

INFORME FINAL TRABAJO EXPERIMENTAL

Juan Jaramillo¹, Fernando Jaramillo² y Pedro Jaramillo³

Fecha de entrega: dd – mm – 2022

1. Formato del trabajo

Se recomienda digitar el manuscrito sobre este documento.

2. Estilo

Todo el documento debe ser redactado en forma impersonal y poseer las siguientes características; fuente Times New Roman; tamaño de letra 10 pts en párrafos de texto, pero dentro de tablas debe ser de 7pts, mientras que en los títulos principales de tablas y figuras debe ser de 8pts. El código R se digita en fuente Courier New tamaño 7pts. Orientación del papel, vertical; número de columnas, una, espacio de interlineado deberá ser espacio sencillo y cada página numerada parte inferior al centro. **Número máximo de páginas 18.**

3. Estructura general de los informes

Encabezado: título, autor(es), afiliación(es). Contenido. El contenido contemplará las siguientes secciones

3.1. Proceso o sistema que se estudia y variables respuestas de interés

En esta sección presente los conceptos teóricos relevantes sobre el producto y proceso en el cual se enmarca el experimento. Presente definiciones que sean pertinentes, describa los materiales y equipos usados. Con relación a la(s) variable(s) respuesta estas deben ser listadas e indicar además (cuando sea pertinente) el nivel normal y rango en que estas variables ocurren en el proceso, la precisión o rango en que pueden ser medidas y cómo son medidas.

3.2. Objetivos del experimento

Deberán redactarse de manera específica y medible y delimitar el alcance o extensión hasta el cual se podrán extrapolar los resultados teniendo en consideración cualquier restricción experimental

3.3. Identificación de las fuentes de variación

En esta sección se deben listar las variables involucradas, así

3.3.1. Factores de estudio y sus niveles: Para cada factor se debe determinar el grado de control posible durante la experimentación, la precisión o rango en el que puede ser medido y ajustado y los niveles escogidos con su justificación. Además, para los materiales usados como ingredientes y otros que participen en los tratamientos, especificar el plan de muestreo aplicado para su obtención, con el fin de acercarse a la variabilidad que ordinariamente puede darse en estos elementos.

3.3.2 Factores de bloqueo, de ruido y covariables: Listar aquellos factores que, aunque no son de interés, pueden tener efectos sobre los resultados durante la ejecución del experimento y son difíciles de controlar o fijar en condiciones normales de operación; indicar para cada uno la estrategia de bloqueo o de aleatorización usada.

3.3.3. Unidades experimentales: Describa con claridad las unidades experimentales sobre las cuales se aplican los tratamientos y el plan de muestreo aplicado para su obtención, con el fin de acercarse a la variabilidad que ordinariamente puede darse en estos elementos.

3.4. Regla de asignación de las unidades experimentales a los tratamientos y orden de corridas

- Especificar la estructura de diseño empleada (DCA o DBCA) y justificarla
- Informar el esquema específico de asignación de las unidades experimentales a los tratamientos y de definición del orden de corrida de los tratamientos y sus réplicas.

3.5. Procedimiento experimental, mediciones y dificultades anticipadas

Describir el procedimiento de ejecución seguido en cada corrida experimental, las mediciones realizadas y método de medición, formularios o formatos para registro de datos, materiales y equipos usados, duración, número de corridas, regiones de experimentación “ilegales” o irrelevantes, restricciones o limitaciones en la aleatorización o en la realización de las mediciones.

¹ Estudiante Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

² Estudiante Ingeniería Administrativa, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

³ Estudiante Ingeniería Administrativa, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

3.6. Experimento piloto: Describa su propósito, cuántas corridas experimentales realizaron y conclusiones.

3.7. Especificación del modelo estadístico, análisis o pruebas a realizar y tamaños de muestra

De acuerdo a las estructuras de tratamientos, de diseño y estrategia de aleatorización, definir el modelo estadístico apropiado y de acuerdo a los objetivos planteados formular los test de hipótesis a realizar definiendo además los estadísticos de prueba, sus distribuciones y criterios de rechazo, las comparaciones de medias de tratamientos, los intervalos de confianza, etc. que sean necesarios para el cumplimiento de los objetivos. Indicar tamaños de muestra usado y justificación.

