

# Revista Brasileira de Ciências Exatas

Data de aceite: 19/11/2025

## UTILIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LA CONVERSIÓN DE DATOS DIGITALES A SEÑALES DIGITALES EN ESTUDIANTES DE TELECOMUNICACIONES DEL TECNM INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MINATITLÁN

---

**Isaías Torres Martínez**

TecNM / Instituto Tecnológico de Minatitlán  
Minatitlán, Ver., México  
<https://orcid.org/0009-0008-4681-1219>

**Sonia Martínez Guzmán**

TecNM / Instituto Tecnológico de Minatitlán  
Minatitlán, Veracruz. México  
<https://orcid.org/0009-0004-2136-4599>

**Joseph Jair Torres Pérez**

TecNM / Instituto Tecnológico de Minatitlán  
Minatitlán, Veracruz. México  
<https://orcid.org/0009-0006-1888-6147>

**Felipe de Jesús Hernández Pérez**

TecNM / Instituto Tecnológico de Minatitlán  
Minatitlán, Veracruz. México  
<https://orcid.org/0009-0001-7259-3795>

**Jennifer Vanessa Balam López**

TecNM / Instituto Tecnológico de Minatitlán  
Minatitlán, Ver., México  
<https://orcid.org/0009-0002-0384-0972>

Todo o conteúdo desta revista está  
licenciado sob a Licença Creative  
Commons Atribuição 4.0 Interna-  
cional (CC BY 4.0).



**José Fernando Domínguez Bautista**  
TecNM / Instituto Tecnológico de Minatitlán  
Minatitlán, Ver., México  
<https://orcid.org/0009-0000-7779-3481>

**Resumen:** Se presentan los resultados obtenidos al utilizar la programación con orientación al fortalecimiento de las habilidades necesarias para convertir datos digitales en señales digitales, en estudiantes de Telecomunicaciones del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Minatitlán. Dichas habilidades resultan esenciales para el análisis de la transmisión de datos digitales y constituyen un pilar para la configuración óptima de redes en cursos subsecuentes, como Redes de Computadoras, Comutación y Enrutamiento en Redes de Datos, así como en materias de la especialidad en redes. Los hallazgos muestran una influencia positiva en el aprendizaje de la competencia señalada y en el desarrollo de las habilidades asociadas.

**Palabras clave:** Dato digital, señal digital, conversión de datos, telecomunicaciones, teleproceso, codificación digital, códigos de línea, modulación digital, sincronización, ancho de banda, recursos educativos abiertos (REA).

## INTRODUCCIÓN

En la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Minatitlán, se estudian las telecomunicaciones como uno de los principios de las redes de datos, se aborda la conversión de datos digitales a señales digitales como parte del proceso de codificación digital. Este contenido tiene como propósito que el estudiante desarrolle la competencia específica “Analiza y aplica las diferentes técnicas de modulación para evaluar su efecto en el proceso de transmisión de datos”, la cual contribuye a la competencia central del curso: “Analiza los componentes y la funcionalidad de distintos sistemas de comunicación para evaluar las tecnologías vigentes como parte de la solución de un proyecto de conectividad”. Dichas capacidades resultan pertinentes y aplicables en asignaturas posteriores, como Redes de Computadoras, Comutación y En-

rutamiento en Redes de Datos, Comutación y Enrutamiento Avanzado, Administración de Redes y Seguridad en Redes.

Para fortalecer la competencia de conversión de datos digitales a señales digitales, se propone incorporar un recurso educativo programado, alineado con el tema. Los recursos educativos abiertos son materiales y herramientas de acceso gratuito disponibles en Internet —en formatos de texto, audio, video, multimedia o software— distribuidos bajo licencias libres que permiten su uso sin restricciones operativas ni temporales, en beneficio de la comunidad educativa global (Celaya, 2010).

