

## Primer Semestre de 2026

### Examen Parcial

#### **Ingeniería Biomédica**

**ASIGNATURA:** **SYSB**

**EXAMEN:** **Sistemas y Señales Biomédicos**

**DURACIÓN:** 30 minutos

#### **Material Autorizado**

Este es un examen individual. No se permite el uso de dispositivos electrónicos.

- Materiales en caligrafía propia
- Hojas en blanco para cálculos.
- **NO** se permite el prestamo de material entre estudiantes.
- Lápiz, lapicero, borrador y corrector.

#### **Reglas generales para el examen**

##### **1. Prohibición de materiales no autorizados.**

Durante el examen, no podrás tener en tu poder ningún objeto o material que no haya sido expresamente autorizado. Esto incluye, pero no se limita a:

- Dispositivos electrónicos no permitidos.
- Escrituras en cualquier parte de tu cuerpo o de tu vestimenta.
- Cualquier otro elemento que no figure en la lista de materiales autorizados.

##### **2. Ubicación de los materiales autorizados.**

Todos los materiales autorizados deberán permanecer *visibles sobre tu mesa* desde el inicio hasta el fin del examen.

##### **3. Teléfonos móviles y dispositivos electrónicos.**

- Debes apagar completamente tu teléfono móvil y cualquier otro dispositivo electrónico no autorizado.
- Coloca el móvil *boca abajo* sobre tu mesa antes de comenzar el examen.
- Está absolutamente prohibido encender, consultar o manipular dichos dispositivos durante la prueba.

##### **4. Control del entorno de examen.**

- Antes de iniciar, muestra al supervisor tu puesto de trabajo: mesa, silla y su perímetro deben estar libres de elementos no autorizados.
- Durante el examen, permanecerás en tu puesto; no podrás levantarte ni desplazarte sin permiso expreso del supervisor.

##### **5. Comunicación y ayuda.**

- No está permitido comunicarse con nadie, dentro o fuera de la sala de examen, ya sea de forma verbal, escrita o gestual.
- Cualquier duda sobre una pregunta deberá ser planteada *única y exclusivamente* al supervisor del examen.

##### **6. Consecuencias del incumplimiento.**

Cualquier violación a las normas anteriores dará lugar a la **cancelación inmediata de tu prueba**, lo cual equivaldrá a una **calificación de 0**.

El Examen consta de un total de 50 puntos. Lea atentamente y conteste todas las preguntas. Las preguntas de opción múltiple pueden tener **más de una respuesta correcta**.

## Sección A

### Pregunta 1

3 puntos

¿Qué término técnico describe el proceso de conversión de una forma de energía a otra durante la etapa inicial de adquisición de datos? Respuesta:

---

### Pregunta 2

4 puntos

Las bioseñales buscan extraer información del estado de salud de los sistemas vivos. De acuerdo con el material del curso, ¿cuáles de las siguientes variaciones físicas son formas de codificación válidas para una bioseñal? (Seleccione todas las que apliquen)

- A. Eléctricas
- B. Mecánicas
- C. Magnéticas subatómicas
- D. Térmicas
- E. Químicas

### Pregunta 3

4 puntos

Considere dos señales periódicas continuas  $x_1(t)$  y  $x_2(t)$  con periodos fundamentales  $T_1 = 2\pi$  y  $T_2 = 5\pi$  respectivamente. Si se define  $x(t) = x_1(t) + x_2(t)$ , ¿cuáles de las siguientes afirmaciones son matemáticamente correctas? (Seleccione todas las que apliquen)

- A. La señal resultante  $x(t)$  es periódica.
- B. La razón  $T_1/T_2$  pertenece al conjunto de los números irracionales.
- C. El periodo fundamental de la señal  $x(t)$  es  $10\pi$ .
- D. La señal resultante carece de un periodo común definido por el mínimo común múltiplo.

### Pregunta 4

3 puntos

Matemáticamente, si una señal cumple con la condición  $0 < E < \infty$ , ¿cuál es el valor exacto de su potencia promedio  $P$ ? Respuesta:

---

### Pregunta 5

4 puntos

Sea la señal continua  $x(t) = e^t$ . Si se aplica el teorema de descomposición en sus componentes par e impar, ¿cuáles de las siguientes expresiones son correctas? (Seleccione todas las que apliquen)

- A.  $x_{even}(t) = \frac{e^t + e^{-t}}{2}$
- B.  $x_{even}(t) = \cosh(t)$
- C.  $x_{odd}(t) = \frac{e^t - e^{-t}}{2}$
- D.  $x(t) = \cosh(t) + \sinh(t)$

### Pregunta 6

4 puntos

Una señal singular  $x(t)$  es sometida a una serie de transformaciones para obtener la señal  $y(t) = 2x(3t - 1) + 1$ . ¿Cuáles de las siguientes operaciones individuales se aplicaron a la señal original? (Seleccione todas las que apliquen)

- A. Desplazamiento en amplitud hacia arriba de 1 unidad.
- B. Compresión en el tiempo por un factor de 3.
- C. Desplazamiento en el tiempo hacia la izquierda.
- D. Escalamiento en amplitud (amplificación) por un factor de 2.

- E. Expansión en el tiempo por un factor de 3.