3.8. Datos recolectados y análisis estadísticos de resultados

Presentar los datos recolectados tanto en orden de corrida como en tabla resumen. Ilustre con fotos mostrando la disposición del material experimental y mediante un video publicado en YouTube ilustre la ejecución del experimento (proporcione la dirección para el acceso al video, la duración de éste debe ser entre 15 y 20 minutos y todos los integrantes deben participar). Haga gráficos descriptivos relevantes como boxplots, perfiles de medias, con sus análisis; tabla ANOVA, estimaciones y resultados para las inferencias previamente planeadas y formule sus conclusiones. También se deben realizar el análisis de residuales y validación de supuestos, use residuos estudentizados en gráficos de residuos vs. valores ajustados y vs. factores y en el gráfico de normalidad, pero debe además realizar y analizar el gráfico de residuos comunes vs. orden de corrida y test de incorrelación. Recuerde que si se detecta correlación no debería ejecutarse análisis de normalidad.

3.9. Conclusiones y recomendaciones

Con relación a los resultados experimentales, sobre dificultades que enfrentaron, los posibles sesgos o errores cometidos, mejor tratamiento (si era el objetivo del experimento), mejora del experimento, etc.

3.10. Código R usado

Proporcionar el código R usando, debidamente explicado. Para mejor edición usar fuente Courier New tamaño 7pts.

3.11. Referencias

Las citas bibliográficas deben estar acompañadas por un número en el texto entre corchetes. Las referencias bibliográficas deben ir al final como se ilustra en este documento en el ejemplo del experimento del jabón

4. Objetos

Toda figura, tabla y ecuación es un objeto. Los objetos deben ser colocados lo más cerca posible del párrafo donde son referenciados por primera vez y no se admite que floten en el texto.

4.1 Tablas

Edite las tablas de datos y de los resultados R de la tabla ANOVA, tablas de parámetros estimados, etc. Todas las tablas deben ser numeradas y tituladas en el margen superior.

4.2 Figuras

Las figuras deberán titularse y numerarse en su parte inferior. Se deberá dejar en el texto el espacio suficiente para ubicar la figura en el sitio que le corresponde (lo más cerca al párrafo donde se analizan). Las dimensiones de las figuras deberán ser de 6cm x 6cm excepto para aquellas en las que sea necesario un tamaño mayor, pero no deberán ser excesivas al punto de ocupar cada una media página o más

4.3 Ecuaciones

Deben ser centradas y con la numeración a la derecha y entre paréntesis. Para referirse a las ecuaciones utilice la palabra ecuación seguida de su número entre paréntesis. Las ecuaciones deben ser escritas en el editor de ecuaciones de Word, no pegadas como imagen capturada de otros documentos.

A continuación, se ilustra el desarrollo de algunas de las secciones del contenido señalado en este documento, con el “experimento del jabón” tomado de [2].

Experimento del jabón

1. Proceso o sistema que se estudia y variables respuestas de interés

El proceso estudiado es la disolución en agua del jabón de tocador o cosmético. La variable respuesta corresponde a la pérdida de peso del jabón dejado en remojo durante una misma longitud de tiempo. A nivel industrial esta es medida mediante...

De acuerdo a [1], el jabón es el resultado de la reacción química entre un álcali (generalmente hidróxido de sodio o de potasio) y algún ácido graso; esta reacción se denomina saponificación. El ácido graso puede ser de origen vegetal o animal. En esta reacción la grasa reacciona con la sosa para producir jabón y glicerina. Los jabones ejercen su acción limpiadora sobre las grasas en presencia del agua debido a la estructura de sus moléculas. Éstas tienen una parte liposoluble y otra hidrosoluble. El componente liposoluble hace que el jabón moje la grasa disolviéndola y el componente hidrosoluble hace que el jabón se disuelva a su vez en el agua. Según [1, 3], los ingredientes básicos usados en la fabricación del jabón son agua, soda cáustica, grasas y aceites y productos adicionales como fragancias, colorantes, glicerina, etc. Entre las características de un jabón están la dureza, la capacidad de formar espuma, la textura, la plasticidad y la transparencia, características que dependen de la combinación de los ingredientes. En cuanto a los métodos de obtención, se tienen básicamente dos. En el primer método se produce la saponificación directamente sobre el aceite, se hace reaccionar el álcali con la grasa, y se obtiene el jabón y glicerina. Este método tiene como desventaja que es más difícil la separación de la glicerina y el jabón. En el segundo método, primero se produce la ruptura química de la grasa, y se obtiene la glicerina y los ácidos grasos; éstos se separan fácilmente. Luego se produce la sal del ácido graso y el álcali.

