

## 1. Diseño de Experimentos

### • Propósito de la experimentación (objetivo) (0.25 puntos)

El propósito de la experimentación "Efecto de la distancia en la precisión de detección" con el sensor ultrasónico es evaluar cómo varía la precisión de detección del sensor a diferentes distancias. El objetivo principal es determinar si existe una relación significativa entre la distancia y la precisión de detección del sensor ultrasónico.

Sospecha:

A partir de cierta distancia, ¿cómo se ven afectadas las medidas tomadas por el sensor?

Al realizar mediciones de distancia a distintas distancias utilizando el sensor ultrasónico, se pueden obtener datos que permitan analizar si la precisión de detección del sensor se ve afectada por la distancia. Esto es importante para comprender el rango óptimo de funcionamiento del sensor y conocer las limitaciones en términos de precisión en diferentes distancias.

El experimento puede ayudar a responder preguntas como:

¿La precisión de detección del sensor ultrasónico disminuye a medida que aumenta la distancia?

¿Existen diferencias significativas en la precisión de detección entre distancias cortas y largas?

¿El sensor ultrasónico tiene un rango de operación óptimo en términos de precisión?

Al obtener resultados experimentales y analizarlos estadísticamente mediante un ANOVA unifactorial, se puede determinar si existe una relación significativa entre la distancia y la precisión de detección del sensor ultrasónico. Esto proporciona información importante para utilizar el sensor de manera efectiva y comprender sus limitaciones en diferentes contextos y aplicaciones.

### • Agentes que intervienen en el experimento (unidad de medición)

#### o ¿Qué se va a medir? (variable respuesta) (Y).

En el experimento "Efecto de la distancia en la precisión de detección" con el sensor ultrasónico, la variable respuesta (Y) que se va a medir es la exactitud de detección del sensor. La precisión de detección se refiere a la capacidad del sensor para medir y estimar con exactitud la distancia entre el sensor y un objeto o superficie.

En este caso, la exactitud de detección se puede cuantificar en términos de la distancia medida por el sensor ultrasónico. Por ejemplo, se utilizó la distancia en milímetros como medida de precisión. Se realizarán mediciones de distancia a diferentes puntos de referencia utilizando el sensor ultrasónico y se registrarán los valores obtenidos.

El objetivo es evaluar cómo varía la precisión de detección en función de la distancia y determinar si se ven afectadas las medidas tomadas por el sensor. Esto permitirá obtener información sobre el desempeño del sensor en distintas situaciones y ayudará a comprender su comportamiento en términos de precisión de detección.

#### o ¿Cuáles agentes posiblemente afectan la variación en la medición en mayor proporción? (variable/s controlable/s o independiente/s) (X's)

En el experimento "Efecto de la distancia en la precisión de detección" con el sensor ultrasónico, la variable controlable o independiente es la distancia entre el sensor y el objeto o superficie de detección.

Los agentes que posiblemente afectan la variación en la medición de manera significativa son:

- Distancia: La variable independiente principal es la distancia entre el sensor ultrasónico y el objeto o superficie de detección. Al modificar la distancia, se espera que haya cambios en la precisión de detección del sensor.

Es fundamental controlar la variable independiente, es decir, la distancia, manteniéndola constante para cada medición o estableciendo diferentes niveles de distancia para comparar su efecto en la precisión de detección. De esta manera, se puede evaluar de manera más precisa la relación entre la distancia y la variación en la medición.

### **o ¿Qué posibles agentes afectan la variación en la medición en menor proporción? (variable/s no controlables o perturbadoras) (Z's)**

En el experimento "Efecto de la distancia en la precisión de detección" con el sensor ultrasónico, algunos agentes que podrían afectar la variación en la medición en menor proporción y que no son controlables o considerados perturbadoras (Z's) podrían ser:

- Ruido ambiental: Los ruidos externos, como ruidos eléctricos o acústicos en el entorno, podrían generar interferencias y afectar ligeramente las mediciones del sensor ultrasónico. Estos ruidos podrían introducir pequeñas fluctuaciones en las lecturas de distancia.
- Reflejos y superficies irregulares: Si el objeto o superficie de detección presenta reflejos o es irregular, podría causar reflexiones acústicas inesperadas. Estas reflexiones pueden interferir con las mediciones y generar variaciones menores en los resultados.
- Efectos de dispersión o absorción de sonido: Algunos materiales o condiciones del entorno pueden dispersar o absorber parte del sonido emitido por el sensor ultrasónico, lo que podría influir en las mediciones. Estos efectos podrían ser más pronunciados en distancias más largas.

