


# ANÁLISIS DE FIABILIDAD

Fac. Ciencias Económicas y Empresariales



**MEDIDA**

A cartoon illustration of two men walking. The man on the left is wearing a purple suit and carrying a briefcase. The man on the right is wearing a green suit, glasses, and a cane, and is holding the hand of the man in the purple suit.

**ANÁLISIS DE FIABILIDAD**

La Fiabilidad tiene que ver con la precisión o consistencia de la medición, se concibe como la consistencia o estabilidad de las medidas cuando el proceso de medición se repite, o como aquella propiedad que valora la consistencia y precisión de la medida.



## LA MEDIDA

La medición está presente y resulta de gran utilidad en la vida cotidiana (consumo de agua, temperatura corporal, velocidad de datos en Internet, etc.). Sin embargo, en el ámbito de las Ciencias Humanas, la medición tiene unas características diferenciales respecto a otras disciplinas, al no disponer de instrumentos con las características que presenta un termómetro, un barómetro, etc. Así pues, el diseño y la construcción de instrumentos de medida es una tarea que no está exenta de complejidad.

La medición es pasar de los conceptos teóricos a los indicadores empíricos, por lo que se debe dar una correspondencia entre los conceptos que aluden a una realidad y la medición en una realidad, entre el lenguaje de los conceptos y el lenguaje de los números.

De este modo, la medición tiene que ver con asignar valores alfanuméricos a una característica o propiedad observable en un fenómeno determinado a través de unos indicadores.

### Escalas de medida

Escala	Definición	Ejemplos	Estadísticos
Nominal (cualitativa)	Consiste en asignar dos o más números o símbolos a los distintos valores de ese atributo, con la finalidad de diferenciarlos entre sí. La asignación de estos caracteres es exhaustiva y mutuamente excluyente. No lleva asociada ninguna idea de cantidad, ni orden o jerarquía.	El género de una persona, se podría escalar como: 1 = Varón 2 = Hembra 3 = No binario	Frecuencia Moda Porcentajes
Ordinal (cualitativa)	La asignación de números lleva implícita una ordenación del atributo que se está midiendo, pero sin informar nada respecto a la magnitud de las diferencias entre los números. Los números solo permiten ordenar las categorías de la variable por mayor o menor presencia del atributo considerado.	La clase social de una persona, que podría escalarse como: 1 = Baja 2 = Media 3 = Alta	Mediana Centiles Correlación ordinal
De intervalo (cuantitativa)	En esta escala, la asignación alfanumérica implica una cuantificación equidistante del atributo, si bien la unidad de medida es arbitraria dado que no define un valor cero absoluto.	El coeficiente de inteligencia. El 0 no indica ausencia total de inteligencia. La diferencia entre una puntuación de 100 a 120 es la misma, en términos de la variable, que entre 120 y 140. Los intervalos con iguales.	Media aritmética Desviación típica Coeficiente de correlación. Pruebas de contraste (t de Student)
Razón (cuantitativa)	Permite clasificar (nominal), ordenar (ordinal) y establecer la distancia (intervalo) de un atributo, con la presencia de un cero absoluto que permite identificar la falta de este atributo.	Edad cronológica de una persona	Todos los cálculos estadísticos

Estas escalas de medida van a permitir cuantificar los atributos de ese fenómeno, y para ello se creará un instrumento adecuado. De este modo, cualquier instrumento de medida tiene que cumplir alguno de los requisitos para considerarse útil.



## FIABILIDAD - VALIDEZ

Son dos términos que están relacionados, aunque en algunas ocasiones puede confundirse su significado.

La validez hace referencia a la calidad que posee un instrumento para ser útil en la medición de un atributo, es decir, si mide aquello que se supone que mide.

La fiabilidad, en cambio, tiene que ver con la precisión de la medida, con la estabilidad en el tiempo.

Es importante que la medición que se realiza, a través de un instrumento, bien sea un cuestionario o un test, sea válida y fiable.

Considerando estas afirmaciones, se hace evidente contar con instrumentos válidos y fiables, a tenor de las implicaciones que pueden llegar a derivarse de su uso. Para aumentar la fiabilidad hay que disminuir los errores que se producen, y en un instrumento como un cuestionario o un test, se lleva a cabo considerando:

- Aumentar el número de ítems o preguntas
- Eliminar aquellos ítems que provocan diferentes respuestas a consecuencia de una redacción que se puede interpretar de maneras distintas.
- Controlar las condiciones en las que se administra la prueba, para que el contexto no interfiera en las respuestas.
- Proponer una redacción que facilite la comprensión de los ítems.
- Reducir las variables extrañas que puedan interferir en la respuesta a los ítems.
- Presentar unas instrucciones iguales para todas las personas participantes.
- Tener un procedimiento de calificación y puntuación de las respuestas en consonancia con los ítems del cuestionario
- Realizar estudios longitudinales desde diferentes equipos de investigación.

### FIABILIDAD

Tiene que ver con la precisión o consistencia de la medición, se concibe como la consistencia o estabilidad de las medidas cuando el proceso de medición se repite, o como aquella propiedad que valora la consistencia y precisión de la medida.

El cálculo del coeficiente de fiabilidad de un instrumento se puede llevar a cabo mediante diversos cálculos estadísticos. Los métodos más comunes son: coeficiente test-retest (o coeficiente de estabilidad), el coeficiente de formas paralelas (o coeficiente de equivalencia), y el coeficiente de consistencia interna. No obstante, en algunas ocasiones puede requerirse utilizar otros métodos, como puede ser el coeficiente Omega de McDonald (cuando la escala de respuesta es binaria y ordinal, dentro del ámbito de la Psicología. No tiene presencia en SPSS).

- ◆ El coeficiente test-retest (coeficiente de estabilidad) establece la correlación entre las respuestas que se producen al aplicar el mismo instrumento en dos momentos distintos. Al utilizarse el mismo instrumento de medida, se pueden producir errores debidos a la influencia de las condiciones ambientales y personales. Ahora bien, este cálculo se ve afectado por el lapso de tiempo entre test y el retest, de manera que, a mayor intervalo de tiempo, mayor probabilidad de error.
- ◆ El coeficiente de formas paralelas (o coeficiente de equivalencia) tiene en cuenta el aprendizaje que realizan las personas a las que se administra el cuestionario o test en un primer momento y después de un tiempo de la primera administración. Por tanto, este coeficiente se calcula a partir de aplicar un forma paralela a la prueba inicial, es decir, se administra una forma A en el momento inicial, y una forma B equivalente, en el momento final.

- ♦ El coeficiente de consistencia interna se utiliza cuando no es posible una segunda aplicación a un mismo grupo de sujetos o cuando la elaboración de una forma paralela del instrumento resulta costosa o difícil para el equipo de investigación. En este caso se puede utilizar la división por mitades, el método de Kuder- Richardson o bien el coeficiente Alfa de Cronbach. Es decir, se divide el instrumento de medida en dos partes equivalentes y se comparan ambos resultados, o bien se hace la comparación de todos los ítems entre sí.

**FACTORES QUE AFECTAN A LA FIABILIDAD:** La fiabilidad de un test depende de factores como la variabilidad de las puntuaciones del test, el número total de ítems del test o las características de los ítems que lo componen.