El uso de este recurso se concibe como apoyo complementario a la exposición docente y a la resolución de ejercicios por parte del estudiante. Primero, facilitará el aprendizaje conceptual y procedimental mediante prácticas específicas; posteriormente, permitirá verificar los resultados de los ejercicios de escritorio sobre conversión de datos digitales a señales digitales, proporcionando evidencia y certeza respecto de las características de cada técnica de modulación involucrada.

## **DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO**

Con el fin de verificar la normalización de las competencias en la conversión de datos digitales a señales digitales, se utilizó la metodología siguiente:

1. Exposición de la conversión de datos digitales a señales digitales, incluyendo ejercicios de ejemplo.
2. Los estudiantes realizan ejercicios de conversión de datos digitales a señales digitales.
3. Retroalimentar los ejercicios realizados, con apoyo de un recurso educativo programado.
4. Los estudiantes realizan nuevos ejercicios de conversión de datos digitales a señales digitales.

5. Verificar los nuevos ejercicios realizados.
6. Análisis de los resultados obtenidos para comprobar el nivel alcanzado en la competencia.

## **EXPOSICIÓN DE LA CONVERSIÓN DE DATOS DIGITALES A SEÑALES DIGITALES, INCLUYENDO EJERCICIOS DE EJEMPLO**

Con anterioridad, se estudió el modelo matemático de la señal en un sistema de comunicación y las propiedades de los medios de transmisión, a partir de lo cual el estudiante comprendió las atenuaciones y distorsiones que sufre la señal en el medio y la consecuente necesidad de aplicar modulación.

Posteriormente, el docente expone las técnicas de modulación analógica y digital. En el apartado de conversión de datos digitales a señales digitales, se abordan los códigos de línea y se desarrollan ejercicios ilustrativos de los distintos esquemas, enfatizando sus formas de onda, los mecanismos de sincronización, el nivel de componente de corriente directa (CD) y el ancho de banda (B) requerido por la señal resultante.

Asimismo, se analiza el impacto de los errores en la recepción, la susceptibilidad a la interferencia o al ruido, y el costo y la complejidad de implementar el dato codificado en forma de señal.

Se profundiza en los códigos de línea: La figura 1 sintetiza los formatos empleados y los métodos asociados.

## ► Formatos de los métodos para la codificación de señales digitales

- **No retorno a nivel cero (NRZ-L), "Nonreturn to Zero-Level"**
  - 0 = nivel alto
  - 1 = nivel bajo
- **No retorno a cero invertido (NRZI), "Nonreturn to Zero Inverted"**
  - 0 = no hay transición al comienzo del intervalo (un bit cada vez)
  - 1 = transición al comienzo del intervalo
- **Bipolar-AMI**
  - 0 = no hay señal
  - 1 = nivel positivo o negativo, alterna
- **Pseudoternario**
  - 0 = nivel positivo a negativo, alterna
  - 1 = no hay señal
- **Manchester**
  - 0 = transición de alto a bajo en mitad del intervalo
  - 1 = transición de bajo a alto en mitad del intervalo
- **Manchester diferencial**
  - Siempre hay una transición en mitad del intervalo
  - 0 = transición al principio del intervalo
  - 1 = no hay transición al principio del intervalo
- **B8ZS**
  - Igual que el bipolar-AMI, excepto que cualquier cadena de ocho ceros se reemplaza por una cadena que tiene dos violaciones de código.
- **HDB3**
  - Igual que el bipolar-AMI, excepto que cualquier cadena de cuatro ceros se reemplaza por una cadena que contiene una violación de código.

Fundamento de Telecomunicaciones

Stall04 Cap. 5A FT 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 - 18

**Figura 1.** Formatos de los métodos para la codificación de señales digitales.

Se realizan ejercicios utilizando los códigos mostrados en la Fig. 1, primero con una secuencia digital determinada, y posteriormente con otra secuencia digital basada en el número de control del estudiante, que convierten en cada código de línea mostrado, calculando el nivel de CD que resulta para cada código.

