

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA

COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA

PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

- 1. Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Mexicali; Facultad de Ingeniería Arquitectura y Diseño, Ensenada; y Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas.
- 2. Programa Educativo:** Bioingeniero
- 3. Plan de Estudios:** 2020-1
- 4. Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Procesamiento de Imágenes Biomédicas
- 5. Clave:** 36270
- 6. HC:** 02 **HL:** 02 **HT:** 01 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 07
- 7. Etapa de Formación a la que Pertenece:** Terminal
- 8. Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Optativa
- 9. Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Ninguno



Equipo de diseño de PUA

Juan Carlos García Gallegos
Miguel Enrique Bravo Zanoquera
Roberto López Avitia
Juan Miguel Colores Vargas

Firma

Fecha: 30 de enero de 2019

Vo.Bo. de subdirector(es) de Unidad(es) Académica(s)

Alejandro Mungaray Moctezuma
Humberto Cervantes de Ávila
María Cristina Castañón Bautista

Firma

M. CRISTINA CASTAÑÓN BAUTISTA

II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

El propósito de la unidad de aprendizaje Procesamiento de imágenes biomédicas es servir como apoyo importante en el diagnóstico mediante imágenes, así como en el desarrollo de instrumentación biomédica que implique el procesamiento y análisis de imágenes o video; sin embargo, su aplicación puede extenderse al análisis de imágenes biológicas, como fotografías de células, bacterias, entre otras.

El estudiante de esta Unidad de Aprendizaje (UA) obtendrá herramientas de análisis en el procesamiento de imágenes biomédicas. Asimismo, tendrá la capacidad de destacar información relevante de cualquier imagen, mediante técnicas computacionales y matemáticas, que facilitará la labor de análisis y diagnóstico de radiólogos, médicos o personal de laboratorio. Por otra parte, será capaz de implementar sistemas automáticos de segmentación y detección de objetos en cualquier tipo de imagen.

La asignatura es optativa de la etapa disciplinaria y corresponde al área de conocimiento de Ingeniería Aplicada y Diseño del Programa Educativo de Bioingeniero.

III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Analizar y mejorar imágenes biomédicas, mediante la aplicación de herramientas matemáticas y computacionales, para extraerles o resaltar de ellas información útil que facilite su interpretación y diagnóstico en diversas áreas de la bioingeniería, con disposición al trabajo colaborativo y una actitud crítica y honesta.

IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

- Desarrolla un sistema de procesamiento de imágenes biomédicas que incluya un informe con los siguientes elementos: introducción, planteamiento del problema, objetivos, metodología y conclusiones.
- Portafolio de evidencias de reportes de prácticas de laboratorio y taller, donde, de manera estructurada, presenten, analicen y discutan los resultados teórico-prácticos obtenidos, y además se presenta una conclusión general de las experiencias de aprendizaje.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

UNIDAD I. Teoría de Formación de Imágenes

Competencia:

Analizar la interacción de la luz con los objetos en la captación de imágenes con distintos sistemas ópticos, mediante la física de los captores ópticos, para entender el proceso de formación de imágenes en la retina y en matrices fotosensibles que emulan a la retina, con actitud colaborativa y responsable.

Contenido:**Duración:** 5 horas

- 1.1. Introducción al procesamiento de imágenes.
 - 1.1.1. Radiología.
 - 1.1.2. Tipos de imágenes biomédicas.
- 1.2. Teoría de formación de imágenes.
- 1.3. Dualidad onda-partícula de la luz.
- 1.4. Sistemas ópticos.
- 1.5. Anatomía del ojo humano.
- 1.6. Células sensibles a la luz: conos y bastones.
- 1.7. Efectos ópticos.

UNIDAD II. Caracterización, muestreo y cuantificación de imágenes digitales

Competencia:

Evaluar una imagen digital a partir de una imagen biomédica analógica, mediante los algoritmos de muestreo y cuantificación, para obtener distintas resoluciones espaciales y de niveles de gris de la imagen, con disposición al trabajo en equipo y actitud crítica.

