

## Laboratorio de bloques en diseños factoriales

### Instrucciones

Deberá crear un reporte con los resultados del laboratorio, que incluye el análisis a partir de los conocimientos desarrollados en clase. El reporte es un documento con un formato uniforme y coherente, en el que se incluye texto explicativo del trabajo que se va realizando, los segmentos de código R y los resultados R que se van aportando como parte del experimento. El reporte debe poder leerlo y entenderlo una persona que no cuenta con el enunciado del laboratorio.

No se le proporcionará código R, por lo que deberá incluir el código que genere y los resultados obtenidos junto con el análisis respectivo.

El código R y los resultados deben venir como parte del análisis (segmentos de código seguidos de los resultados). No entregue un archivo de código R por separado.

El trabajo es para realizar en grupos de 2 personas.

Las entregas se realizarán en formato PDF. La letra debe ser Times New Roman, Arial o Cambria. Los tamaños permitidos son 10-12.

Debe incluir una portada de página completa en la que incluya el nombre del curso, del laboratorio, así como los nombres completos de los estudiantes. Esta página será utilizada por el profesor para la calificación y comentarios, en caso de tener que incluir comentarios generales del informe.

El reporte se debe entregar en Mediación Virtual, en un archivo .pdf que pueda ser leído en programas comerciales de uso habitual. Debe verificar que el .pdf que subió a Mediación Virtual contiene los ejercicios resueltos y que el archivo puede abrirse correctamente. En caso de problemas con el archivo .pdf (no abre correctamente, está corrupto, etc.) se considerará que no entregó la tarea.

Las entregas tardías se penalizarán con un 10% de la nota luego de vencida la fecha y hora de entrega, más un 10% adicional por cada hora de retraso.

### Problema 1

Un equipo de Testing quiere evaluar la eficacia de herramientas de análisis estático de código para detectar vulnerabilidades en sistemas con diferentes niveles de acoplamiento, usando para ello la tasa de falsos positivos que reportan estas herramientas como variable de respuesta.

Dos factores se consideran importantes, la herramienta (se van a evaluar tres: SonarQube, Checkmark y Veracode) y el nivel de acoplamiento (alto y bajo). Estos serán los factores del diseño factorial 3 x 2, que entonces contará con 6 tratamientos.

Además, el equipo cuenta con diferentes servidores de Integración Continua (CI) donde pueden realizar las pruebas, que consideraran será un factor perturbador controlable. En este experimento planifican realizar la ejecución de las pruebas en 4 servidores de CI: GitHub, CircleCI, Bitbucket y Jenkins. Por consiguiente, se utilizarán estos **servidores de CI como bloques**.

Para cada servidor de CI, se ejecutarán las seis combinaciones de los tratamientos determinados aleatoriamente. Por lo tanto, se tendrá una corrida de un experimento factorial 3 X 2 con bloques completos aleatorizados (RCBD).

## Parte 1

Construya el modelo de datos para este experimento factorial.

Puede usar las letras griegas que guste, pero deben quedar indicados todos los elementos del modelo, incluyendo (entre otras cosas) el efecto de la variable Herramienta, el efecto del nivel de acoplamiento (Acoplamiento), la interacción entre ellos, el efecto del bloque que forma el servidor de CI (ServidorCI) así como el error aleatorio. También debe indicar explícitamente los rangos de los índices que utilice: i, j, ..., y a qué corresponden los elementos de cada rango.

## Parte 2

Los 24 datos observados se encuentran en el archivo **codigo.csv**. Cargue este archivo.

Puede observar que, como se realizó un diseño de bloques completos aleatorizados, al realizar el experimento se tomaron los falsos positivos (variable de respuesta) para todos los tratamientos de cada bloque:

Falsos positivos observados:

Bloque (ServidorCI)

Tratamiento	GitHub	CircleCI	Bitbucket	Jenkins
Alto – SonarCube	90	96	92	100
Alto – Checkmark	102	106	96	105
Alto – Veracode	114	112	98	108
Bajo – SonarCube	86	84	81	92
Bajo - Checkmark	87	90	80	97
Bajo - Veracode	93	91	83	95

Recuerde que podría ser necesario convertir a factores las columnas con valores numéricos para que sean tratadas como categorías.

Ajuste un **ANOVA** para la FalsosPositivos considerando solo los factores Herramienta y Acoplamiento, así como la interacción entre ellos.

**No incluya el bloque ServidorCI todavía.**

Puede considerar el nivel de significancia en 0.05.

Copie dentro del informe el código R creado para realizar el ANOVA, así como el resultado de este ANOVA.

¿Qué se puede deducir de este ANOVA? ¿Es significativo el efecto de los factores Herramienta y Acoplamiento? ¿Es significativo el efecto de la interacción? Justifique sus respuestas.

