

## Comparaciones por pares de medias en los diseños de medidas repetidas (ANOVA Intra-sujetos)

### Procedimiento de análisis

- Si el análisis del efecto estudiado es estadísticamente significativo y la variable tiene más de dos condiciones o mediciones ( $A > 2$ ) será necesario **proseguir** con una prueba de contraste que permita conocer qué niveles de la variable de medidas repetidas difieren de forma estadísticamente significativa.
- Se aplicarán pruebas  $t$  de medidas repetidas para analizar la diferencia entre las medias de cada par de medias **+** una prueba de corrección o ajuste del  $\alpha$ :
  - Holm–Bonferroni (Holm)
  - Šidák
  - Bonferroni
- No se utilizarán las Tukey HSD (incorrecta) y Scheffé (muy conservadora) para analizar las diferencias entre los pares de medias en diseños de medidas repetidas.

## Comparaciones por pares de medias en diseños de medidas repetidas (ANOVA intra-sujetos)

**Contexto:** ANOVA intra-sujetos (diseño de medidas repetidas)

• **Qué prueba utilizar para los contrastes entre pares de medias:**

- Siempre: **pruebas  $t$  para muestras relacionadas acompañadas de corrección de la tasa de error de Tipo I con alguna prueba estadística.**

• **Por qué hay que ajustar  $\alpha$ :**

- Porque al hacer varios contrastes aumenta la probabilidad de cometer más error de Tipo I del fijado a priori con el valor de alfa.
- Queremos controlar la **tasa de error Tipo I por experimento.**

• **Qué correcciones de  $\alpha$  son apropiadas:**

- **Bonferroni**
- **Šidák**
- **Holm–Bonferroni (Holm)**

• **Esas 3 pruebas:**

- No requieren independencia estricta entre comparaciones.
- Mantienen bajo control la tasa de error de Tipo I en el conjunto de pruebas.

# Comparaciones por pares de medias en los diseños de medidas repetidas (ANOVA Intra-sujetos)

## Comparación entre Bonferroni, Šidák y Holm–Bonferroni

Método	Ajuste del alfa por comparación C = nº de comparaciones	Ventajas	Inconvenientes
-Bonferroni	$\alpha_{\text{ajustada}} = \alpha / C$ (Nota ajuste lineal: si ajustamos el valor de $p$ , entonces : $p_{\text{ajustado}} = p \text{ sin ajuste} \times C$ )	-Muy robusto, muy fácil de entender y aplicar.	Más conservador (menos potente).
-Šidák	$\alpha_{\text{ajustada}} = 1 - (1 - \alpha)^{1/C}$ (Nota ajuste exponencial: si ajustamos el valor de $p$ , entonces el exponente es C: $p_{\text{ajustado}} = 1 - (1 - p \text{ sin ajuste})^C$ )	-Un poco menos conservador que Bonferroni.	Derivado bajo independencia; en la práctica: mejora pequeña.
-Holm–Bonferroni	Ordena los $p$ y aplica Bonferroni secuencial	-Controla la tasa de error de Tipo I por experimento en sentido fuerte; -más potente que Bonferroni. -no requiere independencia estricta.	Ligeramente más complejo de explicar que Bonferroni simple. SPSS no lo calcula.

## Comparaciones por pares de medias en los diseños de medidas repetidas (ANOVA Intra-sujetos)

### Comparación entre Bonferroni, Šidák y Holm–Bonferroni

#### Resumen:

- Las tres correcciones controlan adecuadamente la tasa de error Tipo I.
- **Holm–Bonferroni (Holm)** ofrece el **mejor equilibrio** entre control del error y potencia → opción preferente.
- **Šidák y Bonferroni** son alternativas válidas.
- Bonferroni es la **más conservadora** y la **más sencilla de aplicar**.