En la determinación de la calidad de un jabón se consideran las siguientes propiedades [3, 4],

- Tasa de desgaste: La masa de jabón que se gasta en una lavada de duración predeterminada.
- *Cracking*: la tendencia de un jabón a cuartearse después de ciclos de remojo y secado
- *Smear*: la tendencia de una barra de jabón a desestabilizarse en su capa externa después de someterse a ciclos de remojo y secado, la cual se manifiesta a través del ablandamiento y solubilización de la capa externa, presentando una apariencia untuosa.
- *Grittiness*: la arenosidad o aparición de material no homogéneo en una barra de jabón que provoca una sensación arenosa al tacto. Está asociada al grado de refinación del producto, y se mide a través del uso del jabón en agua
- Espuma: Es una propiedad cuantitativa que está ligada con la formulación del producto.
- Organolépticas: La apariencia, el color y olor de los jabones en barra suele revelar fácilmente fenómenos fisicoquímicos que ocurren al interior del producto.

[1, 3] establecen que los jabones pueden clasificarse según forma de fabricación (artesanales o industriales), forma cosmética (en barra, en gel o líquidos), y según su formulación. También pueden clasificarse de acuerdo a sus usos: jabones comunes, humectantes, suaves, dermatológicos, terapéuticos, entre otros

etc.,

2. Objetivo del experimento

Comparar la extensión a la cual tres tipos particulares de jabón se disuelven en agua. Se espera que el experimento responda a las siguientes preguntas:

- ¿Existen diferencias en la pérdida de peso entre los tres tipos de jabones cuando son remojados en agua durante la misma longitud de tiempo?
- ¿Cuáles son tales diferencias?

No es posible generalizar resultados a otros jabones publicitados del mismo tipo de los tres usados en el experimento; pues cada jabón difiere en términos de su composición. También debido a las limitaciones de equipo en el laboratorio, no se puede esperar que las condiciones de experimentación emulen las condiciones usuales a las que están sometidos los jabones, como la fricción por el uso, el agua corriendo, etc. Las conclusiones que se obtengan sólo pueden ser discutidas en términos de las condiciones puestas en este experimento, aunque ellas podrían dar indicios de los resultados que se darían bajo condiciones más normales.

3. Identificación de las fuentes de variación:

3.1. Factores de estudio y sus niveles

El factor de tratamiento “tipo de jabón”, se ha elegido con tres niveles: regular, desodorante y tipos hidratantes, todos del mismo fabricante. Las marcas usadas en el experimento son de interés particular para el experimentador. El jabón se comprará en tiendas locales y se cortarán en cubos de peso y dimensión similares de aproximadamente cubos de 1”. Los cubos se cortarán de cada barra de jabón usando una sierra filosa para metal, de modo que todas las caras de un cubo sean lisas. Luego se pesarán en una balanza digital de laboratorio con una precisión de lectura de 10 mg. El peso de cada cubo se hará aproximadamente igual al peso del cubo más pequeño cepillando cuidadosamente capas delgadas de estos. Se hará un registro del peso pre experimental de cada cubo. Note que el experimentador no controla la edad del jabón usado en el experimento; asume que las barras de jabón compradas serán típicas de la población de barras de jabón disponibles en las tiendas. Si esta presunción no es cierta, entonces los resultados del experimento no

tendrán una aplicación general. Cada cubo debería ser cortado de una barra distinta de jabón comprada a partir de una muestra aleatoria de tiendas con el fin de que el experimento sea tan representativo como pueda ser posible de la población de barras de jabón.