#### (a) VARIABILIDAD

Se aborda la fiabilidad a partir del cálculo de un coeficiente que es sensible al rango y variabilidad de los datos. Se observa que cuando se mantiene constante el resto de los factores, al aumentar la variabilidad de los datos también aumenta el coeficiente. Por esta razón, en aquellos casos en los que exista una alta variabilidad en las puntuaciones del test, el coeficiente de fiabilidad será mayor. De esto se desprende que un test no tiene un coeficiente de fiabilidad único y fijo, sino que depende de las características de la muestra sobre la que se calcula. Por el contrario, si la muestra es homogénea y las puntuaciones empíricas que se obtienen presentan una baja variabilidad, el coeficiente de fiabilidad será menor.

En este sentido, Crocker y Algina (1986) decían que no se puede afirmar que un test es fiable o no, sino que la fiabilidad es una propiedad de las puntuaciones obtenidas en el test a partir de una muestra particular de individuos.

#### (b) LONGITUD

Otro de los factores que afectan a la fiabilidad es la longitud del test. Así, la fiabilidad depende del número de ítems que presente el test. La lógica de esta afirmación subyace en que cuantos más ítems se utilicen para medir determinada construcción, mejor podrá ser valorada esta y mejor será el error de medida que se cometerá al valorar la puntuación verdadera del sujeto. Por ello, siempre que se aumente el número de ítems de un test (siempre que estos sean ítems representativos de la construcción) aumentará la fiabilidad. Para saber la fiabilidad de un test en caso de que aumente o disminuya su número de ítems, se utiliza la fórmula de Spearman Brown, también conocida como profecía de Spearman Brown.

$$R_{xx} = \frac{k r_{xx}}{1 + (k - 1) r_{xx}} \quad \text{donde } k = \frac{n_f \text{ (número ítems finales)}}{n_i \text{ (número ítems iniciales)}}$$

Si se añaden ítems a un test, k siempre será superior a 1. Mientras que si acorta el test (se eliminan ítems a los ya existentes, k será inferior a 1.

Invirtiéndolo el planteamiento, se pueden calcular los ítems que debe tener un test para lograr una determinada fiabilidad. En este caso, habría que aislar k de la fórmula:

$$k = \frac{R_{xx} (1 - r_{xx})}{r_{xx} (1 - R_{xx})} \rightarrow \text{ítems para añadir: } k \cdot n_i - n_i$$

📖 Sí un test de 20 ítems presenta una fiabilidad de 0,8 y se añaden 10 ítems paralelos, se tiene:

$$k = \frac{30}{20} = 1,5 \rightarrow R_{xx} = \frac{1,5 \cdot 0,8}{1 + (1,5 - 1) 0,8} = 0,86$$

¿Cuántos ítems hay añadir al test para obtener una fiabilidad de 0,86?

$$k = \frac{0,86 \cdot (1 - 0,8)}{0,8 \cdot (1 - 0,86)} = 1,54 \rightarrow \text{ítems para añadir: } 1,54 \cdot 20 - 20 = 11 \text{ ítems}$$

**COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH:** Es una fórmula general para estimar la fiabilidad de un instrumento en el que la respuesta a los ítems es dicotómica p tiene más de dos valores, como por ejemplo en una escala de actitudes con respuesta de tipo Likert.

Dado que es uno de los tipos de coeficiente de consistencia interna, el Alfa de Cronbach expresa esta consistencia interna a partir de la covariación entre los ítems del cuestionario o test, de manera que cuanto mayor es la covarianza, mayor puntuación Alfa.

Por tanto, Alfa es un coeficiente de correlación al cuadrado que mide la homogeneidad de las preguntas promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver que se parecen.

$$\alpha_c = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right) \quad \text{donde} \begin{cases} k \equiv \text{Número de ítems del instrumento} \\ s_i^2 \equiv \text{Varianza de las puntuaciones en el ítem } i \\ s_t^2 \equiv \text{Varianza de las puntuaciones totales} \end{cases}$$

**CRITERIO PARA EVALUAR AL COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH:**

- $\alpha > 0,9 \rightarrow$  Fiabilidad excelente
- $0,8 \leq \alpha < 0,9 \rightarrow$  Fiabilidad buena
- $0,7 \leq \alpha < 0,8 \rightarrow$  Fiabilidad aceptable
- $0,6 \leq \alpha < 0,7 \rightarrow$  Fiabilidad cuestionable
- $0,5 \leq \alpha < 0,6 \rightarrow$  Fiabilidad pobre
- $\alpha < 0,5 \rightarrow$  Fiabilidad inaceptable

**PROCEDIMIENTO DE DOS MITADES (división de ítems en pares e impares)**

$$\text{Alfa de Cronbach: } \alpha_{CA} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum s_A^2}{s_t^2} \right) \quad \alpha_{CB} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum s_B^2}{s_t^2} \right)$$

$$\text{Coeficiente de correlación de Pearson: } r_{AB} = \frac{n \cdot (\sum AB) - (\sum A) \cdot (\sum B)}{\sqrt{[n \cdot (\sum A^2) - (\sum A)^2] \cdot [n \cdot (\sum B^2) - (\sum B)^2]}}$$

$$\text{Corrección de } r \text{ con la ecuación de SPEARMAN – BROWN: } r_{SB} = \frac{2r_{AB}}{1+r_{AB}} \quad r_{AB} = \text{COEF.DE.CORREL(A;B)}$$

Esta corrección estima la correlación que se hubiera obtenido entre las partes si hubiesen tenido el mismo número de ítems que el test completo.

El coeficiente de correlación de Spearman-Brown es más alto que el Alfa de Cronbach y, por lo tanto, es una medida de confiabilidad más apropiada para las pruebas de dos ítems.

$$\text{DOS MITADES DE GUTTMAN: } r_G = 2 \left( 1 - \frac{s_A^2 + s_B^2}{s_t^2} \right)$$

## INTERVALO DE CONFIANZA PARA EL COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH

Obtenido el valor del coeficiente Alfa de Cronbach ( $\alpha_c^\circ$ ) para una muestra determinada de sujetos, se pueden obtener intervalos de confianza para comprobar su significación estadística, o determinar entre qué valores puede fluctuar este coeficiente en la población. Por otro lado, también puede interesar comprobar dos coeficientes Alfa obtenidos en dos muestras independientes, o en la propia muestra, para determinar si la diferencia entre ellos es estadísticamente significativa.

## CONTRASTE PARA UN SOLO COEFICIENTE

Kristof (1963) y Feldt (1965) propusieron un estadístico de contraste para comprobar si un determinado valor del coeficiente Alfa  $\hat{\alpha}_c$  puede ser compatible con cierto valor poblacional  $\alpha_c$ .

Así, se puede analizar si este valor de Alfa es estadísticamente significativo, esto es, si se puede descartar la hipótesis de que su valor en la población es cero, o si este valor difiere significativamente o no de un determinado valor previamente fijado en la población.