## Comparaciones por pares de medias en los diseños de medidas repetidas (ANOVA Intra-sujetos)

### Pruebas que **no usaremos** para pares en medidas repetidas: **Tukey y Scheffé**

#### **Scheffé**

- Es una prueba teóricamente correcta (controla la tasa de error de Tipo I por experimento para todos los contrastes lineales).
- Pero en diseños de medidas repetidas, cuando solo nos interesan analizar los contrastes entre los pares de medias:
  - Es muy conservadora.
  - Se pierde mucha potencia estadística frente a Holm, Šidák o Bonferroni.
- Uso recomendado:
  - Solo tendría sentido si queremos aplicar también contrastes complejos, no solo comparaciones por pares de medias.
- **Indicación:**  
Scheffé no se utilizará para realizar comparaciones por pares en diseños de medidas repetidas.

## Comparaciones por pares de medias en los diseños de medidas repetidas (ANOVA Intra-sujetos)

### Pruebas que **no usaremos** para pares en medidas repetidas: **Tukey y Scheffé**

#### **Tukey HSD**

- Diseñada para:
  - ANOVA entre-sujetos,
  - con grupos independientes y varianzas homogéneas.
- En diseños de medidas repetidas:
  - Sus supuestos no se cumplen adecuadamente (especialmente cuando hay baja esfericidad).
  - Simulaciones (Maxwell, 1980) muestran que puede inflar la tasa de error Tipo I cuando se viola la esfericidad, incluso moderadamente.
- Por ello, se desaconseja la prueba de Tukey HSD como post hoc estándar en diseños de medidas repetidas (Field, 2013; Park et al., 2009; Maxwell et al., 2017).
- **Indicación:**  
Nunca aplicaremos la prueba de Tukey HSD como si fuera un diseño entre-grupos cuando el diseño es de medidas repetidas.

# INFORME DE INVESTIGACIÓN: SPSS

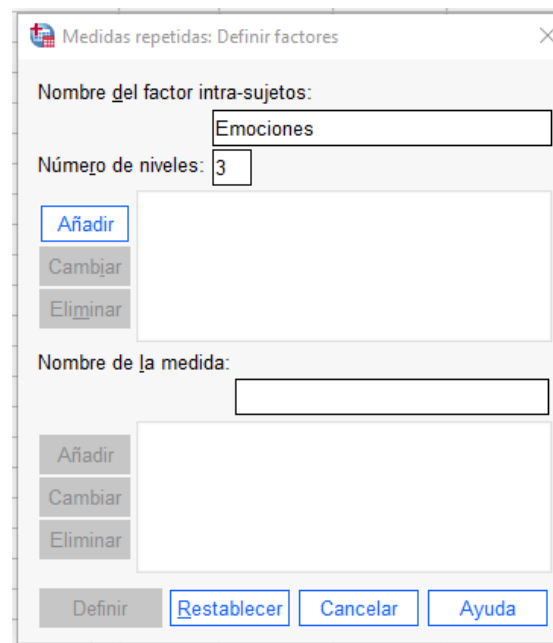
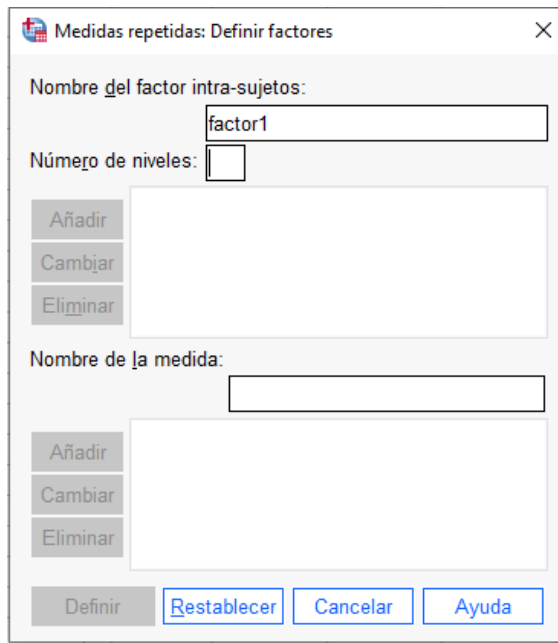
**Base de datos. Diseño de medidas repetidas (ANOVA A = 3)**  
**Variables:** curiosidad, emociones negativas y emociones positivas