3.2. Factores de bloque, de ruido y covariables

A parte de las diferencias en la composición de los jabones en sí mismos, los tamaños iniciales de los cubos no fueron idénticos y las secciones de los moldes no fueron necesariamente todos expuestos a la misma cantidad de calor. Los tamaños iniciales de los cubos fueron medidos por peso. Estos pudieron haber sido usados como covariables, pero el experimentador eligió en cambio medir los cambios de peso, es decir, el peso final menos el peso inicial. Las secciones de los moldes podrían haber sido agrupadas en bloques con niveles tales como: secciones interiores, secciones exteriores, o bien, en el centro de conducto de ventilación de calor, fuera del centro del conducto de ventilación de calor. Sin embargo el experimentador no sintió que las unidades experimentales serían suficientemente variables como para justificar bloqueo. Otras fuentes de variación incluyen inexactitudes de medición de los pesos iniciales, de los pesos finales, la cantidad y la temperatura del agua. Todas estas fueron consideradas menores. Ningún factor de ruido fue incorporado al experimento.

3.3. Unidades experimentales

El experimento se llevará a cabo usando idénticos moldes metálicos para ponqués. El agua será calentada a 100°F (aprox. Temperatura de baño caliente) y cada sección será rápidamente llenada con un cuarto de taza de agua. Un estudio piloto indicó que esta cantidad de agua es suficiente para cubrir las caras superiores de los cubos de jabón. Las secciones llenas de agua de los moldes son las unidades experimentales y éstas serán asignadas aleatoriamente a los diferentes jabones.

4. Regla de asignación de las unidades experimentales a los tratamientos y orden de corridas

Un número igual de observaciones será hecha sobre cada uno de los tres niveles del factor. Por tanto se prepararán n cubos de cada tipo de jabón. Estos cubos serán asignados aleatoriamente a las unidades experimentales (las secciones de los moldes) usando una tabla de números aleatorios. Esta regla de asignación define un diseño completamente aleatorizado con n observaciones en cada nivel del factor tipo de jabón.

5. Procedimiento experimental, mediciones y dificultades anticipadas

Los cubos serán colocados cuidadosamente en el agua de acuerdo a la regla de asignación descrita. Los moldes serán sellados inmediatamente con papel aluminio para evitar pérdida excesiva de humedad. Los moldes serán colocados sobre un conducto de ventilación de calor para mantener el agua a la temperatura del cuarto. Dado que las secciones se asignarán aleatoriamente a los cubos, se espera que si existen diferencias en la temperatura del agua, éstas serán distribuidas aleatoriamente entre los tres niveles del factor. Después de 24 horas, los contenidos de los moldes serán vaciados sobre una pantalla y se dejarán escurrir y secar por un periodo de cuatro días con el fin de asegurar que el agua absorbida por cada cubo haya sido removida completamente. La pantalla será etiquetada con los números apropiados de los jabones para mantener la trazabilidad de los cubos individuales de jabón.

Después que se han secado los cubos, cada uno será pesado cuidadosamente. Estos pesos serán registrados al lado de los correspondientes pesos iniciales para estudiar los cambios que pudieran haber ocurrido. El análisis se realizará sobre las diferencias entre los pesos post y pre experimentales.

5.1 Dificultades experimentales esperadas:

- La longitud del tiempo requerido para disolver un cubo de jabón es notablemente mayor de lo práctico o asumido. Por tanto, los datos pueden no mostrar diferencias en los pesos.
- Medir los cubos disueltos parcialmente puede ser difícil con los jabones más suaves (los jabones hidratantes), dado que es probable que pierdan su forma.
- El tiempo de secado requerido puede ser mayor que el asumido y puede variar con los jabones, dificultando saber cuándo ellos están completamente secos.
- El conducto de calor puede causar que las secciones de los moldes se sequen prematuramente.

5.2 Dificultades encontradas durante la experimentación:

- Cuando los cubos fueron colocados en el agua tibia, llegó a ser claro que algunos jabones absorbieron agua muy rápidamente comparados con los otros, provocando que las caras superiores de esos cubos quedaran eventualmente expuestas. Como esto no había sido previsto, no se agregó más agua con el fin de mantener el experimento como se diseñó. Esto creó un problema, dado que no todos los cubos de jabón estuvieron completamente cubiertos con agua durante el periodo de 24 horas.
- El tiempo de secado requerido también fue diferente para los jabones regulares comparado con el de los otros dos jabones. El jabón regular estuvo aún húmedo y parecía aún más grande cuando los otros dos comenzaron a agrietarse y separarse. Esto planteó un dilema real, dado que la pérdida de peso debida a la disolución no podía ser juzgada a menos que toda el agua fuera removida de los cubos. Los jabones fueron observados por dos días más después de que los datos fueron recolectados y los jabones regulares perdieron parte del agua que habían retenido.
- Cuando los contenidos de los moldes fueron colocados sobre la pantalla llegó a ser claro que la porción disuelta del jabón se había convertido en un gel semisólido, y debía tomarse una decisión para considerar esto como “no usable” y no permitir que se solidificara con los cubos que no perdieron su forma.