Hipótesis nula:  $H_0 : \alpha_c = 0$       Hipótesis alternativa:  $H_1 : \alpha_c \neq 0$

Estadístico de contraste:  $F = \frac{1 - \alpha_c}{1 - \hat{\alpha}_c}$

El estadístico de contraste se distribuye como una distribución de Snedecor  $F_{(n-1), (n-1) \cdot (k-1)}$ , donde  $n$  es el número de sujetos,  $k$  el número de ítems y  $\hat{\alpha}_c$  es el valor Alfa de Cronbach calculado en la muestra.

Se acepta la Hipótesis nula sí:  $F = \frac{1 - \alpha_c}{1 - \hat{\alpha}_c} \leq F_{\alpha/2, (n-1), (n-1) \cdot (k-1)}$  (tablas F de Snedecor)

Al aceptar la hipótesis nula se concluye que, a partir de los datos de la muestra y con un nivel de confianza  $\alpha$ , se admite que el valor del coeficiente Alfa de Cronbach  $\alpha_c$  en la población es cero, por lo que este coeficiente no es estadísticamente significativo.

La interpretación irá en el sentido de establecer un intervalo de confianza para resolver la aceptación o no de cualquier valor del coeficiente en la hipótesis nula del contraste correspondiente.

$$\alpha_c \in \left[ F_{1-\alpha/2, (n-1), (n-1) \cdot (k-1)} ; F_{\alpha/2, (n-1), (n-1) \cdot (k-1)} \right]$$

donde,  $F_{1-\alpha/2, (n-1), (n-1) \cdot (k-1)} = \frac{1}{F_{\alpha/2, (n-1) \cdot (k-1), (n-1)}}$

Así, si el valor del coeficiente Alfa de Cronbach poblacional  $\alpha_c$  planteado en la hipótesis nula cae dentro del intervalo de confianza, se acepta la hipótesis nula. En caso contrario, se acepta la hipótesis alternativa para el nivel de confianza establecido.



## CONTRASTE PARA DOS COEFICIENTES EN MUESTRAS INDEPENDIENTES

Se puede comprobar si dos coeficientes Alfa de Cronbach  $\hat{\alpha}_{1C}$  y  $\hat{\alpha}_{2C}$  obtenidos en muestras diferentes de sujetos son o no iguales. Para responder a esta cuestión se aplica un contraste para dos coeficientes en muestras independientes.

Feldt (1969) propuso el estadístico  $w$ , que permite determinar si la diferencia entre dos coeficientes es estadísticamente significativa.

Hipótesis nula:  $H_0 : \alpha_{1C} = \alpha_{2C}$       Hipótesis alternativa:  $H_1 : \alpha_{1C} \neq \alpha_{2C}$

Estadístico de contraste:  $w = \frac{1 - \hat{\alpha}_{1C}}{1 - \hat{\alpha}_{2C}}$

Se acepta la Hipótesis nula sí:  $w = \frac{1 - \hat{\alpha}_{1C}}{1 - \hat{\alpha}_{2C}} \leq F_{\alpha/2, n_1, n_2}$  (tablas F de Snedecor)

El estadístico de contraste se distribuye como una distribución de Snedecor  $F_{\alpha/2, n_1, n_2}$ , donde  $n_1$  y  $n_2$  son las dimensiones de estas dos muestras,  $\hat{\alpha}_{1C}$  y  $\hat{\alpha}_{2C}$  son los coeficientes Alfa de Cronbach obtenidos en cada una de las dos muestras.

La interpretación irá en el sentido de establecer un intervalo de confianza para resolver la aceptación o no de cualquier valor del estadístico de contraste.

$$w \in \left[ F_{1-\alpha/2, n_1, n_2} ; F_{\alpha/2, n_1, n_2} \right] \quad \text{donde, } F_{1-\alpha/2, n_1, n_2} = \frac{1}{F_{\alpha/2, n_2, n_1}}$$

Así, si el valor del estadístico  $w$  cae dentro del intervalo de confianza, se acepta la hipótesis nula, y, por tanto, se concluye que la diferencia entre los dos coeficientes no es estadísticamente significativa.

## CONTRASTE PARA DOS COEFICIENTES EN MUESTRAS DEPENDIENTES

Es habitual que los dos coeficientes Alfa de Cronbach  $\hat{\alpha}_{1C}$  y  $\hat{\alpha}_{2C}$  se hayan calculado a partir de la misma muestra de sujetos.

Menos frecuente es que se hayan obtenido a partir de dos muestras de sujetos relacionados entre ellos por algún criterio de emparejamiento (pareja de gemelos, padre-madre, etc.).

No obstante, tanto en el uno como en el otro supuesto, el diseño se denomina como muestras dependientes.

Sería el caso, de aplicar un diseño experimental de medidas repetidas y administrar el mismo test a solo un grupo de sujetos en dos ocasiones diferentes. En este sentido, se podría comparar los dos coeficientes Alfa de Cronbach obtenidos para determinar la posible diferencia estadística significativa entre ellos.

Feldt (1980) propuso un estadístico de contraste para comparar dos coeficientes Alfa obtenidos en muestras dependientes:

$$t_{n-2} = \frac{(\hat{\alpha}_{1C} - \hat{\alpha}_{2C}) \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{4(1 - \hat{\alpha}_{1C})(1 - \hat{\alpha}_{2C})(1 - r_{12})}}$$

El estadístico de contraste se distribuye como una distribución  $t$  de Student con  $(n-2)$  grados de libertad, con  $n$  número de sujetos de la muestra, y una correlación  $r_{12}$  entre las puntuaciones de los sujetos en las dos administraciones del test.



Contraste para determinar la posible diferencia estadísticamente significativa entre los dos coeficientes Alfa:

Hipótesis nula:  $H_0 : \alpha_{1C} = \alpha_{2C}$       Hipótesis alternativa:  $H_1 : \alpha_{1C} \neq \alpha_{2C}$

Estadístico de contraste:  $w = \frac{1 - \hat{\alpha}_{1C}}{1 - \hat{\alpha}_{2C}}$

Se acepta la Hipótesis nula sí:  $t_{n-2} = \frac{(\hat{\alpha}_{1C} - \hat{\alpha}_{2C}) \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{4(1 - \hat{\alpha}_{1C})(1 - \hat{\alpha}_{2C})(1 - r_{12})}} \leq t_{\alpha/2, (n-2)}$

$t_{1-\alpha/2, (n-2)} = -t_{\alpha/2, (n-2)}$

Cuando el estadístico de contraste  $t_{1-\alpha/2, (n-2)} \leq t_{n-2} \leq t_{\alpha/2, (n-2)}$  se acepta la hipótesis nula, concluyendo que la diferencia entre los dos coeficientes Alfa no es estadísticamente significativa.

### CONTRASTE DE KUDER-RICHARDSON

Años antes que Cronbach propusiera el coeficiente Alfa como indicador de la consistencia interna de un test, Kuder y Richardson (1937) presentaron dos fórmulas de cálculo de este indicador, que de hecho son casos particulares de Alfa cuando los ítems son dicotómicos. Estas dos fórmulas son conocidas como  $KR_{20}$  y  $KR_{21}$

Cuando los ítems de un test son dicotómicos y se codifican las dos alternativas de respuestas posibles como 0 y 1, la varianza de un ítem  $p_i \cdot q_i$  (proporción de ceros por la proporción de unos).