## Comparaciones por pares de medias en SPSS (Bonferroni y Šidák y ningún ajuste)

En SPSS, las comparaciones por pares de medias de un factor intra sujetos se obtienen a partir del apartado de Medias marginales estimadas (**Estimated Marginal Means**):

### 1º Definir el factor intra-sujetos:

**Menú:** Analizar → Modelo lineal general → **Medidas repetidas** → **Añadir** → **Definir**

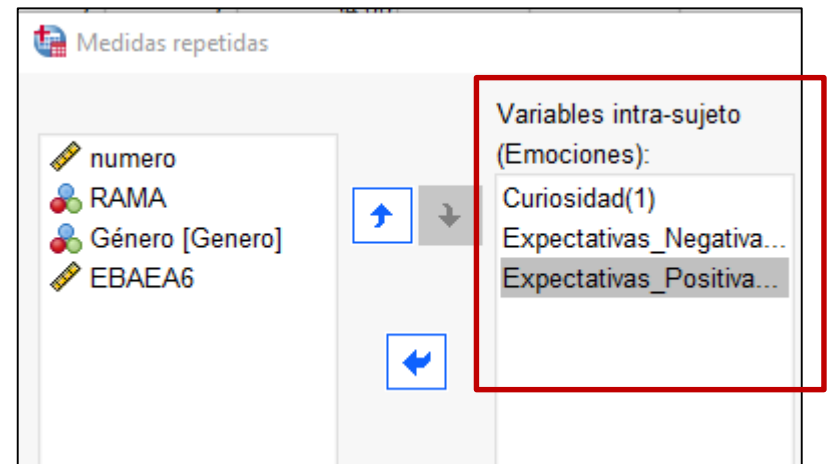
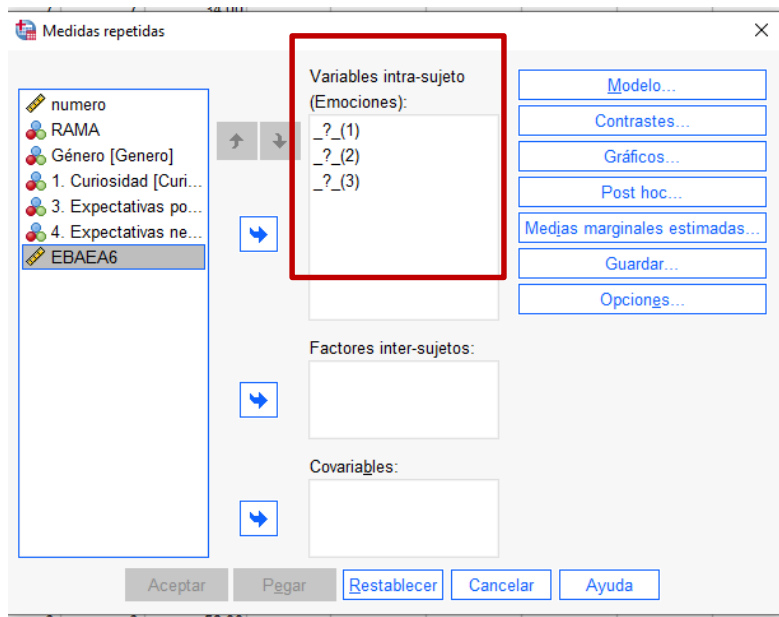


→ Y clicamos en **Añadir**  
Y luego **Definir**

**Base de datos. Diseño de medidas repetidas (ANOVA A = 3)**  
**Variables:** curiosidad, emociones negativas y emociones positivas

**2º Y añadimos las mediciones de la variable intra-sujeto completando los huecos de los interrogantes con cada variable:**