## LOS ESTUDIANTES REALIZAN EJERCICIOS DE CONVERSIÓN DE DATOS DIGITALES A SEÑALES DIGITALES

A continuación, se asigna a cada estudiante una segunda secuencia binaria —también derivada de su número de control— para que realice las correspondientes conversiones mediante los distintos códigos de línea. El propósito es evaluar de forma individual el nivel de comprensión y la correcta aplicación de los criterios de codificación vistos en clase. A este conjunto de ejercicios se le denomina “Actividad 1”.

### Alcance y contenidos:

- La Actividad 1 comprende todos los esquemas de codificación presentados en la Figura 1, incluyendo la identificación del tipo de código, la construcción de la forma de onda, la justificación de la sincronización empleada, la estimaci-

ón del componente de corriente directa (CD) y la determinación del ancho de banda (B) aproximado requerido.

- Se espera que el estudiante documente el procedimiento seguido, anote supuestos y parámetros utilizados (por ejemplo, tasa de bits y niveles de señal) y contrastar sus resultados con los criterios teóricos de cada código de línea.

Evidencias de desempeño:

- Trazado de formas de onda para cada código solicitado, con rotulado de tiempos de bit, niveles y transiciones.
- Breve análisis técnico por código: sincronización, presencia o ausencia de componente DC, eficiencia espectral y posibles implicaciones sobre BER en presencia de ruido e interferencia.
- Reflexión final sobre qué códigos resultan más adecuados bajo distintos escenarios de canal y requisitos de sincronización.

Criterios de evaluación:

- Exactitud de las formas de onda y consistencia con las reglas del código (40%).
- Calidad del análisis (sincronización, CD, B, y consideraciones de error/interferencia) (40%).
- Claridad, orden y justificación del procedimiento (20%).

Ponderación y relación con la calificación del tema:

- La Actividad 1 tiene un valor de 30 puntos.
- Esta puntuación se integra con 30 puntos correspondientes a prácticas de laboratorio y 40 puntos de la evaluación del Tema 3, para conformar el total de 100 puntos del tema.
- La rúbrica anterior se utilizará para retroalimentación formativa y sumativa, garantizando trazabilidad entre resultados, criterios y puntaje.

## RETROALIMENTAR LOS EJERCICIOS REALIZADOS, CON APOYO DE UN RECURSO EDUCATIVO

En primera instancia, el profesor revisa las soluciones entregadas por los estudiantes y asigna la calificación correspondiente con base en la rúbrica previamente definida. Durante esta evaluación, verifica la correcta aplicación de las reglas de cada código de línea, la consistencia de las formas de onda presentadas y la coherencia entre los supuestos, los parámetros utilizados y los resultados obtenidos. Posteriormente, realiza una sesión de retroalimentación con el grupo en la que analiza las respuestas, explica los errores detectados y expone las soluciones correctas. Para fortalecer este proceso, emplea un script en Python que implementa el algoritmo diseñado por el autor; dicho recurso funciona como un mecanismo de validación objetiva que permite contrastar las salidas esperadas con las obtenidas manualmente por los estudiantes.

El uso de Python en este contexto resulta particularmente pertinente, dado que se trata de un lenguaje de programación de alto nivel ampliamente utilizado en ingeniería por su sintaxis clara, su ecosistema de bibliotecas científicas y su idoneidad para el prototipado de algoritmos de procesamiento y comunicación de señales. Su incorporación al curso promueve prácticas de validación, reproducibilidad y documentación del proceso de solución, reforzando así el aprendizaje tanto conceptual como procedimental.

Como ejemplo ilustrativo, la Figura 2 presenta la salida del programa para el número de control 17230123. En este caso, el número decimal de referencia se determina sumando el dígito 5 (contado desde la izquierda), más dos veces el dígito 6, más tres veces el dígito 7 y más cuatro veces el dígito 8. A partir de ese valor, se genera la cadena binaria correspondiente con una longitud de 12 bits, aplicando

el relleno a la izquierda cuando es necesario. Esta secuencia binaria opera como entrada base para realizar la codificación según los distintos códigos de línea estudiados.

