan los siguientes recursos físicos:

- 1) Salón para la conferencia con una pizarra normal y otra con pentagrama.
- 2) Salón de laboratorio y el equipo para realizar los siguientes experimentos:
 - a) Ondas estacionarias en una cuerda.
 - b) Resonancia en columnas de aire.
- 3) Salón de computadoras equipadas con tarjeta de sonido especial para que el estudiante pueda realizar su proyecto musical final y ejecutar las siguientes lecciones:
 - a) Lección 1: Fundamentos del programa de interfase digital musical
(*MIDI*) *Cakewalk*.
 - b) Lección 2: La ventana del pentagrama.
 - c) Lección 3: Instrucciones y funciones adicionales.
 - d) Lección 4: Producción del disco compacto.

Estrategias de evaluación

La evaluación se establece a base de los siguientes criterios:

- 1) Primer examen (20%)
- 2) Segundo examen (20%)
- 3) Tercer examen (20%)
- 4) Actividades de laboratorio, talleres, y tareas o pruebas cortas (20%)
- 5) Proyecto final (20%)

La evaluación del laboratorio se basa en los informes de laboratorio y de talleres que se

realizan durante el semestre. Como proyecto final se pueden someter propuestas de distinta índole, pero tienen que ser aprobadas por el profesor. Todo proyecto debe estar ya estructurado y representado en el pentagrama de la pieza. Como ejemplos de proyectos posibles se pueden sugerir los siguientes:

- 1) Composición original del estudiante
- 2) Pieza de algún compositor
- 3) Arreglo de una pieza musical de otro autor
- 4) Concierto del estudiante tocando un instrumento acompañado de su proyecto musical

El proyecto será evaluado a base de los siguientes criterios:

- 1) Originalidad, que puede referirse a que la pieza sea composición del estudiante, o, a la interpretación, o la manera en que se le da carácter a la pieza (matices, acentos, etc.)
- 2) Complejidad o cuán variada y rica es la pieza musical

Sistema de calificación

La calificación se otorga considerando la siguiente escala:

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

Los exámenes se ofrecen de manera que sean accesibles a las personas con impedimentos, o a éstos se les ofrecen alternativas que cumplan con los requerimientos de la Ley ADA (*Americans With Disabilities Act*) de 1990. Se ofrece evaluación diferenciada a estudiantes con necesidades especiales, las cuales se atienden en acuerdo con la necesidad que se presenta.

MODIFICACIÓN RAZONABLE (ACOMODO RAZONABLE):

“La Universidad de Puerto Rico (UPR) reconoce el derecho que tienen los estudiantes con impedimentos a una educación post secundaria inclusiva, equitativa y comparable. Conforme a su política hacia los estudiantes con impedimentos, fundamentada en la legislación federal y estatal, todo estudiante cualificado con impedimentos tiene derecho a la igual participación de aquellos servicios, programas y actividades que están disponibles de naturaleza física, mental o sensorial y

Actualizado al 13 de marzo de 2026 por los profesores Jorge Morales Ortiz y Carlos Vicente Prado.

que por ello se ha afectado, sustancialmente, una o más actividades principales de la vida como lo es su área de estudios post secundarios, tiene derecho a recibir acomodos o modificaciones razonables. De usted requerir acomodo o modificación razonable en este curso, debe notificarlo al profesor sobre el mismo, sin necesidad de divulgar su condición o diagnóstico. De manera simultánea, debe solicitar a la Oficina de Servicios a Estudiantes con Impedimentos (OSEI) de la unidad o Recinto, en forma expedita, su necesidad de modificación o acomodo razonable.”

INTEGRIDAD ACADÉMICA:

La Universidad de Puerto Rico promueve los más altos estándares de integridad académica y científica. El Artículo 6.2 de Reglamento General de Estudiantes de la UPR (Certificación Núm. 13, 2009-2010) 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 labor académica 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.