**curiosidad, expectativas negativas, expectativas positivas**

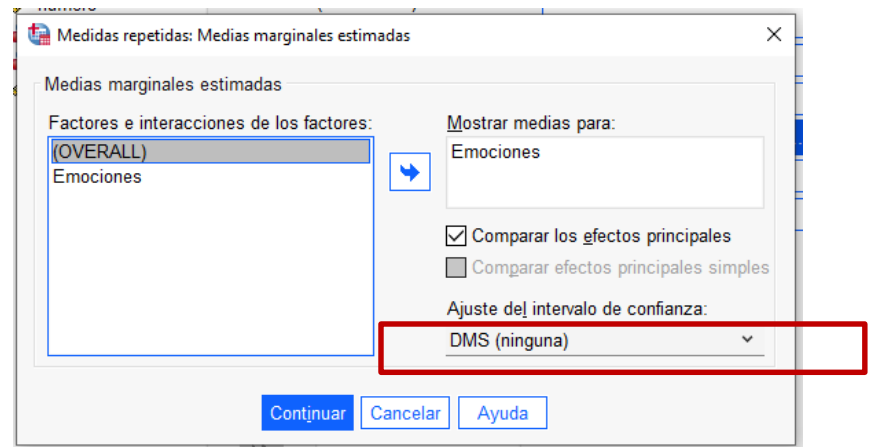
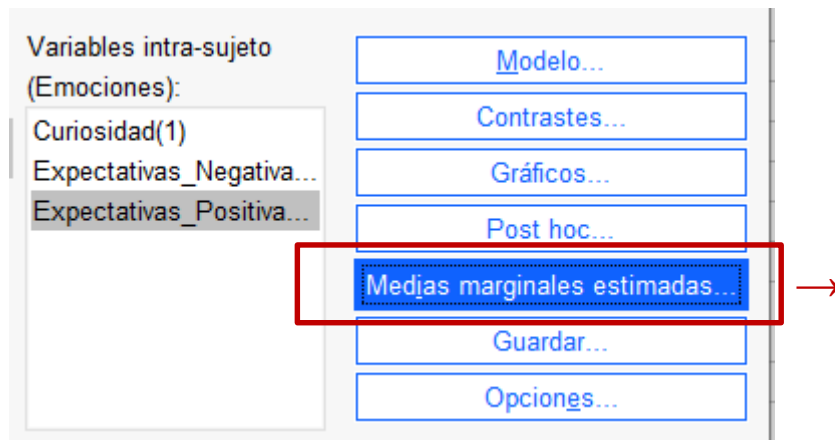




**Base de datos. Diseño de medidas repetidas (ANOVA A = 3)**  
**Variables: curiosidad, emociones negativas y emociones positivas**

**3º Seleccionar la prueba: DSM (ninguna) (sin ajustes):**

**Medias marginales estimadas → Comparar los efectos principales → Ajuste del intervalo de confianza → DSM (ninguna) (sin ajustes)**



**Base de datos. Diseño de medidas repetidas (ANOVA A = 3)**  
**Variables: curiosidad, emociones negativas y emociones positivas**

**Medias marginales estimadas → DSM (ninguna) SIN AJUSTES → RESULTADOS**

## Comparaciones por parejas

Medida: MEASURE\_1

(I) Emociones	(J) Emociones	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,119	,082	,149	-,281	,043
	3	2,124 <sup>*</sup>	,158	<,001	1,812	2,435
2	1	,119	,082	,149	-,043	,281
	3	2,243 <sup>*</sup>	,163	<,001	1,922	2,563
3	1	-2,124 <sup>*</sup>	,158	<,001	-2,435	-1,812
	2	-2,243 <sup>*</sup>	,163	<,001	-2,563	-1,922