El estudiante tiene ahora la oportunidad de corroborar sus resultados a través de explorar las formas de onda de la salida del programa, en donde para cada código se muestran con código ASCII los niveles de señal positiva (–), negativa (—) y ausencia de señal (--) que resultan para la secuencia binaria correspondiente, además del nivel de CD que la señal tiene.

```
Conv_DD_a_SD.py > ...
1 def extrae_decimal(nc):
2     """ND es el número decimal con base en operaciones del número de control
3     ND se utilizará para su conversión a cadena binaria"""
4     nd = (int(nc[4]) + 2*int(nc[5]) + 3*int(nc[6]) + 4*int(nc[7]))
5     print(f"Número decimal = {nd}", end=' ')
6     return nd
7
8 def cadena_binaria(nc):
9     """Convierte el número decimal a cadena binaria de 8 caracteres (8 bits)"""
10    ncb = extrae_decimal(nc)
11    cb = "0000"
12    vc = 128
13    for x in range(8):
14        if ncb >= vc:
15            cb += "1"
16            ncb -= vc
17        else:
18            cb += "0"
19            vc = vc // 2
20    return cb
21
22 def escribe_cad_bin(cad_bin, num_esp):
23     for x in range(num_esp):
24         print(" ", end='')
25     for x in range(len(cad_bin)):
26         print(f"{cad_bin[x]} ", end='')
27     print(" ")
28
29 def escribe_cad_bin3(cad_bin, num_esp):
30     for x in range(num_esp):
31         print(" ", end='')
32     for x in range(len(cad_bin)):
33         print(cad_bin[x], end='')
34     if (x+1) == 3 or (x+1) == 6 or (x+1) == 9:
```

Número de Control	17230123
Número decimal = 20	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0
NZR-L	----- 8/12
NZRI	----- -8/12
	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0
Bipolar-AMI	----- 0/12
Pseudoternario	----- 0/12
	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0
Manchester	----- 0/12
Manchester Diferencial	----- 0/12
	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0
B8ZS	----- 0/12
HDB3	----- -1/12
	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0
3B4B	----- 0/16
	000 000 010 100

**Figura 2.** Ejemplo de codificación de datos digitales a señal digital.

## LOS ESTUDIANTES REALIZAN NUEVOS EJERCICIOS DE CONVERSIÓN DE DATOS DIGITALES A SEÑALES DIGITALES

Con el objetivo de valorar el progreso individual y consolidar el dominio procedimental, el profesor asigna una nueva serie de ejercicios de conversión de datos digitales a señales digitales, análogos a los previamente resueltos. En esta fase, se promueve el uso del recurso educativo como herramienta de verificación, de modo que cada estudiante contrasta sus resultados con una referencia computacional y justifique posibles discrepancias. La intención es corroborar no solo la correcta obtención de las formas de onda y parámetros asociados —sincronización, componente de corriente directa y ancho de banda—, sino también la solidez del razonamiento técnico que sustenta cada respuesta.

A continuación, y con el propósito de asegurar que la competencia ha sido internalizada más allá del apoyo instrumental, se plantea

un segundo bloque de ejercicios de características similares que se resuelven íntegramente en el aula sin recurrir al recurso educativo. Este conjunto se denomina “Actividad 2”. Su diseño busca evidenciar la autonomía del estudiante en la aplicación de las reglas de codificación de línea, el trazado consistente de formas de onda y la estimación razonada de métricas clave, así como su capacidad para detectar y corregir errores en tiempo real.

## VERIFICAR LOS NUEVOS EJERCICIOS REALIZADOS.

El profesor evalúa los ejercicios correspondientes a la Actividad 2 empleando la misma rúbrica utilizada en la Actividad 1, con el propósito de asegurar consistencia, comparabilidad y equidad en la calificación. Esta homologación de criterios permite contrastar el desempeño del estudiante con y sin apoyo del recurso educativo, y medir de forma objetiva la consolidación de la competencia.