Es importante tener en cuenta que estos agentes no controlables o perturbadores podrían introducir variaciones menores en las mediciones, pero su efecto se considera menos significativo en comparación con la variable controlable principal, que es la distancia. Sin embargo, es recomendable tener en cuenta estos factores y tratar de minimizar su impacto en la experimentación, por ejemplo, realizando mediciones en un entorno controlado y evitando superficies con reflexiones o irregularidades excesivas.

### **• Materiales a utilizar para ejecutar el experimento (elementos)**

Para ejecutar el experimento "Efecto de la distancia en la precisión de detección" con el sensor ultrasónico, se requieren los siguientes materiales:

- Sensor ultrasónico: Es el componente principal del experimento. Puedes utilizar un sensor ultrasónico como el HC-SR04, que es ampliamente utilizado y está disponible en el mercado. Asegúrate de contar con el sensor ultrasónico adecuado para tu proyecto.
- microcontrolador : microcontrolador compatible para controlar el sensor ultrasónico. El microcontrolador actuará como la interfaz entre el sensor y el ordenador, permitiendo la lectura de los datos y la comunicación con el software.
- Cables de conexión: Utiliza cables de conexión para conectar el sensor ultrasónico y el microcontrolador. Estos cables te permitirán establecer las conexiones eléctricas necesarias para el funcionamiento del sensor.
- Computador: Se requiere un ordenador para cargar y ejecutar el código del Arduino, así como para visualizar y analizar los datos obtenidos durante el experimento.
- Software Arduino IDE: Descarga e instala el software Arduino IDE en tu ordenador. Este software te permitirá escribir, compilar y cargar el código en el Arduino.
- Superficies de prueba: Prepara diferentes superficies de prueba para medir la distancia con el sensor ultrasónico. Se usó un metro y un cuaderno como pared.
- 

## **2. Descripción y realización del experimento Diseño de Experimentos**

- **¿Qué cantidad de corridos o puntos de diseño experimentales se realizaron? (Factor/es o Bloque/s, tratamientos o niveles, réplicas) (0.25 puntos)**

El experimento es unifactorial con cuatro tratamientos (distancias) de 250 mm, 500 mm, 750 mm y 1000 mm, y se tomaron cuatro réplicas de cada uno, entonces el número total de puntos de diseño experimentales sería:

4 tratamientos x 4 réplicas = 16 puntos de diseño experimentales.

En total, se realizaron 16 mediciones diferentes, correspondientes a las diferentes combinaciones de tratamientos y réplicas. Cada tratamiento se repetiría cuatro veces para obtener una estimación más precisa de los efectos de la distancia en la precisión de detección.

- **¿Cómo se efectuó la aleatorización? (0.25 puntos)**

La aleatorización se realizó tomando las medidas en diferentes distancias, asignando los datos a cualquiera de las réplicas 1, 2, 3 o 4, entonces se utilizó un enfoque de aleatorización casual.

En este caso, no se siguió un plan de aleatorización predefinido. En su lugar, se asignaron los datos a las réplicas de forma aleatoria a medida que se iban tomando las medidas.

Este enfoque ad hoc puede generar resultados válidos, siempre y cuando se asegure que la asignación aleatoria de los datos a las réplicas sea verdaderamente aleatoria y no esté sesgada por ninguna razón sistemática. Sin embargo, es importante tener en cuenta que un enfoque de aleatorización predefinido y controlado ofrece una mayor rigurosidad y garantiza la equidad en la asignación de los tratamientos a las réplicas

- **¿Qué instrumento de medición se utilizó para registrar las observaciones? (0.25 puntos)**

En el experimento, se utilizó un metro o cinta métrica para medir las distancias entre el sensor ultrasónico y la pared u objeto de detección. Esta herramienta de medición física permitió obtener mediciones precisas de las distancias en milímetros o centímetros.