Si el test es de rendimiento u las respuestas a los diferentes ítems son correctas o incorrectas, habitualmente se codifica con un 1 las respuestas correctas y con un 0 las incorrectas. En este caso, la varianza del ítem será  $s_i^2 = p_i \cdot q_i$  (proporción de sujetos que aciertan el ítem por la proporción de sujetos que no lo aciertan).

Análogamente, cuando el test es de personalidad y no hay preguntas correctas ni incorrectas, se codifica con 1 los sujetos que responden "sí" y con un 0 los que responden "no", la varianza del ítem será  $s_i^2 = p_i \cdot q_i$

$$KR_{20} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum p_i \cdot q_i}{s_t^2} \right)$$

En el supuesto de que todos los ítems tuvieran la misma dificultad, o que el número de sujetos que responden "sí" se mantuviera constante para todos los ítems, el producto  $p_i \cdot q_i$  sería igual para todos ellos, y su sumatorio sería igual a la media del test menos esta media al cuadrado dividada por el número de ítems (k). Resulta la reformulación:

$$KR_{21} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\bar{x} - (\bar{x}^2 / k)}{s_t^2} \right)$$

## COEFICIENTE DE CORRELACIÓN INTRACLASE

El coeficiente de correlación intraclase ICC (Intraclass correlation coefficient) permite medir la "concordancia" entre dos o más valoraciones cuantitativas (continuas) con diferentes instrumentos de medida o evaluadores.

La noción que subyace a la formulación del ICC fue introducida por Fisher (1921), quien propuso una definición especial del coeficiente de correlación de Pearson para distribuciones de igual media y varianza.

El ICC que se utiliza actualmente para evaluar la concordancia entre diferentes métodos o evaluadores se basa en el modelo de Análisis de la Varianza con medidas repetidas o intrasujeto (Fleiss, 1986).

Si se dispone de  $n$  sujetos y  $k$  evaluadores, el punto de partida para realizar el análisis es la matriz de orden  $n \times k$  que contiene cada valoración  $x_{ij}$  del sujeto  $i$  realizada por el evaluador  $j$ .

	Valoración (evaluadores)					
Sujetos	1	2	.....	j	.....	k
1	$x_{11}$	$x_{12}$		$x_{1j}$		$x_{1k}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	.....	$x_{2j}$	.....	$x_{2k}$
⋮	⋮	⋮	.....	⋮	.....	⋮
i	$x_{i1}$	$x_{i2}$	.....	$x_{ij}$	.....	$x_{ik}$
⋮	⋮	⋮	.....	⋮	.....	⋮
n	$x_{n1}$	$x_{n2}$	.....	$x_{nj}$	.....	$x_{nk}$

Para hallar el ICC se descompone la variación total de las  $n \times k$  observaciones en tres componentes que recogen las siguientes fuentes de variación:

$$\begin{cases} SS_{\text{suj}} : & \text{Variación entre sujetos} \\ SS_{\text{eva}} : & \text{Variación entre evaluadores} \\ SS_{\text{res}} : & \text{Variación residual} \end{cases}$$

Se calculan sus medias cuadráticas (MS) dividiendo cada suma de cuadrados (SS) por sus correspondientes grados de libertad (gl). Esta descomposición permite realizar un análisis de varianzas de dos factores.

Cuando cada una de las valoraciones no la realiza el mismo evaluador, de manera que no es posible distinguir a los evaluadores, la variación debida a los evaluadores se confunde con la residual dando lugar a la variación intra-sujetos ( $SS_{\text{intra-sujetos}} = SS_{\text{eva}} + SS_{\text{res}}$ ), lo que conduce a un análisis de la varianza de un factor.

Un ejemplo de esta situación: Se dispone de  $n$  pacientes que al ingreso se someten a dos determinaciones de la presión arterial realizada por enfermeras diferentes de Urgencias que, dependiendo del momento de ingreso, cambian de un paciente a otro.

Descomposición de la variación total de k evaluaciones realizadas a n sujetos

$SS_{total}$	=	$SS_{sujetos}$	+	$SS_{intra-sujetos}$	ANOVA DE 1 factor
Variación total		Variación sujetos		Variación intra-sujetos	
gl = kn - 1		gl = n - 1		gl = n(k - 1)	

$MS_{total} = \frac{SS_{total}}{kn - 1}$	$MS_{suj} = \frac{SS_{suj}}{n - 1}$	$MS_{intra-suj} = \frac{SS_{intra-suj}}{n(k - 1)}$
--	-------------------------------------	--

$SS_{total}$	=	$SS_{sujetos}$	+	$SS_{evaluadores}$	+	$SS_{residual}$	ANOVA DE 2 factores
Variación total		Variación debida a los sujetos		Variación debida a los evaluadores		Variación residual	
gl = kn - 1		gl = n - 1		gl = k - 1		gl = (n - 1)(k - 1)	

$MS_{total} = \frac{SS_{total}}{kn - 1}$	$MS_{suj} = \frac{SS_{suj}}{n - 1}$	$MS_{eva} = \frac{SS_{eva}}{k - 1}$	$MS_{res} = \frac{SS_{res}}{(n - 1)(k - 1)}$	$F = \frac{MS_{eva}}{MS_{res}}$
--	-------------------------------------	-------------------------------------	--	---------------------------------

Fórmulas de cálculo de los diferentes coeficientes de correlación intraclass

		Una valoración	Promedio de k valoraciones
1 factor	Acuerdo	$ICC_{A,1} = \frac{MS_{suj} - MS_{intra-suj}}{MS_{suj} + (k - 1) MS_{intra-suj}}$	$ICC_{A,k} = \frac{MS_{suj} - MS_{intra-suj}}{MS_{intra-suj}}$
	Acuerdo	$ICC_{A,1} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj} + (k - 1) MS_{res} + \frac{k}{n} (MS_{eva} - MS_{res})}$	$ICC_{A,k} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj} + \frac{MS_{eva} - MS_{res}}{n}}$
2 factores	consistencia	$ICC_{C,1} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj} + (k - 1) MS_{res}}$	$ICC_{C,k} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj}}$

El "análisis de la varianza de medias repetidas de un factor" sólo permite calcular el ICC de acuerdo. Se trata de un modelo de efectos aleatorios porque supone que los n sujetos son una muestra aleatoria de la población.

El "análisis de la varianza de medidas repetidas con dos factores" permite calcular el ICC de acuerdo absoluto y el ICC de consistencia. Además, estos análisis de acuerdo y consistencia se pueden realizar con dos tipos de modelos:

- (a) Modelos de efectos aleatorios: Supone que tanto los n sujetos como los k evaluadores son muestras aleatorias de sus respectivas poblaciones.
- (b) Modelos de efectos mixtos: Supone que los n sujetos son una muestra aleatoria de la población mientras que los k evaluadores constituyen la totalidad de la población de evaluadores.

Fleiss y Cohen (1973) demostraron matemáticamente que el ICC de acuerdo es análogo al índice kappa con ponderación cuadrática.



## ANÁLISIS DE FIABILIDAD CON SPSS ([ciudades-chile.sav](#))



El análisis de fiabilidad permite estudiar las propiedades de las escalas de medición y de los elementos que las constituyen.