Contenido:

Duración: 5 horas

- 2.1. Digitalización de señales unidimensionales y bidimensionales.
- 2.2. Muestreo de imágenes analógicas.
 - 2.2.1. Submuestreo de imágenes.
- 2.3. Cuantificación de imágenes analógicas.
 - 2.3.1. Subcuantificación de imágenes.
- 2.4. Caracterización de imágenes
 - 2.4.1. Espacio de memoria que ocupan las imágenes.
 - 2.4.2. Clasificación de las imágenes digitales.
- 2.5. Imágenes binarias.

UNIDAD III. Modificación de Histograma y Mejora de Imágenes

Competencia:

Analizar la relación entre la ecualización del histograma de una imagen, mediante algoritmos implementados en un lenguaje de programación, para mejorar el contraste de la imagen como paso previo al uso de filtros espaciales o frecuenciales, con disposición al trabajo en equipo y con una actitud honesta.

Contenido:**Duración:** 5 horas

- 3.1. Histograma de una imagen
- 3.2. El concepto de entropía desde el enfoque del histograma
- 3.3. Ecualización del histograma
- 3.4. Mejoramiento del contraste de una imagen
- 3.5. Mejoramiento de una imagen mediante operaciones aritméticas puntuales
 - 3.5.1. Sustracción y adición de matrices de imagen.
 - 3.5.2. Umbralización simple o doble.
- 3.6. Análisis de imágenes desde un enfoque espacial y frecuencial.

UNIDAD IV. Filtrado Espacial de Imágenes

Competencia:

Implementar algoritmos en imágenes biomédicas, mediante la aplicación de filtros espaciales basados en máscaras de convolución, para resaltar los bordes y disminuir el ruido de fondo en las imágenes, con rectitud, proactividad y empeño.

Contenido:

Duración: 5 horas

- 4.1. Operaciones puntuales, locales y globales
- 4.2. Operaciones locales
- 4.3. Tipos de vecindad de píxeles en operaciones locales.
- 4.4. Convolución en el filtrado de imágenes.
- 4.5. Filtrado pasa-bajas y pasa-altas en imágenes.
- 4.6. Filtrado de promediado o pasa-bajas.
- 4.7. Filtrado pasa-altas basado en la primera derivada (gradiente)
 - 4.7.1. Filtrado Prewitt.
 - 4.7.2. Filtrado Sobel.
 - 4.7.3. Variaciones del filtrado Sobel.
- 4.8. Filtrado pasa-altas basado en la segunda derivada (laplaciano)
- 4.9. Filtrado gaussiano del laplaciano
- 4.10. Segmentación.

UNIDAD V. Filtrado en el dominio de la frecuencia

Competencia:

Implementar algoritmos en imágenes biomédicas, mediante la aplicación de filtros basados en la Transformada de Fourier, para resaltar los bordes y disminuir el ruido de fondo en las imágenes, con disposición al trabajo en equipo, actitud honesta y responsabilidad.

Contenido:

Duración: 6 horas

- 5.1. La Transformada de Fourier
- 5.2. La Transformada de Fourier discreta y su inversa
 - 5.2.1. La Transformada de Fourier discreta unidimensional.
 - 5.2.2. La Transformada de Fourier discreta bidimensional.
- 5.3. La Transformada rápida de Fourier.
- 5.4. Teorema de la convolución.
- 5.5. Aplicación de la Transformada Rápida de Fourier a imágenes.
- 5.6. Simetría conjugada y propiedad de reflexión.
- 5.7. Filtrado pasa-bajas.
- 5.8. Filtrado pasa-altas.
- 5.9. Filtro Butterworth pasa-altas y pasa-bajas.
- 5.10. Segmentación y reconocimiento de objetos en una imagen.

UNIDAD VI. Procesamiento de imágenes mediante morfología matemática

Competencia:

Aplicar algoritmos de mejora de imágenes biomédicas, mediante el empleo de operaciones morfológicas de primer y segundo nivel, para la detección de bordes, esqueletización de objetos, y atenuación de ruido, con disposición al trabajo colaborativo y actitud proactiva.