POLÍTICA Y PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE SITUACIONES DE DISCRIMEN POR SEXO O GÉNERO EN LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO:

«La Política y procedimientos para el manejo de situaciones de discrimen por sexo o género en la Universidad de Puerto Rico, Certificación 107 (2021-2022) de la Junta de Gobierno, asegura que la Universidad de Puerto Rico, como institución de educación superior y centro laboral, protege los derechos y ofrece un ambiente seguro a todas las personas que interactúan en ella, ya sea a estudiantes, empleados, contratistas o visitantes. La misma tiene como fin promover un ambiente de respeto a la diversidad y los derechos de los integrantes de la comunidad universitaria y establece un protocolo para el manejo de situaciones relacionadas con las siguientes conductas prohibidas: discrimen por razón de sexo, género, embarazo, hostigamiento sexual, violencia sexual, violencia doméstica, violencia en cita y acecho, en el ambiente de trabajo y estudio».

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA):

Cada docente del Departamento de Ciencias Físicas incluirá en el sílabo de su curso el nivel de uso de IA que permitirá en esta. Ver <https://academicos.uprrp.edu/blog/2025/01/15/circular-8->

Actualizado al 13 de marzo de 2026 por los profesores Jorge Morales Ortiz y Carlos Vicente Prado.

2024-2025-lineamientos-y-guias-para-la-integracion-y-uso-de-la-inteligencia-artificial-ia-en-los-proyectos-academicos-y-de-investigacion-del-recinto-de-rio-piedras/

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. El plan de contingencia debe preservar la modalidad en la que el curso fue creado y programado en la oferta académica.

Bibliografía

- 1) Acevedo, L.: *Consonancia y disonancia: el problema de temperamento*; Revista de Estudios Generales; Año 11- Núm. 11; Julio 1996-Junio 1997; Oficina de Publicaciones E. G.; Río Piedras; pp. 476-487.
- 2) Bonds, Mark Evans (2005); **A History of Music in Western Culture**; Prentice Hall; N.J.
- 3) Grout, Donald J. (2005); **A History of Western Music**; W.W. Norton & Co.; N.J.
- 4) Helmholtz, H (1954); **On the Sensations of Tone**; Dover; N.Y.
- 5) Henderson, T.; **The Physics Classroom: Sound Waves and Music**; <http://www.physicsclassroom.com/Class/sound/soundtoc.html>. Recuperado: 2 de abril de 2007.
- 6) Hewitt, Paul (1998); **Conceptual Physics**; Addison Wesley; Massachusetts.
- 7) Jeans, J. (1968); **Science and Music**; Dover; N.Y.
- 8) Karpinsky, Gary S. (2006); **Manual for Ear Training and Sight Singing**; Norton; N.Y.
- 9) Kinsler, L. (2000); **Fundamentals of Acoustics**; Wiley; N.Y.
- 10) Lieberman, M. (1959); **Ear Training and Sight Singing**; Norton; N.Y.
- 13) Machlis, Joseph; Forney, Kristine (2007); **The Enjoyment of Music**; Norton, N.Y.
- 14) Olson, H. (1966); **Music, Physics and Engineering**; Dover; N.Y.
- 15) Ottoman, R.; Rogers, N. (2007); **Music for Sight Singing**; Prentice Hall; N.J.
- 16) Palisca, Claude (2005); **Norton Anthology of Western Music: Ancient to Baroque**; W.W. Norton & Co., N.Y.

- 17) Powell, John (1955); **How music works: the science and psychology of beautiful sounds, from Beethoven to the Beatles and beyond**; 1st American ed.; Little, Brown and Company, N.Y.
- 18) Ridgen, J. (1985); **Physics and the Sound of Music**; Wiley; N.Y.
- 19) Soldier, Dave (1956); **Music, math, and mind: the physics and neuroscience of music**; Columbia University Press, N.Y.
- 20) Toro Vargas, C. (2006); **Diccionario biográfico de compositores puertorriqueños**; Ediciones Guayacán; Ponce.
- 21) Torres, L. (2002); Estrategias de Intervención para la Inclusión, San Juan, Isla Negra.
- 22) Torres, L. (2002); Asistencia Tecnológica Derecho de Todos, San Juan, Isla Negra.
- 23) Wikipedia (2007); **Musical Acoustics**;
http://en.wikipedia.org/wiki/Physics_of_music. Recuperado: 2 de abril de 2007.
- 24) Van der Miesen, Leendert (2025); **Marin Mersenne and the Study of Harmony: From Sound to Music**; 1st ed.; Amsterdam University Press, Amsterdam.

Portales en la red:

<https://teoria.com/index.php>. Recuperado: 12 de marzo de 2026.