Se basa en medias marginales estimadas

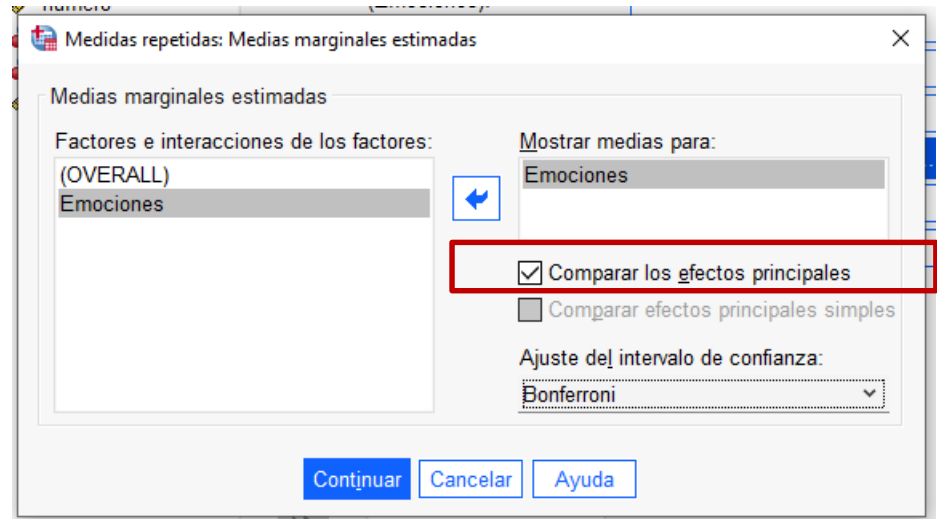
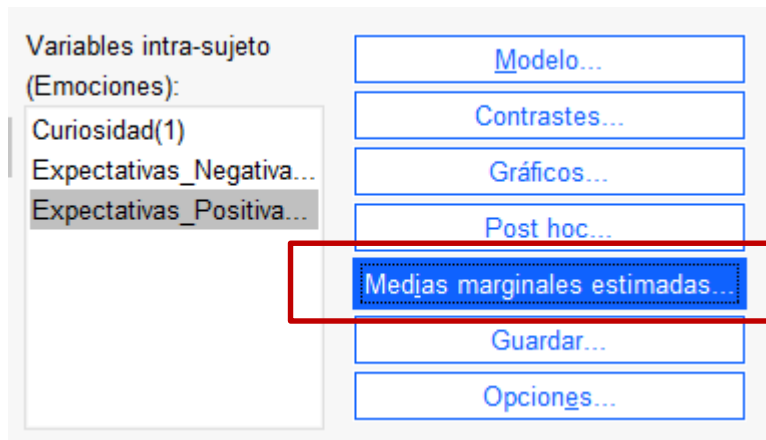
\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

**Base de datos. Diseño de medidas repetidas (ANOVA A = 3)**  
**Variables: curiosidad, emociones negativas y emociones positivas**

**3º** Seleccionar la prueba: Bonferroni:

**Medias marginales estimadas → Comparar los efectos principales → Ajuste del intervalo de confianza → BONFERRONI**



**Base de datos. Diseño de medidas repetidas (ANOVA A = 3)**  
**Variables: curiosidad, emociones negativas y emociones positivas**

**Medias marginales estimadas → BONFERRONI → RESULTADOS**

Comparaciones por parejas						
Medida: MEASURE_1						
(I) Emociones	(J) Emociones	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,119	,082	,447	-,317	,079
	3	2,124 <sup>*</sup>	,158	<,001	1,743	2,505
2	1	,119	,082	,447	-,079	,317
	3	2,243 <sup>*</sup>	,163	<,001	1,851	2,634
3	1	-2,124 <sup>*</sup>	,158	<,001	-2,505	-1,743
	2	-2,243 <sup>*</sup>	,163	<,001	-2,634	-1,851