Contenido:

Duración: 6 horas

- 6.1. Introducción a la morfología matemática
- 6.2. Operaciones morfológicas de primer nivel
 - 6.2.1. Dilatación
 - 6.2.2. Erosión
- 6.3. Operaciones morfológicas de segundo nivel
 - 6.3.1. Apertura
 - 6.3.2. Cierre
- 6.4. Filtrado morfológico
- 6.5. Reconocimiento de objetos mediante el método "Hit-or-miss"
- 6.6. Esqueletización de figuras en imágenes.

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	Distinguir los captores de imagen, mediante la resolución y discusión en grupo de un cuestionario, para reforzar y profundizar el tema revisado en clase, con disposición al trabajo en equipo y proactividad.	Tema: captores de imágenes 1. El docente proporciona los apuntes impresos o electrónicos y el cuestionario. 2. Responde un cuestionario sobre diferentes captores de imágenes estudiados en clase. 3. Discute en grupo las respuestas del cuestionario para corregir las respuestas erróneas. 4. Entrega el cuestionario resuelto al docente.	Laptop, apuntes impresos y electrónicos, cuestionario impreso en papel.	1 hora
2	Diferenciar las partes anatómicas del ojo humano, mediante el uso de una estrategia didáctica y su posterior discusión, para comprender su funcionamiento, de forma organizada y objetiva.	Tema: anatomía del ojo 1. Formar equipos de trabajo 2. Estudio en equipos de trabajo de las partes anatómicas del ojo humano. 3. Realiza una dinámica de aprendizaje que refuerce lo aprendido (se sugiere como estrategia didáctica el uso de un crucigrama). 4. Discute en grupo la actividad realizada para reforzar los	Laptop, apuntes electrónicos, cuestionario impreso en papel.	1 hora

		conocimientos adquiridos. 5. Entrega al docente la evidencia de la actividad realizada.		
UNIDAD II				
3	Analizar el cambio de resolución espacial de una imagen, mediante el muestreo 1/2 y 1/4 de una matriz de imagen, para evidenciar la modificación de la resolución de la imagen, con disposición al trabajo colaborativo y actitud propositiva y objetiva.	Tema: Muestreo en imágenes. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Muestreo 1/2 de una matriz de imagen de 16X16. Los cálculos se realizan en papel. 3. Muestreo 1/4 de una matriz de imagen de 16X16. Los cálculos se realizan en papel. 4. Entrega informe de los resultados.	Apuntes impresos y electrónicos, papel.	1 hora
4	Analizar el cambio de resolución en niveles de gris de una imagen, mediante la cuantificación 1/2 y 1/4 de una matriz de imagen, para evidenciar la modificación de la resolución en niveles de gris de la imagen, con actitud colaborativa, propositiva y objetiva.	Tema: Cuantificación de imágenes. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Cuantificación 1/2 de una matriz de imagen de 16X16. Los cálculos se realizan en papel. 3. Cuantificación 1/4 de una matriz de imagen de 16X16. Los cálculos se realizan en papel. 4. Entregar informe de los resultados.	Apuntes impresos y electrónicos, papel.	2 horas
UNIDAD III				
5	Identificar el cambio en el contraste de una imagen mediante la ecualización de su histograma, para mejorar la percepción visual	Tema: ecualización del histograma 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes.	Apuntes electrónicos e impresos, papel.	2 horas