El análisis de fiabilidad permite estudiar las propiedades de las escalas de medición y de los elementos que las constituyen. El procedimiento en SPSS calcula las medidas de fiabilidad de escala que se utilizan normalmente y también proporciona información sobre las relaciones entre elementos individuales de la escala.

Se pueden utilizar los coeficientes de correlación intraclase para calcular estimaciones de la fiabilidad inter-evaluadores.

Permite determinar el grado en que los elementos del cuestionario se relacionan entre sí, obtener un índice global de la replicabilidad o de la consistencia interna de la escala en su conjunto o identificar elementos problemáticos que deberían ser excluidos de la escala.

Algunos de los estadísticos que incorpora SPSS son:

- Descriptivos para cada variable y para la escala.
- Estadísticos de resumen comparando los elementos.
- Correlaciones y covarianzas inter-elementos.
- Estimaciones de la fiabilidad.
- Tabla de ANOVA para la evaluación del efecto del entrevistador
- Coeficientes de correlación intraclase
- $T^2$  de Hotelling.
- Prueba de aditividad de Tukey.

Los modelos de evaluación de la Fiabilidad y de la Consistencia Interna disponibles son:

- Alfa (Cronbach): Medida de la consistencia interna, que se basa en la correlación inter-elementos promedio.
- Dos mitades: En este modelo se divide la escala en dos partes y se examina la correlación entre dichas partes.
- Guttman: En este modelo se calcula los límites inferiores de Guttman para la fiabilidad verdadera.
- Paralelo: Este modelo asume que todos los elementos tienen varianzas iguales y varianzas error iguales a través de las réplicas.
- Paralelo estricto: Este modelo asume los supuestos del modelo paralelo y también asume que las medias son iguales a través de los elementos.

**DATOS:** Pueden ser dicotómicos, ordinales o de intervalo, pero deben estar codificados numéricamente. Por otra parte, las observaciones deben ser independientes y los errores no deben estar correlacionados entre los elementos.

Cada par de elementos debe tener una distribución normal bivalente. Asimismo, las escalas deben ser aditivas, de manera que cada elemento esté linealmente relacionado con la puntuación total.

Señalar que hay otros procedimientos relacionados con el estudio de la Fiabilidad / Consistencia Interna de una escala: Si se desea explorar la dimensionalidad de los elementos de la escala (para comprobar si se necesita más de un construcción para explicar el patrón de puntuaciones en los elementos) se puede utilizar el Análisis Factorial o el Escalamiento Multidimensional. Para identificar grupos homogéneos de variables, se puede utilizar Análisis de Conglomerados jerárquico para agrupar las variables.



Datos finales de la Escala de Likert de cuatro variables en estudio.

Id	Calidad	Economia_Escala	Valor agregado	Competitividad	Suma ítems
1	15	14	16	15	60
2	19	22	21	20	82
3	15	14	15	14	58
4	15	14	16	15	60
5	18	19	19	19	75
6	15	16	16	16	63
7	14	15	16	15	60
8	13	14	14	14	55
9	20	19	20	20	79
10	19	18	20	19	76
11	18	19	20	19	76
12	16	17	18	17	68
13	14	14	15	14	57
14	17	18	17	17	69
15	14	14	15	14	57
16	19	20	21	20	80
17	15	16	16	15	62
18	14	15	15	14	58
19	14	14	15	14	57
20	15	14	15	14	58
21	14	15	14	14	57
22	15	14	14	14	57
23	15	16	15	15	61
24	14	14	15	14	57
25	15	15	16	15	61
26	16	14	16	15	61
27	16	15	15	15	61
28	15	16	15	16	62
29	15	14	16	15	60
30	15	13	15	15	58
MEDIA	15,633	15,733	16,367	15,767	63,500
VARP	3,232	4,929	4,366	4,179	$s_t^2 = 62,517$
Varianza Población: $\sum s_i^2 = 3,232 + 4,929 + 4,366 + 4,179 = 16,706$					
				VAR	$\sigma^2 = 64,6724$

$$\text{Alfa de Cronbach: } \alpha_c = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right) = \frac{4}{3} \left( 1 - \frac{16,706}{62,517} \right) = 0,97704$$

Se plantea: Hipótesis nula:  $H_0 : \alpha = 0$       Hipótesis alternativa:  $H_1 : \alpha \neq 0$

$$F = \frac{1 - \alpha_c}{1 - \hat{\alpha}_c} = \frac{1 - 0}{1 - 0,97704} = 43,560 \not\leq F_{0,025, 29, 29.3} = F_{0,025, 29, 87} = 1,746962$$

DISTR.F.INV(0,025;29;87)

Se rechaza la hipótesis nula, por lo que este coeficiente es estadísticamente significativo.



## Datos finales de la Escala de Likert de cuatro variables en estudio en dos mitades

Id	Calidad	Economia_Escala	Suma A ítems	Valor agregado	Competitividad	Suma B ítems	Suma ítems
1	15	14	29	16	15	31	60
2	19	22	41	21	20	41	82
3	15	14	29	15	14	29	58
4	15	14	29	16	15	31	60
5	18	19	37	19	19	38	75
6	15	16	31	16	16	32	63
7	14	15	29	16	15	31	60
8	13	14	27	14	14	28	55
9	20	19	39	20	20	40	79
10	19	18	37	20	19	39	76
11	18	19	37	20	19	39	76
12	16	17	33	18	17	35	68
13	14	14	28	15	14	29	57
14	17	18	35	17	17	34	69
15	14	14	28	15	14	29	57
16	19	20	39	21	20	41	80
17	15	16	31	16	15	31	62
18	14	15	29	15	14	29	58
19	14	14	28	15	14	29	57
20	15	14	29	15	14	29	58
21	14	15	29	14	14	28	57
22	15	14	29	14	14	28	57
23	15	16	31	15	15	30	61
24	14	14	28	15	14	29	57
25	15	15	30	16	15	31	61
26	16	14	30	16	15	31	61
27	16	15	31	15	15	30	61
28	15	16	31	15	16	31	62
29	15	14	29	16	15	31	60
30	15	13	28	15	15	30	58
VARP	3,232	4,929	15,032	4,366	4,179	16,782	$s_t^2 = 62,517$

DOS MITADES (Alfa de Cronbach):

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{CA} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum s_A^2}{s_t^2} \right) = 2 \left( 1 - \frac{3,232 + 4,929}{15,032} \right) = 0,91418 \\ \alpha_{CB} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum s_B^2}{s_t^2} \right) = 2 \left( 1 - \frac{4,366 + 4,179}{16,782} \right) = 0,9816 \end{array} \right.$$

DOS MITADES DE GUTTMAN:  $r_G = 2 \left( 1 - \frac{s_A^2 + s_B^2}{s_t^2} \right) = 2 \left( 1 - \frac{15,032 + 16,782}{62,517} \right) = 0,98222$

COEFICIENTE DE SPEARMAN-BROWN:  $r_{SB} = \frac{2r_{AB}}{1 + r_{AB}} = \frac{2 \cdot 0,967}{1 + 0,967} = 0,983$

$r_{AB} = \text{COEF.DE.CORREL}(A;B) = 0,967$





fiabilidad.sav [Conjunto\_de\_datos1] - Editor de datos SPSS

Archivo Edición Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ventana ?