El instrumento utilizado para registrar las observaciones fue la aplicación de Arduino que proporcionaba las mediciones de distancia obtenidas por el sensor ultrasónico. En lugar de registrar las mediciones de distancia exactas, se registró el porcentaje de precisión de la medida en relación con el valor objetivo.

Por ejemplo, si el sensor ultrasónico midió una distancia de 900 mm en el Arduino y el valor objetivo para ese tratamiento era de 1000 mm, se registró un porcentaje de precisión del 90% para esa medida. Este enfoque permite evaluar la precisión relativa de las mediciones en lugar de trabajar directamente con los valores absolutos de las mediciones.

En resumen, se utilizó la aplicación de Arduino para obtener las mediciones de distancia del sensor ultrasónico, y se registró el porcentaje de precisión en relación con los valores objetivo para cada tratamiento.

### **3. Descripción de los aspectos técnicos del análisis (1.0 punto)**

#### **Diseño de Experimentos**

- **Tipo de diseño experimental aplicable (fuentes de variabilidad) (0.25 puntos)**

El tipo de diseño experimental aplicable en este caso es un diseño completamente aleatorizado. Este tipo de diseño es apropiado cuando se desea evaluar el efecto de un solo factor (en este caso, la distancia) sobre una variable de interés (en este caso, la precisión de detección).

El diseño completamente aleatorizado implica asignar aleatoriamente las diferentes distancias a las réplicas, lo que ayuda a controlar y minimizar la variabilidad debido a factores no controlables y a fuentes de error aleatorio. Al asignar aleatoriamente las distancias a las réplicas, se reduce la posibilidad de sesgo y se asegura que las diferencias observadas en la precisión de detección se deban principalmente al efecto del factor distancia.

Este diseño experimental permite realizar inferencias sobre el efecto de la distancia en la precisión de detección, y también facilita la comparación de los diferentes tratamientos (distancias) entre sí mediante análisis estadísticos como el análisis de varianza (ANOVA).

- **Hipótesis a contrastar (explícita y en notación estadística) (0.25 puntos)**

La hipótesis a contrastar en este experimento puede formularse de la siguiente manera:

Hipótesis explícita:

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en la precisión de detección entre las diferentes distancias medidas por el sensor ultrasónico.

Hipótesis alternativa (H1): Existe una diferencia significativa en la precisión de detección entre al menos dos de las diferentes distancias medidas por el sensor ultrasónico.

Hipótesis en notación estadística:

- H0:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$  (donde  $\mu$  representa la precisión media de detección para cada distancia)
- H1: Al menos dos de las medias de precisión de detección ( $\mu$ ) son diferentes.

En estas hipótesis, H0 asume que no hay diferencias significativas entre las medias de precisión de detección de las diferentes distancias, mientras que H1 sugiere que al menos dos de las medias son diferentes.

#### • Modelo de ANOVA a validar (notación estadística) (0.25 puntos)

El modelo de ANOVA a validar en este caso se puede expresar en notación estadística de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  representa la observación de precisión de detección para el tratamiento  $i$  en la réplica  $j$ .
- $\mu$  es la media general de todas las observaciones.
- $\tau_i$  es el efecto del tratamiento  $i$  (distancia) sobre la precisión de detección.
- $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio asociado con la observación  $Y_{ij}$ .

El objetivo de la ANOVA es determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de precisión de detección de los diferentes tratamientos (distancias). Se utilizará el análisis de varianza para descomponer la variabilidad total en componentes debidos al efecto del tratamiento y al error aleatorio.

Se realizará una prueba de hipótesis para evaluar si el efecto del tratamiento es significativo en la variación observada en la precisión de detección.