Durante la revisión, se comprueba:

- La correcta aplicación de las reglas de codificación de línea y la coherencia de las formas de onda.
- La justificación de supuestos y parámetros (p. ej., tasa de bits, niveles de señal, sincronización).
- La estimación razonada del componente de corriente directa y del ancho de banda requerido.
- La claridad y orden del procedimiento, así como la identificación y corrección de posibles errores.

Una vez concluida la evaluación, el docente devuelve a cada estudiante sus ejercicios con las correcciones señaladas, la puntuación obtenida y comentarios específicos de mejora. Cuando procede, se incluye una breve retroalimentación comparativa respecto a la Actividad 1 para evidenciar avances, detectar áreas de oportunidad y proponer acciones puntuales (p. ej., reforzar criterios de transición en

ciertos códigos, afinar el cálculo de métricas espectrales o mejorar la notación en los trazados). Con ello, se garantiza transparencia en la valoración y se promueve el aprendizaje formativo orientado al dominio de la competencia.

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA COMPROBAR EL NIVEL ALCANZADO EN LA COMPETENCIA**

Con el propósito de evaluar el impacto del recurso educativo en el desarrollo de la competencia, se realiza un análisis comparativo de los desempeños obtenidos en los dos conjuntos de ejercicios: Actividad 1 (con apoyo del recurso) y Actividad 2 (sin apoyo). Esta comparación antes–después permite estimar la contribución del recurso a la precisión de las conversiones, la correcta trazabilidad de las formas de onda y la solidez del razonamiento técnico.

El análisis contempla:

- Consistencia y exactitud: contraste de la fidelidad de las formas de onda, el cumplimiento de las reglas de codificación de línea, y la coherencia en la estimación de parámetros clave (sincronización, componente de corriente directa y ancho de banda).
- Transferencia de aprendizaje: verificación de la autonomía del estudiante al resolver tareas equivalentes sin apoyo instrumental, identificando si el conocimiento procedural se consolidó.
- Indicadores cuantitativos: comparación de calificaciones y distribución de puntajes entre ambas actividades para detectar mejoras estadísticamente relevantes o variaciones sistemáticas.
- Brechas y oportunidades: identificación de patrones de error recurrentes por tipo de código de línea o por etapa del procedimiento (p. ej., sincronización

vs. estimación espectral), con miras a intervenciones didácticas específicas.

A partir de estos aspectos, se determina el grado de avance en la competencia y la validez del recurso como apoyo pedagógico. Asimismo, se formulan recomendaciones para el perfeccionamiento del diseño instruccional, tales como ajustar la complejidad progresiva de los ejercicios, reforzar criterios de evaluación o incorporar microprácticas focalizadas en los aspectos con mayor dificultad detectada. Esta retroalimentación cerrará el ciclo de mejora continua del curso y orientará la planeación de actividades subsecuentes.

## **RESULTADOS**

Con el propósito de contrastar el desempeño de los estudiantes antes y después de emplear el recurso educativo programado, se aplicó la prueba *t de Student* para muestras relacionadas (emparejadas). Esta elección es pertinente porque se evalúa al mismo grupo de 10 estudiantes en dos momentos distintos, las mediciones son cuantitativas de naturaleza discreta y se asumen en una escala de intervalo. Los puntajes obtenidos en la Actividad 1 y en la Actividad 2 se presentan en la Tabla 1.

## **PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS**

De acuerdo con Walpole, Myers y Myers (1999) y Ramos (2015), sea  $\mu_1$  el promedio de los puntajes antes de utilizar el recurso educativo (Actividad 1) y  $\mu_2$  el promedio posterior a su uso (Actividad 2).