61 :  
Economía Escala Valor agr

	Economía	Escala	Valor agr
1	14		16
2	22		21
3	14		15
4	14		16
5	19		19
6	16		16
7	15		16
8	14		14
9	19		20
10	18		20
11	19		20
12	17		18
13	14		15
14	18		17
15	14		15
16	20		21
17	16		16
18	15		15
19	14		15
20	14		15
21	15		14
22	14		14
23	16		15
24	14		15
25	15		16
26	14		16
27	15		15
28	16		15
29	14		16
30	13		15

Visible: 4 de 4 variab

Elementos:  
Calidad  
Economía\_Escala  
Valor\_agregado  
Competitividad

Modelo: Alfa

Etiqueta de escala:

Estadísticos...

SPSS El procesador está preparado

Modelo: Alfa

Etiqueta de escala:

Estadísticos...

Se pueden seleccionar diversos estadísticos que describen la escala y sus elementos.

Los estadísticos de los que se informa por defecto incluyen el número de casos, el número de elementos y las estimaciones de la fiabilidad, según se detalla.

**Modelos Alfa:** Coeficiente Alfa. Para datos dicotómicos, es equivalente al coeficiente 20 de Kuder-Richardson (KR20).

**Modelos Dos mitades:** Correlación entre formas, fiabilidad de dos mitades de Guttman, fiabilidad de Spearman-Brown (longitud igual y desigual) y coeficiente alfa para cada mitad.

**Modelos de Guttman:** Coeficientes de fiabilidad lambda 1 a lambda 6.



**Modelos Paralelo y Paralelo estricto:** Prueba de bondad de ajuste del modelo; estimaciones de la varianza error, varianza común y varianza verdadera; correlación común inter-elementos estimada; fiabilidad estimada y estimación de la fiabilidad no sesgada.



**Descriptivos para:** Genera estadísticos descriptivos para las escalas o los elementos a través de los casos.

**Elemento:** Genera estadísticos descriptivos para los elementos a través de los casos.

**Escala:** Genera estadísticos descriptivos para las escalas.

**Escala si se elimina el elemento:** Muestra estadísticos de resumen para comparar cada elemento con la escala compuesta por otros elementos. Los estadísticos incluyen la media de escala y la varianza si el elemento fuera a eliminarse de la escala, la correlación entre el elemento y la escala compuesta por otros elementos, y Alfa de Cronbach si el elemento fuera a eliminarse de la escala.

**Resúmenes:** Proporciona estadísticos descriptivos sobre las distribuciones de los elementos a través de todos los elementos de la escala.

- ◆ **Medias:** Estadísticos de resumen de las medias de los elementos. Se muestran el máximo, el mínimo y el promedio de las medias de los elementos, el rango y la varianza de las medias de los elementos, y la razón de la mayor media sobre la menor media de los elementos.
- ◆ **Varianzas:** Estadísticos de resumen de las varianzas de los elementos. Se muestran el máximo, el mínimo y el promedio de las varianzas de los elementos, el rango y la varianza de las varianzas de los elementos y la razón de la mayor varianza sobre la menor varianza de los elementos.
- ◆ **Covarianzas:** Estadísticos de resumen de las covarianzas entre los elementos. Se muestran el máximo, el mínimo y el promedio de las covarianzas inter-elementos, el rango y la varianza de las covarianzas inter-elementos, y la razón de la mayor sobre la menor covarianza entre-elementos.
- ◆ **Correlaciones:** Estadísticos de resumen para las correlaciones entre los elementos. Se muestran el máximo, el mínimo y el promedio de las correlaciones inter-elementos, el rango y la varianza de las correlaciones inter-elementos, y la razón de la mayor correlación sobre la menor correlación entre-elementos.

**Entre-elementos:** Genera las matrices de correlaciones o covarianzas entre los elementos.

**Tabla de ANOVA:** Produce pruebas de medias iguales.

- ◆ **Prueba F:** Muestra la tabla de un análisis de varianza de medidas repetidas.
- ◆ **Chi-cuadrado de Friedman:** Muestra el Chi-cuadrado de Friedman y el coeficiente de concordancia de Kendall. Esta opción es adecuada para datos que se encuentren en el formato de rangos. La prueba de Chi-cuadrado sustituye a la prueba F habitual en la tabla de ANOVA.

- ◆ Chi-cuadrado de Cochran: Muestra la Q de Cochran. Esta opción es adecuada para datos dicotómicos. El estadístico Q sustituye a la F habitual en la tabla de ANOVA.

T-cuadrado de Hotelling: Genera un contraste multivariado sobre la hipótesis nula de que todos los elementos de la escala tienen la misma media.

Prueba de aditividad de Tukey: Genera un contraste sobre el supuesto de que no existe una interacción multiplicativa entre los elementos.

Coefficiente de correlación intraclase (CCI): Genera medidas sobre la consistencia o sobre el acuerdo de los valores entre los propios casos. Se utiliza para medir la confiabilidad de las puntuaciones en los estudios donde hay dos o más evaluadores. Un valor de ICC puede variar de 0 a 1, donde 0 indica que no hay confiabilidad entre los evaluadores y 1 indica una confiabilidad perfecta.

Modelo: Seleccionar el modelo para calcular el coeficiente de correlación intraclase. Los modelos disponibles son: Dos factores, efectos mixtos - Dos factores, efectos aleatorios - Un factor, efectos aleatorios.

- ◆ Dos factores, efectos mixtos: Si los efectos de personas son aleatorios y los efectos de elementos son fijos.
- ◆ Dos factores, efectos aleatorios: Si los efectos de personas y los efectos de elementos son aleatorios.
- ◆ Un factor, efectos aleatorios: Si los efectos de personas son aleatorios.

Tipo: Seleccionar el tipo de índice. Tipos disponibles: Consistencia ( $ICC_C$ ) y Acuerdo absoluto  $ICC_A$ . Los coeficientes de correlación intraclase de consistencia y de acuerdo indican la concordancia para una valoración. Sin embargo, también se pueden calcular los ICC de consistencia y acuerdo para el promedio de valoraciones. Estos coeficientes sólo tienen interés cuando se usan como medida de combinación de  $k = 2$  valoraciones.

En general, el promedio de valoraciones indica más concordancia, lo que se traduce en un ICC de mayor magnitud.

Intervalo de confianza: Especifica el nivel para el intervalo de confianza. El valor por defecto es 95%.

Valor de prueba: Especifica el valor hipotético para el coeficiente, para el contraste de hipótesis. Este valor es el valor con el que se compara el valor observado. El valor por defecto es 0.

Visor de SPSS .....

Los datos de simulación señalan que este cuestionario de 4 elementos tiene en conjunto una fiabilidad del 0,977, resultando un valor excelente.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos
,977	,979	4

Se proporcionan otros datos

Estadísticos de los elementos

	Media	Desviación típica	N
Calidad	15,63	1,829	30
Economía_Escala	15,73	2,258	30
Valor_agregado	16,37	2,125	30
Competitividad	15,77	2,079	30

La desviación típica refleja el grado de distancia entre las puntuaciones individuales y la media, presentando mayor desviación típica Economía de Escala.