	de la imagen, de manera ordenada y lógica.	2. Graficar el histograma de una matriz de imagen de 10X10. 3. Ecuilizar el histograma mediante un algoritmo de linealización. 4. Graficar el histograma ecualizado. 5. Comparar ambos histogramas. 6. Entregar informe de los resultados.		
UNIDAD IV				
6	Analizar la potencialización de los bordes en una imagen, mediante un algoritmo de filtrado pasa-altos, para resaltar bordes en los objetos de la imagen, con disposición al trabajo en equipo y actitud honesta.	Tema: filtrado pasa-altos 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Aplica una máscara Laplaciano de 3X3 a una imagen de 16X16. 3. Discute en grupo si los bordes o ruido de la imagen se resaltaron. 4. Entrega informe de los resultados.	Apuntes electrónicos e impresos, papel.	1 hora
7	Analizar la atenuación de los bordes en una imagen, mediante un algoritmo de filtrado pasa-bajos, para suavizar bordes en los objetos de la imagen, con actitud colaborativa y honesta.	Tema: filtrado pasa-bajos 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Aplica una máscara de promediado de 3X3 a una imagen de 16X16. 3. Discute en grupo si los bordes o ruido de la imagen se atenuaron. 4. Entrega informe de los resultados.	Apuntes electrónicos e impresos, papel.	1 hora

UNIDAD V				
8	Analizar las características espaciales y frecuenciales de una imagen, mediante la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier, y su inversa, para hacer significativo el funcionamiento del algoritmo, con una actitud proactiva y ordenada.	Tema: Transformada Rápida de Fourier. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se resuelve un ejercicio de aplicación del algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier y su respectiva inversa a una matriz de tamaño 5X5. 3. Se comparan los resultados obtenidos en equipos de 2 personas. 4. Entrega informe de los resultados.	Apuntes electrónicos e impresos, papel.	1 hora
9	Aplicar los conceptos del filtrado en el dominio de la frecuencia, mediante el uso de una estrategia didáctica, para filtrar imágenes en el dominio de la frecuencia, con disposición al trabajo en equipo y actitud responsable y honesta.	Tema: filtros en el dominio de la frecuencia. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Formar equipos de trabajo 3. Estudio en equipos de trabajo del filtrado en el dominio de la frecuencia. 4. Realiza una dinámica de aprendizaje que refuerce lo aprendido (se sugiere como estrategia didáctica el uso de un crucigrama). 5. Discute en grupo la actividad realizada para reforzar los conocimientos adquiridos.	Laptop, apuntes electrónicos, cuestionario impreso en papel.	2 horas

UNIDAD VI				
11	Aplicar operaciones morfológicas de primer nivel a matrices, mediante los algoritmos adecuados, para resaltar bordes y atenuar ruido, con una actitud ordenada y responsable.	Tema: operaciones morfológicas de primer nivel. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se aplican los algoritmos de dilatación y erosión en una matriz de imagen de 10X10 con dos tipos de elementos estructurantes. 3. Se realiza una discusión grupal para comparar los resultados. 4. Entrega informe de resultados.	Apuntes electrónicos e impresos, papel.	2 horas
12	Aplicar operaciones morfológicas de segundo nivel a matrices mediante los algoritmos adecuados para filtrar y esqueletizar objetos en una imagen, con una actitud ordenada y responsable.	Tema: operaciones morfológicas de segundo nivel. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se aplican los algoritmos de apertura y cierre en una matriz de imagen de 10X10 con dos tipos de elementos estructurantes. 3. Se realiza una discusión grupal para comparar los resultados. 4. Entrega informe de resultados.	Apuntes electrónicos e impresos, papel.	2 horas

VII. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD II				
1	Distinguir el submuestreo y la subcuantificación de una imagen, mediante algoritmos de ambos procesos en Matlab, para cambiar la resolución espacial y en escala de grises, respectivamente, con una actitud colaborativa y honesta.	Tema: Submuestreo y subcuantificación. Se formarán equipos de dos personas. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se leen dos imágenes biomédicas mediante Matlab. 3. Se aplica el algoritmo de submuestreo 1/2, 1/4, 1/8 y 1/16, a las matrices de imagen. 4. Se aplica el algoritmo de subcuantificación 1/2, 1/4, 1/8 y 1/16, a las matrices de imagen. 5. Se obtienen imágenes con diferente resolución espacial y diferente resolución en escala de grises. 6. Compara y discute los resultados. 6. Entrega informe de resultados.	Computadora personal y lenguaje de programación Matlab.	4 horas
UNIDAD III				
2	Analizar el contraste de imágenes, mediante la ecualización del histograma de imágenes, para mejorar su percepción visual, con una actitud proactiva, lógica y ordenada.	Tema: ecualización o linealización de histogramas Se formarán equipos de dos personas.	Computadora personal y lenguaje de programación Matlab.	4 horas