### Pregunta 7

**3 puntos**

¿Qué función matemática singular se define con una amplitud infinita en  $t = 0$ , cero en cualquier otro instante, y cuya integral de  $-\infty$  a  $\infty$  es igual a 1? **Respuesta:** \_\_\_\_\_

### Pregunta 8

**4 puntos**

El Procesamiento Analógico de la Señal (ASP) modifica señales en tiempo continuo antes de la conversión digital. Para una señal de electrocardiograma (ECG), ¿cuáles de las siguientes tareas corresponden a procedimientos típicos de ASP? (Seleccione todas las que apliquen)

- A. Amplificación para elevar el nivel de tensión de la señal biológica débil.
- B. Cuantización mediante un esquema de tipo mid-tread.
- C. Filtrado para eliminar componentes de frecuencia indeseadas.
- D. Acondicionamiento de señal para corregir compensaciones de corriente continua (DC offsets).

### Pregunta 9

**4 puntos**

Durante el proceso de cuantización uniforme en un convertidor ADC, bajo suposiciones de alta resolución, el error de cuantización  $e = x - Q(x)$  se modela como ruido. ¿Qué características probabilísticas describen correctamente este modelo de error? (Seleccione todas las que apliquen)

- A. Posee una distribución uniforme  $\mathcal{U} \left[ -\frac{\Delta}{2}, \frac{\Delta}{2} \right]$ .
- B. Su valor esperado (media) es igual a  $\frac{\Delta}{2}$ .
- C. La varianza del error está dada por  $\frac{\Delta^2}{12}$ .
- D. El error es modelado probabilísticamente mediante una distribución Gaussiana.

### Pregunta 10

**5 puntos**

¿Qué métrica de desempeño permite comparar conversores reales teniendo en cuenta el ruido total medido y la SNR, frente a un conversor ideal? (Acrónimo de 4 letras aceptado). **Respuesta:** \_\_\_\_\_

### Pregunta 11

**6 puntos**

Se analiza una señal matemática descrita como  $x_d(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \phi)$ . Con base en la taxonomía de señales vista en clase, ¿cuáles de las siguientes categorías describen correctamente a esta señal? (Seleccione todas las que apliquen)

- A. Señal de Energía
- B. Señal de Potencia
- C. Señal determinística
- D. Señal de soporte compacto

### Pregunta 12

**6 puntos**

Se define el escalón unitario como  $u(t)$ . ¿Cuáles de las siguientes expresiones matemáticas representan estrictamente señales causales? (Seleccione todas las que apliquen)

- A.  $x(t) = e^{-t}u(t)$
- B.  $x(t) = \cos(t)$  para  $-\infty < t < \infty$
- C.  $x(t)$  donde  $x(t) = 0$  para  $t < 0$
- D.  $x(t) = \sin(t)u(-t)$

## Clave de Respuestas y Justificación

1. **Transducción** *Justificación:* La transducción se define explícitamente como la conversión de una forma de energía a otra.
2. **A, B, D, E** *Justificación:* Las bioseñales se codifican típicamente en variaciones eléctricas, mecánicas, químicas y térmicas.
3. **A, C** *Justificación:* La razón  $T_1/T_2 = 2/5$  es un número racional, cumpliendo la condición estricta para que la suma sea periódica. El periodo común es el mínimo común múltiplo, que en este caso es  $10\pi$ .
4. **0 / Cero** *Justificación:* Por definición, una señal es clasificada como señal de Energía si  $0 < E < \infty$  e implica analíticamente que la potencia  $P = 0$ .
5. **A, B, D** *Justificación:* Aplicando las fórmulas de paridad,  $x_{even}(t) = \frac{e^t + e^{-t}}{2}$ , lo cual es la definición matemática del coseno hiperbólico ( $\cosh(t)$ ). La suma de ambas reconstruye la señal  $e^t = \cosh(t) + \sinh(t)$ .
6. **A, B, D** *Justificación:* La ecuación obedece a un escalamiento de amplitud por 2, compresión en tiempo por el factor 3, desplazamiento de tiempo hacia la derecha (no izquierda) y un desplazamiento de amplitud de +1.
7. **Delta de Dirac / Impulso** *Justificación:* La Delta de Dirac se define con amplitud  $+\infty$  en  $t = 0$  y área unitaria bajo la curva.
8. **A, C, D** *Justificación:* La amplificación, el filtrado y la corrección de offsets son operaciones de ASP analógico. La cuantización es parte de la conversión digital ADC.
9. **A, C** *Justificación:* El error de cuantización  $e$  se modela como una variable con distribución uniforme continua. Su varianza es  $\frac{\Delta^2}{12}$  y su valor esperado es cero.
10. **ENOB / Effective Number of Bits** *Justificación:* El ENOB permite comparar conversores reales (incluyendo distorsión) contra un ideal  $b$  a partir de la SNR.
11. **B, C** *Justificación:* Una sinusoida es especificada por una regla explícita (determinística). Tiene energía infinita y potencia finita mayor a cero, clasificándola como señal de potencia.
12. **A, C** *Justificación:* Una señal causal tiene amplitud nula para todo  $t < 0$ . El escalón unitario obliga a esta condición al valer 0 en tiempos negativos.

**Total: 50 puntos**