La pérdida de peso de cada cubo de jabón fue medida en gramos al 0.01 gm más cercano, y es la diferencia de peso inicial menos el peso al final del experimento. Valores negativos indican una ganancia de peso, mientras que los positivos indican una pérdida de peso.

6. Experimento piloto

Se corrió un experimento piloto con dos propósitos: Primero, para identificar las dificultades listadas en la Sección 5, segundo, para obtener una estimación de la varianza para estimar el número de réplicas. La varianza del error fue estimada aproximadamente de 0.007 gr², el valor del MSE en dicho experimento piloto. De hecho este es una sobre estimación y hubiese sido mejor usar un intervalo de confianza unilateral para la varianza.

7. Especificación del modelo estadístico, análisis o pruebas a realizar y tamaños de muestra

Dado que se tendrá cuidado en controlar todas las fuentes extrañas de variación, se asumió que el siguiente modelo es una aproximación razonable:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}, \quad \varepsilon_{ij} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma^2), \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3, 4, \text{ sujeto a } \sum_{i=1}^3 \alpha_i = 0 \quad (1)$$

Con el fin de responder a la pregunta sobre las diferencias en los pesos, un ANOVA de un factor de efectos fijos será calculada al 0.05 de significancia para probar:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0 \text{ vs. } H_1: \text{algún } \alpha_i \neq 0 \quad (2)$$

Donde el estadístico de prueba y su distribución es y el criterio de decisión con valor P es... Si se detecta significancia estadística, se estimarán las medias y los efectos según tipo de jabón, así como sus intervalos de confianza del 95%, que corresponden a la siguiente ecuaciones

Para hallar mejor las diferencias entre pares de tratamientos, se construirán los I.C de Tukey simultáneos del 95%, los cuales corresponden a la siguiente fórmula

Cálculo del número de observaciones necesarias: Se halla $n=4$ para cada jabón (se consideró importante detectar una diferencia en pérdida de peso de al menos 0.25 gr entre cualesquiera dos tipos de jabón, con una probabilidad de 0.90 y nivel de significancia de 0.05).

Revisión de las decisiones anteriores: No es difícil obtener cuatro observaciones de cada uno de los tres tipos de jabón; pequeños ajustes al procedimiento experimental que fueron considerados como necesarios de realizar durante el experimento piloto ya han sido incorporados.

8. Datos recolectados y análisis estadísticos de resultados

A continuación se presentan los datos en el orden de recolección (el molde asignado) según procedimiento de aleatorización indicado en la Tabla 1 y la tabla resumen de los datos recolectados durante el experimento.

Tabla 1. Procedimiento de aleatorización usado para asignar los moldes a las réplicas

Asignación de número aleatorio a réplicas a realizar		Asignación molde a réplicas según orden de número aleatorio asignado y observaciones			
Tratamiento	Número aleatorio	Tratamiento	Número aleatorio	Molde	Observaciones
1	0,4435	3	0,0265	1	1,86
1	0,3069	1	0,3069	2	-0,30
1	0,7066	3	0,3440	3	2,03
1	0,6581	1	0,4435	4	-0,10
2	0,5490	2	0,5201	5	2,63
2	0,5201	2	0,5490	6	2,61
2	0,8509	2	0,6344	7	2,41
2	0,6344	1	0,6581	8	-0,14
3	0,0265	1	0,7066	9	0,40
3	0,8009	3	0,8009	10	2,26
3	0,3440	2	0,8509	11	3,12
3	0,9545	3	0,9545	12	1,82

Tabla 2. Resumen de observaciones por tratamiento

Jabón	Pérdida de peso (grs.)				Promedio
1 (regular)	-0.30	-0.10	-0.14	0.40	-0.0350
2 (desodorante)	2.63	2.61	2.41	3.15	2.7000
3 (hidratante)	1.86	2.03	2.26	1.82	1.9925

Vea a continuación el análisis de estos datos.