Las correlaciones entre los elementos señalan la relación de cada uno de los ítems consigo mismo (en diagonal) y con los demás.

Matriz de correlaciones inter-elementos

	Calidad	Economía_Escala	Valor_agregado	Competitividad
Calidad	1,000	,861	,923	,947
Economía_Escala	,861	1,000	,898	,934
Valor_agregado	,923	,898	1,000	,964
Competitividad	,947	,934	,964	1,000

Así, la Calidad tiene una relación de 0,923 con Valor agregado.

Estadísticos total-elemento

	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-tot al corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
Calidad	47,87	39,844	,931	,903	,975
Economía_Escala	47,77	35,082	,916	,877	,979
Valor_agregado	47,13	35,844	,955	,931	,966
Competitividad	47,73	35,857	,984	,968	,958

La tabla resumen de estadísticos recoge el coeficiente Alfa de Cronbach cuando se suprime cada uno de los ítems. Se observa que cuando se suprime Calidad la fiabilidad global del instrumento baja pasa de 0,977 a 0,975. Mientras que si se suprime Economía de Escala la fiabilidad global aumenta, pasa de 0,977 a 0,979. Por tanto, estos dos ítems no aportan demasiado a la consistencia de la prueba.

Cuando los ítems no aportan significativamente a la consistencia de la prueba hay que hacer análisis complementarios tanto de orden estadístico, como teóricos, que permitan decidir si vale la pena mantener el ítem, reformularlo o eliminarlo.

Estadísticos de la escala

Media	Varianza	Desviación típica	N de elementos
63,50	64,672	8,042	4

## ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-personas	$SS_{suj} = 468,875$	29	$MS_{suj} = 16,168$		
Intra-personas	$SS_{eva} = 9,958$	3	$MS_{eva} = 3,319$	8,943	,000
Inter-elementos	$SS_{res} = 32,292$	87	$MS_{res} = ,371$		
Residual	$SS_{intra-suj} = 42,250$	90	$MS_{intra-suj} = ,469$		
Total	511,125	119	4,295		

Media global = 15,88

$$\text{Media global} = \frac{63,50}{4} = 15,875 \quad F = \frac{MS_{eva}}{MS_{res}} = \frac{3,318}{0,371} = 8,943$$

$$ICC_{C,1} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj} + (k-1)MS_{res}} = \frac{16,168 - 0,371}{16,168 + (4-1)0,371} = 0,914$$

$$ICC_{C,4} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj}} = \frac{16,168 - 0,371}{16,168} = 0,977$$

La instrucción ANOVA presenta el análisis de la varianza que descompone la variación total en tres componentes: Inter-personas (debido a los sujetos), Inter-elementos (debida a las valoraciones o evaluadores) y Residual. A partir de esta descomposición se pueden calcular todos los coeficientes de correlación intraclase.

El resultado del análisis indica presencia de sesgo porque la media obtenida presenta diferencia significativa rechazando la hipótesis nula ( $F = 8,943$ ;  $p = 0.000 < 0,005$ )

## Coeficiente de correlación intraclase

	Correlación intraclase <sup>a</sup>	Intervalo de confianza 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig.
Medidas individuales	,914 <sup>b</sup>	,857	,954	43,560	29	87	,000
Medidas promedio	,977 <sup>c</sup>	,960	,988	43,560	29	87	,000

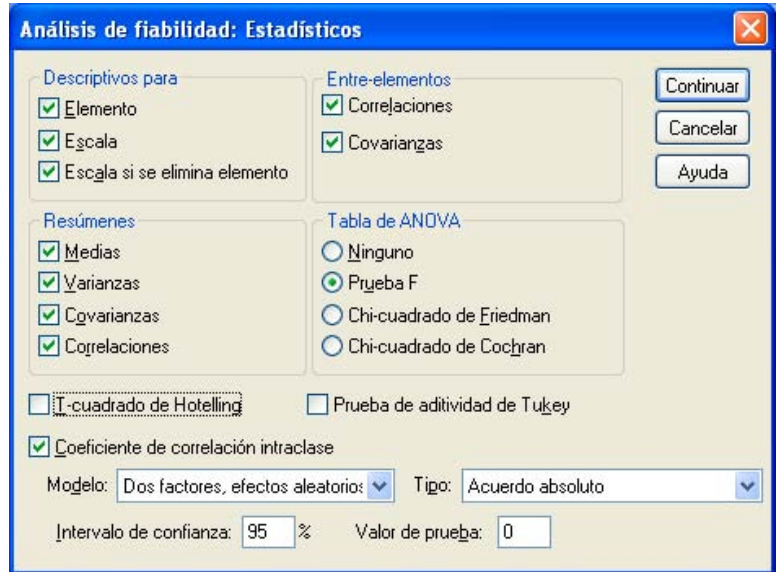
Modelo de efectos mixtos de dos factores en el que los efectos de las personas son aleatorios y los efectos de las medidas son fijos.

- Coeficientes de correlación intraclase de tipo C utilizando una definición de coherencia, la varianza inter-medidas se excluye de la varianza del denominador.
- El estimador es el mismo, ya esté presente o no el efecto de interacción.
- Esta estimación se calcula asumiendo que no está presente el efecto de interacción, ya que de otra manera no es estimable.

El análisis de consistencia interna de los ítems tiene un valor de Alfa de Cronbach de 0,977, valor muy bueno en la población oscilando entre 0,960 y 0,988.



Sí se hubiera elegido el Modelo "Alfa / Dos factores, efectos aleatorios / Acuerdo absoluto"



### ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-personas	$SS_{suj} = 468,875$	29	$MS_{suj} = 16,168$		
Intra-personas	$SS_{eva} = 9,958$	3	$MS_{eva} = 3,319$	8,943	,000
Inter-elementos	$SS_{res} = 32,292$	87	$MS_{res} = ,371$		
Residual	$SS_{intra-suj} = 42,250$	90	$MS_{intra-suj} = ,469$		
Total	511,125	119	4,295		

Media global = 15,88

Este modelo supone que los  $n = 30$  sujetos son una muestra aleatoria de la población, mientras que los evaluadores que representan a la población total son  $k = 4$

$$\text{Media global} = \frac{63,50}{4} = 15,875 \quad F = \frac{MS_{eva}}{MS_{res}} = \frac{3,318}{0,371} = 8,943$$

$$ICC_{A,1} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj} + (k-1)MS_{res} + \frac{k}{n}(MS_{eva} - MS_{res})} = \frac{16,168 - 0,371}{16,168 + (4-1)0,371 + \frac{4}{30}(3,319 - 0,371)} = 0,894$$

$$ICC_{A,4} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj} + \frac{MS_{eva} - MS_{res}}{n}} = \frac{16,168 - 0,371}{16,168 + \frac{3,319 - 0,371}{30}} = 0,971$$

### Coefficiente de correlación intraclase

	Correlación intraclase <sup>a</sup>	Intervalo de confianza 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig.
Medidas individuales	,894 <sup>b</sup>	,809	,945	43,560	29	87	,000
Medidas promedio	,971 <sup>c</sup>	,944	,986	43,560	29	87	,000