		1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se leen dos imágenes biomédicas mediante Matlab. 3. Se aplica un algoritmo para desplegar el histograma de las imágenes. 4. Se aplica un algoritmo para ecualizar o linealizar los histogramas de las imágenes. 5. Grafica los histogramas ecualizados o linealizados. 6. Compara y discute los resultados. 7. Entrega informe de resultados.		
UNIDAD IV				
3	Distinguir los efectos del filtrado pasa-bajas en imágenes, mediante la convolución de máscaras de promediación en las matrices de imagen, para atenuar los bordes y disminuir el ruido, con una actitud colaborativa, responsable y honesta.	Tema: Filtros pasa-bajas Se formarán equipos de dos personas. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se leen dos imágenes biomédicas mediante Matlab. 3. Se convoluciona una máscara de promediación 3X3 y 5X5 en las matrices de las imágenes. 4. Se despliegan los resultados. 5. Compara las imágenes resultantes con las originales y se discutirán las diferencias. 6. Entrega informe de resultados.	Computadora personal y lenguaje de programación Matlab.	3 horas
4	Distinguir los efectos del filtrado pasa-altos en imágenes, mediante	Tema: Filtros pasa-altos	Computadora personal y lenguaje de programación Matlab.	4 horas

	la convolución de máscaras de gradiente y Laplaciano en las matrices de imagen, para acentuar los bordes de los objetos, con disposición al trabajo en equipo y con una actitud responsable.	Se formarán equipos de dos personas. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se leen dos imágenes biomédicas mediante Matlab. 3. Se convoluciona una máscara laplaciana y de gradiente, 3X3, en las matrices de las imágenes. 4. Se despliegan los resultados. 5. Se comparan las imágenes resultantes y se discute cual fue el mejor filtrado en función a las características de la imagen original. 6. Entrega informe de resultados.		
UNIDAD V				
5	Distinguir los efectos del filtrado pasa-bajas, pasa-altas y pasa-bandas ideales en el dominio de la frecuencia, mediante la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier y su inversa, para resaltar y atenuar bordes de objetos, con disposición al trabajo en equipo y una actitud responsable.	Tema: Filtros ideales en el dominio de la frecuencia Se formarán equipos de dos personas. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se leen dos imágenes biomédicas mediante Matlab. 3. Se les aplica la Transformada Rápida de Fourier a las matrices de imagen. 4. Se multiplican las matrices con las matrices pasa-bajas, pasa-altas y pasa-bandas ideales. 5. Se les aplica la Transformada Inversa de Fourier.	Computadora personal y lenguaje de programación Matlab.	3 horas

		5. Se comparan las imágenes resultantes con las imágenes originales y se discuten los resultados. 6. Entregar informe de resultados.		
7	Distinguir los efectos del filtrado pasa-bajas, pasa-altas y pasa-bandas Butterworth de segundo orden en el dominio de la frecuencia, mediante la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier y su inversa, para resaltar y atenuar bordes de objetos, con disposición al trabajo colaborativo y una actitud honesta.	Tema: Filtros Butterworth en el dominio de la frecuencia Se formarán equipos de dos personas. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se leen dos imágenes biomédicas mediante Matlab. 3. Se les aplica la Transformada Rápida de Fourier a las matrices de imagen. 4. Se multiplican las matrices con las matrices pasa-bajas, pasa-altas y pasa-bandas Butterworth de segundo orden. 5. Se les aplica la Transformada Inversa de Fourier. 6. Se comparan las imágenes resultantes con las imágenes	Computadora personal y lenguaje de programación Matlab.	4 horas