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

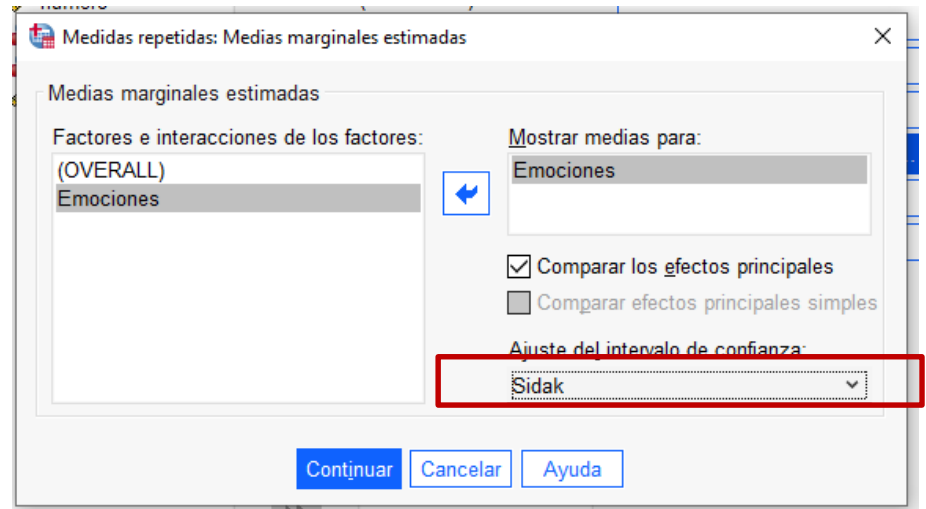
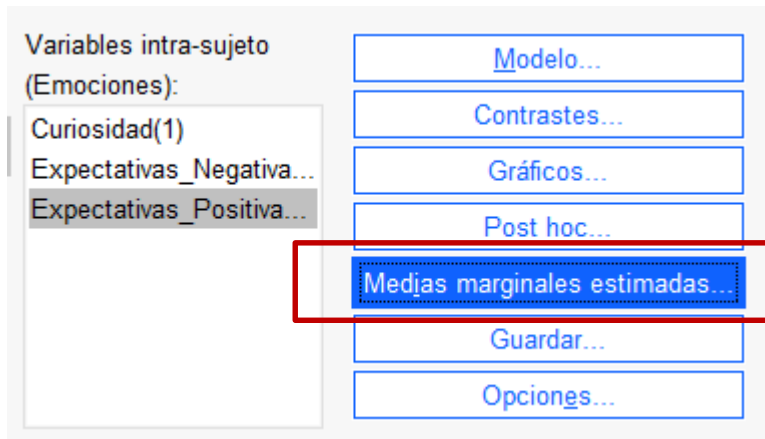
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

**Nota:** el valor de *p* ajustado de Bonferroni será aproximadamente *p* sin ajuste x 3.  
 Por ejemplo: **a1 vs a2**: .149 x 3 = .45 y .447 aparece en el resultado de SPSS

**Base de datos. Diseño de medidas repetidas (ANOVA A = 3)**  
**Variables: curiosidad, emociones negativas y emociones positivas**

**3º Seleccionar la prueba: Sidak:**

**Medias marginales estimadas → Comparar los efectos principales → Ajuste del intervalo de confianza → SIDAK**



# INFORME DE INVESTIGACIÓN: SPSS

**Base de datos. Diseño de medidas repetidas (ANOVA A = 3)**  
**Variables:** curiosidad, emociones negativas y emociones positivas

**Medias marginales estimadas      SIDAK      RESULTADOS**

Medida: MEASURE\_1

**Comparaciones por parejas**

(I) Emociones	(J) Emociones	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,119	,082	,383	-,316	,078
	3	2,124*	,158	<,001	1,744	2,504
2	1	,119	,082	,383	-,078	,316
	3	2,243*	,163	<,001	1,852	2,633
3	1	-2,124*	,158	<,001	-2,504	-1,744
	2	-2,243*	,163	<,001	-2,633	-1,852

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Sidak.

No aplicar Tukey HSD ni Scheffé para comparaciones por pares en medidas repetidas porque están pensados para otros contextos y pueden ser inadecuados (Tukey) o demasiado conservadores (Scheffé).

**Nota:** Observar que Sidak ( $p = .383$ ) es más potente que Bonferroni ( $p = .447$ ). Ambas pruebas controlan la tasa de error de Tipo I.

**Nota:** el valor de  $p$  ajustado por comparación de Sidak será aproximadamente  $p$  sin ajuste<sup>3</sup>. En este caso se eleva cubo porque hay 3 comparaciones

Por ejemplo: **a1 vs a2:**

$1 - (1 - .149)^3 = 1 - (.614) = .39$  y .383 aparece en el resultado de SPSS.

Un valor un pelín menor que el Bonferroni (que es más conservador), aunque con sólo 3 comparaciones la diferencia entre los dos ajustes es pequeña.

**SPSS** no ofrece: **Holm–Bonferroni**