#### 4. Obtención de los datos y cálculos (1.0 punto)

##### Diseño de Experimentos

#### • Análisis descriptivo de la variable respuesta (ilustración gráfica y analítica) (0.25 puntos)

Según los resultados proporcionados, se puede realizar un análisis descriptivo de la variable respuesta "Precision.relativa.de.las.mediciones" para cada nivel del factor "Distancia.Factor." del ANOVA unifactorial. Aquí está el análisis descriptivo:

Nivel 250 mm:

- Media: 98.82500
- Desviación estándar: 0.5678908
- Mínimo: 98.00000
- Máximo: 99.20000

- Primer cuartil (Q1): 98.67500
- Mediana (Q2 o mediana): 99.05000
- Tercer cuartil (Q3): 99.20000

Nivel 500 mm:

- Media: 98.25000
- Desviación estándar: 0.8544004
- Mínimo: 97.20000
- Máximo: 99.20000
- Primer cuartil (Q1): 97.80000
- Mediana (Q2 o mediana): 98.30000
- Tercer cuartil (Q3): 98.75000

Nivel 750 mm:

- Media: 96.56667
- Desviación estándar: 0.8734775
- Mínimo: 95.46667
- Máximo: 97.60000
- Primer cuartil (Q1): 96.26667
- Mediana (Q2 o mediana): 96.60000
- Tercer cuartil (Q3): 96.90000

Nivel 1000 mm:

- Media: 97.37500
- Desviación estándar: 0.9844626
- Mínimo: 96.10000
- Máximo: 98.50000
- Primer cuartil (Q1): 97.07500
- Mediana (Q2 o mediana): 97.45000
- Tercer cuartil (Q3): 97.75000

Estos estadísticos descriptivos proporcionan información sobre la distribución de las mediciones relativas de precisión para cada nivel de distancia. Se observa una disminución en la precisión a medida que aumenta la distancia, con el nivel de 250 mm mostrando la mayor precisión promedio y el nivel de 750 mm mostrando la menor precisión promedio. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas conclusiones están basadas en los datos proporcionados y pueden requerir un análisis más detallado y una interpretación adecuada.

• **Construcción de la tabla ANOVA (0.25 puntos)**

```
summary(AnovaModel.12)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Distancia.Factor. 3 11.786   3.929   5.643  0.012 *
Residuals       12  8.354   0.696
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> with(sensores, numSummary(Precision.relativa.de.las.mediciones, groups=Distancia.Factor.,
  statistics=c("mean", "sd")))
      mean      sd data:n
250 98.82500 0.5678908     4
500 98.25000 0.8544004     4
750 96.56667 0.8734775     4
1000 97.37500 0.9844626     4
```

Valor p menor a 0.05

**• Verificación de la significancia de las fuentes de variabilidad (criterio de decisión contraste de hipótesis) (0.25 puntos)**

Para el factor "Distancia.Factor." del ANOVA unifactorial, se obtuvo un valor de p igual a 0.012. Usando un nivel de significancia de 0.05, podemos comparar este valor de p con el nivel de significancia establecido.

Si el valor de p es menor que el nivel de significancia ( $p < 0.05$ ), se considera evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y concluir que hay una diferencia significativa entre al menos dos de los niveles del factor "Distancia.Factor.". En este caso, el valor de p obtenido (0.012) es menor que 0.05, lo que indica que hay una diferencia significativa en las medias de al menos dos niveles de distancia.

Por lo tanto, podemos concluir que el factor "Distancia.Factor." tiene un efecto significativo en la precisión de detección, según el criterio de decisión basado en el contraste de hipótesis.

**5. Análisis y conclusiones (1.0 punto)**

**Diseño de Experimentos**

- **Test de comparación de medias –LSD– (analítica y gráficamente) (0.25 puntos)**
- **Comprobación de supuestos de ANOVA (analítica y gráficamente) (0.25 puntos)**
- **Conclusiones del experimento (0.25 puntos)**

**Análisis de Regresión Lineal (Simple) (0.25 puntos)**

- **Planteamiento del problema (objetivo)**
- **¿Existe evidencia preliminar acerca de la posible relación lineal entre las variables a estudiar? (observación gráfica y analítica)**

**Análisis de Regresión Lineal (Simple) (0.25 puntos)**

- **Obtención del modelo de Regresión Lineal Simple (Tabla de regresión)**

**Análisis de Regresión Lineal (Simple) (0.25 puntos)**

- **Verificación de la calidad del ajuste (Tabla ANOVA y Coeficientes de Determinación)**

**Análisis de Regresión Lineal (Simple) (0.25 puntos)**

- **Interpretaciones sobre el modelo de regresión (gráficamente y analíticamente)**

**Análisis de Regresión Lineal (Simple) (0.25 puntos)**

- **Comprobación de los supuestos del modelo de regresión (analítica y gráficamente)**