		originales y se discutirán los resultados. 7. Entrega informe de resultados.		
UNIDAD VI				
8	Evaluar los cambios producidos en imágenes biomédicas, a partir de la aplicación de algoritmos de dilatación y erosión, para la obtención de bordes en objetos y atenuación de ruido de fondo, con actitud colaborativa y responsable.	Tema: Operaciones morfológicas de primer orden Se forman equipos de dos personas. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se leen dos imágenes biomédicas mediante Matlab y se binarizan. 3. Se les aplica el algoritmo de dilatación a las matrices de imagen. 4. Se les aplica el algoritmo de erosión a las matrices de imagen. 5. Se comparan las imágenes resultantes de ambos algoritmos con las originales y se discuten los resultados. 6. Entregar informe de resultados.	Computadora personal y lenguaje de programación Matlab.	4 horas
9	Evaluar los cambios en imágenes biomédicas, mediante la aplicación de algoritmos de apertura y cierre, para obtener los bordes y los esqueletos de los objetos así como la atenuación de ruido de fondo, de manera lógica, sistemática y responsable.	Tema: Operaciones morfológicas de segundo orden Se forman equipos de dos personas. 1. El docente introduce la actividad a los estudiantes. 2. Se leen dos imágenes	Computadora personal y lenguaje de programación Matlab.	4 horas

		biomédicas mediante Matlab y se binarizarán. 3. Se les aplica el algoritmo de apertura a las matrices de imagen. 4. Se les aplica el algoritmo de cierre a las matrices de imagen. 5. Se comparan las imágenes resultantes de ambos algoritmos con las originales y se discuten los resultados. 6. Entrega informe de resultados.		
--	--	--	--	--

VII. MÉTODO DE TRABAJO

Encuadre

-El primer día de clase se establece la forma de trabajo, derechos y obligaciones docente-alumno y el criterio de evaluación.

Estrategias de enseñanza (docente)

-Exposición oral por parte del docente a lo largo del curso.

-Guía del docente para la resolución de ejercicios en clase y en las prácticas de Taller.

Estrategias de aprendizaje (alumno)

-Aprendizaje basado en la solución de ejercicios y prácticas de manera individual y por equipos.

-Las prácticas en el laboratorio y los talleres se realizarán en equipo y servirán de refuerzo de los conceptos y contenidos vistos en clase.

-Se llevará a cabo el análisis, por equipo, de un artículo de investigación acerca del procesamiento de imágenes biomédicas, y posteriormente se expondrá frente al grupo.

VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

Criterios de acreditación

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

Criterios de evaluación:

-2 exámenes escritos.....40%

-Prácticas de laboratorio.....15%

-Prácticas de taller.....10%

-Evidencia de desempeño.....25%

(sistema de procesamiento de imágenes biomédicas y portafolio de evidencias)

-**TOTAL**.....100%

IX. REFERENCIAS

Básicas

Birkfellner, W. (2014). *Applied Medical Image Processing* (2ª ed.). Estados Unidos: CRC Press. Taylor & Francis Group.

Gonzalez, C.G., Woods, R.E. (2018). *Digital Image Processing* (4ª ed.). Reino Unido: Pearson.

Pratt W.K. (2013). *Introduction to Digital Image Processing*. Estados Unidos: CRC Press. Taylor & Francis Group. [clásica]

Complementarias

Shelke, S., Patil, P.B. (2016). *Digital Image Processing*. India: Vikas.

Sivanandam S.N., Deepa, S.N. (2015). *Matlab with Control System, Signal Processing & Image Processing Toolboxes*. Estados Unidos: Wiley.

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente que imparta esta asignatura deberá poseer licenciatura en bioingeniería, electrónica, o áreas afines, preferentemente tener maestría y doctorado en área afín. Debe contar con experiencia docente y laboral en áreas afines a la Bioingeniería. Además, poseer la capacidad de integrarse a la comunidad universitaria, asumiendo los valores y principios éticos universitarios, y ser capaz de estimular la participación activa de los estudiantes en las actividades académicas y culturales de los estudiantes.