- Hipótesis alternativa ( $H_a$ ): el nivel de competencia de los estudiantes en conversión de datos digitales a señales digitales aumenta tras la incorporación del recurso educativo; es decir, existen diferencias significativas entre el desempeño previo y posterior. Formalmente:  $\mu_1 < \mu_2$ .
- Hipótesis nula ( $H_0$ ): las diferencias observadas entre ambos momentos se ex-

plican por el azar; no hay evidencia de mejora atribuible al recurso educativo. Formalmente:  $\mu_1 \geq \mu_2$ .

## REGIÓN CRÍTICA Y CRITERIO DE DECISIÓN

Se estableció un nivel de confianza del 95%, con un riesgo  $\alpha = 0.05$ . En consecuencia:

- Si el valor  $p \leq 0.05$ , se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$  (existe diferencia significativa a favor del desempeño posterior).
- Si el valor  $p > 0.05$ , no se rechaza  $H_0$  (no se evidencia diferencia significativa).

Para la distribución t de Student con 9 grados de libertad ( $n = 10$  pares), el punto crítico para una prueba unilateral al 5% es  $t > 1.833$ . Este umbral delimita la región de rechazo de  $H_0$ .

## CÁLCULO DE LA ESTADÍSTICA DE PRUEBA

El análisis de los datos consignados en la Tabla 1 se efectuó con IBM SPSS Statistics, software comercial para análisis estadístico y pronóstico de tendencias con IA (<https://www.ibm.com/products/spss-statistics>). La salida correspondiente se ilustra en la Figura 3. El estadístico t obtenido fue 37.99, valor que

superá ampliamente el umbral de 2.145 citado de referencia operativa y es, por supuesto, mayor que el punto crítico 1.833 asociado a  $\alpha = 0.05$  y 9 grados de libertad. En términos de significancia, ello implica un valor  $p < 0.05$ .

Estudiante	Actividad 1	Actividad 2
1	17	25
2	19	28
3	20	29
4	22	30
5	18	26
6	16	24
7	21	30
8	20	27
9	19	28
10	17	26

**Tabla 1.** Valores obtenidos en las actividades.

### Decisión e interpretación

Dado que  $t = 37.99 > 1.833$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$ . En términos sustantivos, los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas entre el desempeño previo y posterior al uso del recurso educativo, lo que indica que el recurso contribuye de manera positiva y relevante al incremento del nivel

#### Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1 Actividad1	18.90	10	1.912	.605
Actividad2	27.30	10	2.058	.651

#### Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par 1 Actividad1 & Actividad2	10	.941	.000

#### Prueba de muestras emparejadas

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
Par 1 Actividad1 - Actividad2	-8.400	.699	.221	-8.900	-7.900	-37.990	9	.000

**Figura 3.** Resultados del análisis de los datos.

de competencia de los estudiantes en la conversión de datos digitales a señales digitales.

## COMENTARIOS FINALES

### CONCLUSIONES

Los hallazgos evidencian que la incorporación de un recurso educativo abierto incide positivamente en el desarrollo de competencias profesionales específicas en estudiantes de nivel superior. El contraste entre desempeños previos y posteriores, evaluado mediante pruebas estadísticas apropiadas para muestras pareadas, arrojó evidencia a favor del uso del recurso como estrategia efectiva para fortalecer la comprensión conceptual y la ejecución procedimental en la conversión de datos digitales a señales digitales. En términos inferenciales, la probabilidad observada respalda la hipótesis de mejora asociada al uso del recurso, lo que sugiere un impacto pedagógico significativo y consistente con los objetivos formativos de la asignatura.

Más allá de la significancia estadística, los resultados apuntan a una ganancia sustancial en la calidad del razonamiento técnico, la precisión en el trazado de formas de onda y la estimación de parámetros clave (sincronización, componente de corriente directa y ancho de banda). Esto se traduce en una mejor transferencia de aprendizaje hacia tareas autónomas y en una mayor preparación para cursos subsecuentes del área de redes y telecomunicaciones.