### Parte 3

Ahora ajuste otro ANOVA pero esta vez reflejando el modelo de datos que definió al inicio. Es decir, el que incluye también el bloque ServidorCI.

En RStudio, una posible sintaxis para ajustar ANOVAs con dos factores, interacción entre factores y 1 bloque es la siguiente:

```
aov(VariableRespuesta ~ Factor1 * Factor2 + Bloque, data = ...)
```

En este caso, el Bloque se agrega de forma aditiva (con +), dado que no interesan las interacciones del bloque con los factores.

Nuevamente puede considerar el nivel de significancia en 0.05.

Copie dentro del informe el código R creado para el ANOVA así como el resultado de este ANOVA.

¿Qué se puede deducir de este nuevo ANOVA? ¿Cambió de alguna forma el efecto de los factores y/o de la interacción debido a la inclusión del bloque? Justifique sus respuestas.

## Problema 2

En el caso de dos restricciones sobre la aleatorización, cada una con  $p$  niveles, si el número de combinaciones de los tratamientos en un diseño factorial de  $k$  factores es exactamente igual al número de niveles de la restricción, es decir, si  $p = ab \dots m$ , entonces el diseño factorial puede ejecutarse usando de base un cuadrado latino  $p \times p$ .

### Parte 4

Considere una modificación del experimento anterior.

Los **factores** del experimento inicial son el tipo de **acoplamiento** (dos niveles) y la **herramienta** de análisis estático (tres niveles), y los **servidores de CI** que se definen como **bloques**.

Suponga ahora que se incluye un **segundo** factor de bloqueo, que corresponde a la tecnología (lenguaje) en que se desarrolló el código. Se realizarán pruebas con sistemas desarrollados en seis tecnologías: PHP, Java, Python, C#, JavaScript y Ruby. Esto será una segunda restricción sobre la aleatorización, es decir, un segundo **bloque**.

También se ampliará la cantidad de servidores de CI a **6 servidores** (se agregan GitLab y Bamboo), en lugar de los 4 del experimento original, por lo que el número de combinaciones de tratamientos en el diseño factorial  $3 \times 2$  es exactamente igual al número de niveles de restricción.

Además, en este diseño **cada servidor se usará una sola vez para cada tecnología.**

**Diseñe un cuadrado latino  $6 \times 6$  para modelar un nuevo experimento. Debe dibujar el cuadro y señalar los diferentes elementos que lo conforman.**

Utilice las letras latinas A, B, C, D, E y F para representar las  $3 \times 2 = 6$  combinaciones de tratamientos del diseño factorial (Acoplamiento x Herramienta). Indique qué combinación de factores (qué tratamiento) significa cada letra.

## Parte 5

Construya el modelo de datos para este segundo experimento factorial.

Puede usar las letras griegas que guste, pero debe quedar representado el efecto de la Herramienta, el efecto del Acoplamiento, la interacción entre ellos, el efecto del bloque que forma ServidorCI, el efecto del bloque formado por la Tecnología, así como el error aleatorio. También debe indicar explícitamente los rangos de los índices que utilice: i, j, ..., y a qué corresponden los elementos de cada rango.

Suponga ahora que, siguiendo el diseño del punto anterior, se realizaron 36 observaciones.

Los 36 datos observados se encuentran en el archivo **codigo2.csv**.

## Parte 6

Ahora, en RStudio, cargue los datos del archivo **codigo2.csv**.

Ajuste un **ANOVA** para la FalsosPositivos considerando solo los factores Herramienta y Acoplamiento, así como la interacción entre ellos. **No incluya bloques** todavía.

Recuerde convertir a factores las columnas si hiciera falta.

Nuevamente puede considerar el nivel de **significancia** en 0.05.

Copie dentro del informe el código R creado para el ANOVA así como el resultado de este ANOVA.

¿Qué se puede deducir de este ANOVA? ¿Es significativo el efecto de los factores Herramienta y Acoplamiento? ¿Es significativo el efecto de la interacción? Justifique sus respuestas.

## Parte 7

Ahora ajuste otro ANOVA pero esta vez reflejando el modelo de datos que definió en la Parte 5. Es decir, el que incluye también los **bloques ServidorCI y Tecnología** (el lenguaje), ambos en forma aditiva.

Nuevamente puede considerar el nivel de significancia en 0.05.

Copie dentro del informe el código R creado para el ANOVA así como el resultado de este ANOVA.

¿Qué se puede deducir de este nuevo ANOVA? ¿Es significativo el efecto de los factores Herramienta y Acoplamiento? ¿Es significativo el efecto de la interacción? ¿Cambió de alguna forma el efecto de los factores y/o de la interacción debido a la inclusión de los bloques? Justifique sus respuestas.

## Parte 8

Como conclusión general, ¿qué podría decir sobre la inclusión de bloques en los diseños factoriales analizados con ANOVA?

**Fin del trabajo.**