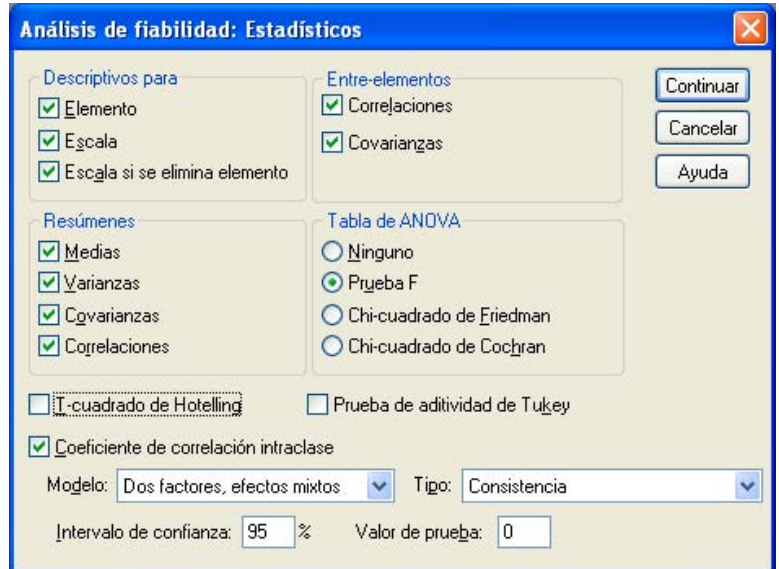
Modelo de efectos mixtos de dos factores en el que los efectos de las personas son aleatorios y los efectos de las medidas son fijos.

- Coefficientes de correlación intraclase de tipo A utilizando una definición de acuerdo absoluto.
- El estimador es el mismo, ya esté presente o no el efecto de interacción.
- Esta estimación se calcula asumiendo que no está presente el efecto de interacción, ya que de otra manera no es estimable.





Sí se hubiera elegido el Modelo "Dos mitades / Dos factores, efectos mixtos / Consistencia"



### Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Parte 1	Valor	,914
		N de elementos	2 <sup>a</sup>
	Parte 2	Valor	,982
		N de elementos	2 <sup>b</sup>
	N total de elementos		4
Correlación entre formas			,967
Coeficiente de Spearman-Brown	Longitud igual		,983
	Longitud desigual		,983
Dos mitades de Guttman			,982

a. Los elementos son: Calidad, Economía\_Escala.

b. Los elementos son: Valor\_agregado, Competitividad.

$$\text{Alfa de Cronbach: } \begin{cases} \alpha_{CP1} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum S_A^2}{S_t^2} \right) = 2 \left( 1 - \frac{3,232 + 4,929}{15,032} \right) = 0,91418 \\ \alpha_{CP2} = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum S_B^2}{S_t^2} \right) = 2 \left( 1 - \frac{4,366 + 4,179}{16,782} \right) = 0,9816 \end{cases}$$

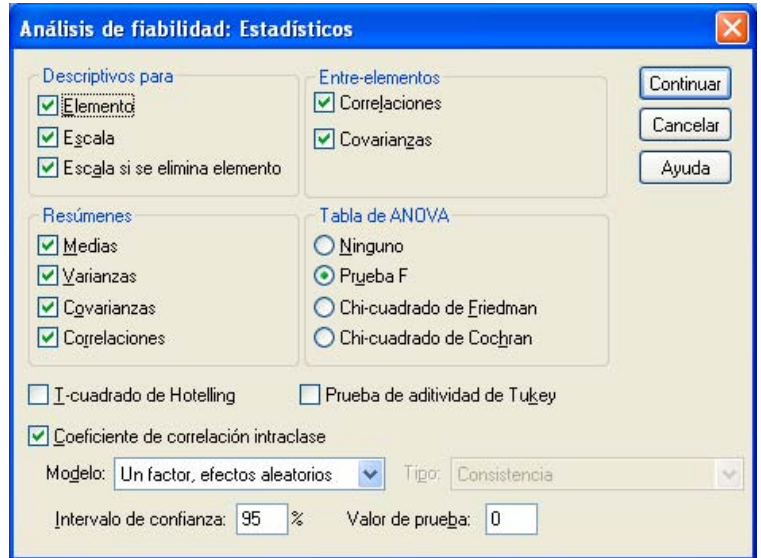
Coeficiente de correlación entre formas:  $r_{AB} = \text{COEF.DE.CORREL}(A;B) = 0,967$

Coeficiente de Spearman- Brown:  $r_{SB} = \frac{2r_{AB}}{1+r_{AB}} = \frac{2 \cdot 0,967}{1+0,967} = 0,983$

Dos mitades de Guttman:  $r_G = 2 \left( 1 - \frac{S_A^2 + S_B^2}{S_t^2} \right) = 2 \left( 1 - \frac{15,032 + 16,782}{62,517} \right) = 0,98222$



Sí se hubiera elegido el Modelo "Alfa / Un factor, efectos aleatorios"



#### ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-personas	SS <sub>suj</sub> = 468,875	29	MS <sub>suj</sub> = 16,168		
Intra-personas	SS <sub>eva</sub> = 9,958	3	MS <sub>eva</sub> = 3,319	8,943	,000
Inter-elementos	SS <sub>res</sub> = 32,292	87	MS <sub>res</sub> = ,371		
Residual	SS <sub>intra-suj</sub> = 42,250	90	MS <sub>intra-suj</sub> = ,469		
Total	511,125	119	4,295		
Total					

Media global = 15,88

El análisis de la varianza de medidas repetidas de un factor solo permite calcular el ICC<sub>A</sub> de acuerdo. Es un modelo de efectos aleatorios porque supone que los n = 30 sujetos son una muestra aleatoria de la población. Supone que las valoraciones no la realiza el mismo evaluador, de manera que no es posible distinguir a los evaluadores.

$$\text{Media global} = \frac{63,50}{4} = 15,875 \quad F = \frac{MS_{eva}}{MS_{res}} = \frac{3,319}{0,371} = 8,943$$

$$ICC_{A,1} = \frac{MS_{suj} - MS_{intra-suj}}{MS_{suj} + (k-1)MS_{intra-suj}} = \frac{16,168 - 0,469}{16,168 + (4-1)0,469} = 0,893$$

$$ICC_{A,4} = \frac{MS_{suj} - MS_{res}}{MS_{suj} + \frac{MS_{eva} - MS_{res}}{n}} = \frac{16,168 - 0,371}{16,168 + \frac{3,319 - 0,371}{30}} = 0,971$$

#### Coefficiente de correlación intraclase

	Correlación intraclase	Intervalo de confianza 95%		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig.
Medidas individuales	,893	,824	,942	34,441	29	90	,000
Medidas promedio	,971	,949	,985	34,441	29	90	,000

Modelo de efectos aleatorios de un factor en el que los efectos de las personas son aleatorios.







**Instrumentos Estadísticos Avanzados**  
**Facultad Ciencias Económicas y Empresariales**  
**Departamento de Economía Aplicada**  
**Profesor: Santiago de la Fuente Fernández**