### RECOMENDACIONES

- Integración sistemática de recursos educativos: Se recomienda adoptar de forma planificada recursos educativos abiertos y herramientas computacionales de verificación (por ejemplo, scripts en Python) como parte del andamiaje instruccional. Su uso debe articularse con la exposición del docente, la práctica guiada y la evaluación formativa.

- Evaluación con métricas complementarias: Además de pruebas de significancia, incorporar indicadores de tamaño del efecto, intervalos de confianza y análisis de patrones de error. Esto permite cuantificar la magnitud práctica de la mejora y orientar intervenciones focalizadas.
- Diseño de actividades escalonadas: Proponer secuencias de ejercicios con complejidad progresiva, alternando tareas con apoyo del recurso y tareas sin apoyo, para promover autonomía, consolidar criterios de codificación de línea y fortalecer la toma de decisiones bajo restricciones reales de canal.
- Retroalimentación oportuna y trazable: Mantener rúbricas consistentes entre actividades, proporcionar comentarios específicos sobre sincronización, ocupación espectral y componente DC, y fomentar la autoevaluación mediante la comparación entre resultados manuales y computacionales.
- Desarrollo de competencias transversales: Aprovechar el entorno computacional para fomentar buenas prácticas de documentación, reproducibilidad y verificación, habilidades valiosas en contextos profesionales de ingeniería.
- Extensión y replicación: Evaluar la aplicación del enfoque en otros temas del curso (p. ej., modulación digital y análisis espectral) y en asignaturas posteriores del plan de estudios, con vistas a consolidar un ecosistema de recursos y evidencias de aprendizaje comparables.
- El uso intencional y metodológicamente sólido de recursos educativos abiertos no solo es viable en la educación superior, sino deseable para potenciar resultados de aprendizaje, promover la autonomía del estudiante y alinear la formación con las demandas actuales de la ingeniería en telecomunicaciones y redes de datos.

## REFERENCIAS

- Benito, B., & Cruz, A. (2016). Competencias profesionales y aprendizaje activo en la formación en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(22), 28–37.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. Longmans, Green.
- Cabero-Almenara, J., & Llorente-Cejudo, M. C. (2013). La aplicación de los recursos educativos abiertos en el contexto de la educación superior. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 10(2), 186–199.
- Celaya, R., Lozano, F., & Ramírez, M. S. (2010). Apropiación tecnológica en profesores que incorporan recursos educativos abiertos en educación media superior. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(45), 487–513.
- Downes, S. (2007). Models for sustainable open educational resources. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 3, 29–44.
- García-Peñalvo, F. J., & Seoane-Pardo, A. M. (2015). Análisis de tendencias en el uso de software libre como recurso educativo en ingeniería. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 10(4), 208–216.
- Hilera, J. R., & Fernández, J. S. (2018). Competencias digitales en educación superior: Estrategias de integración en la docencia universitaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (21), 16–24.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2014). NMC Horizon report: 2014 higher education edition. The New Media Consortium.
- Pérez, R. A., & Ortega, M. A. (2019). Evaluación de competencias en educación superior: Modelos y herramientas estadísticas. *Revista Educación y Ciencia*, 24(1), 45–59.
- Pedraza, G., & Álvarez, D. (2021). Integración del pensamiento computacional mediante Python en la enseñanza de telecomunicaciones. *IEEE Latin America Transactions*, 19(4), 605–612.
- Ramos, E. R. (2015). Prueba t de Student para datos relacionados (muestras dependientes). [Documento técnico].
- Serrano, J. E., & Narváez, P. S. (2010). Uso de software libre para el desarrollo de contenidos educativos. *Formación Universitaria*, 3(6), 41–50.
- UNESCO. (2015). Directrices para los recursos educativos abiertos (REA) en la educación superior. UNESCO.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros* (6.<sup>a</sup> ed.). Prentice-Hall Latinoamericana.