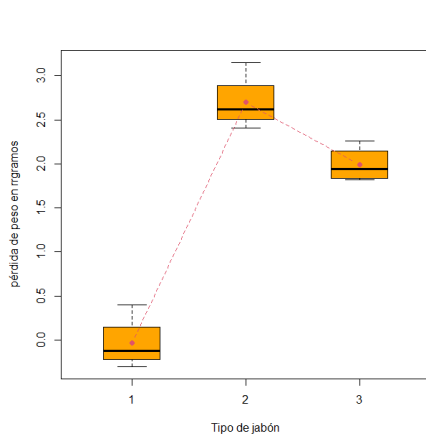


Figura 1. Distribución de la respuesta según tipo de jabón

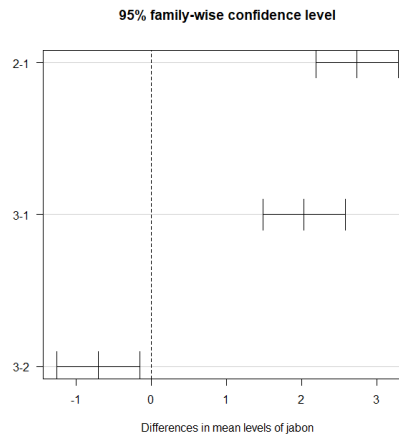


Figura 2. Representación de los I.C de las diferencias de medias del 95%, tipo Tukey

Tabla 3. ANOVA

Fuente	DF	Sum Sq	Mean Sq	F value	$P(f_{2,9} > F_0)$
jabón	2	16.12	8.06	104.45	5.914×10^{-7}
Residuals	9	0.69	0.08		

De la Figura 1 es claro que puede existir una diferencia significativa entre las medias del peso perdido por los jabones regulares, desodorante e hidratantes, lo cual es corroborado por los resultados del Test ANOVA en la Tabla 3 ya que....

De acuerdo a la Figura 2, también se concluye por los I.C de Tukey del 95% que hay diferencias significativas entre las medias de pérdida de peso de los tres tipos de jabones (ver también Tabla 6) puesto que....

En la Tabla 4 se presentan las estimaciones para las medias de pérdida de peso para cada tipo de jabón mientras que la Tabla 5 presenta las estimaciones de los efectos individuales con sus I.C del 95% y resultados para el test de significancia individual de estos efectos. Se observa que para el jabón tipo 1 la pérdida media es negativa así como el efecto estimado (es decir, ganó peso), esto ocurre debido a que....

Tabla 4. Medias estimadas e I.C del 95%

jabón	lsmean	SE	df	lower.CL	upper.CL
1	-0.0350	0.1389	9	-0.3492	0.2792
2	2.7000	0.1389	9	2.3858	3.0142
3	1.9925	0.1389	9	1.6783	2.3067

Tabla 5. Efectos de tratamientos estimados e I.C del 95%

Tipo jabón	Estimate	Std. Error	t value	$P(t_{\alpha} > T_{\alpha})$	lower CI	upper CI
jabon:efecto regular	-1.59	0.11	-14.00	2.051×10^{-7}	-1.84	-1.33
jabon:efecto desodorante	1.15	0.11	10.12	3.245×10^{-6}	0.89	1.40
jabon:efecto hidratante	0.44	0.11	3.88	3.734×10^{-3}	0.18	0.70

Tabla 6. Comparaciones múltiples de medias método Tukey con I.C del 95%

Comparación	diff	lwr	upr	Pvalue-adj
2-1	2.7350	2.186547	3.2834532	0.0000006
3-1	2.0275	1.479047	2.5759532	0.0000074
3-2	-0.7075	-1.255953	-0.1590468	0.0142876

Para la validación de los supuestos de normalidad sobre los errores $H_0: \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ se presentan los resultados del test Shapiro Wilk (ver Tabla 6) y el gráfico de probabilidad normal con residuos de ajuste estandarizados (ver Figura 3). Para el supuesto de varianza constante $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$, con $\sigma_i^2 = \text{var}(\varepsilon_{ij})$, se presentan los gráficos de residuales estudentizados en la Figura 3 y los resultados del test de homogeneidad de Levene exhibidos en la Tabla 7, usando las desviaciones absolutas con relación a la mediana de cada nivel. Con base en estos resultados se concluye que....

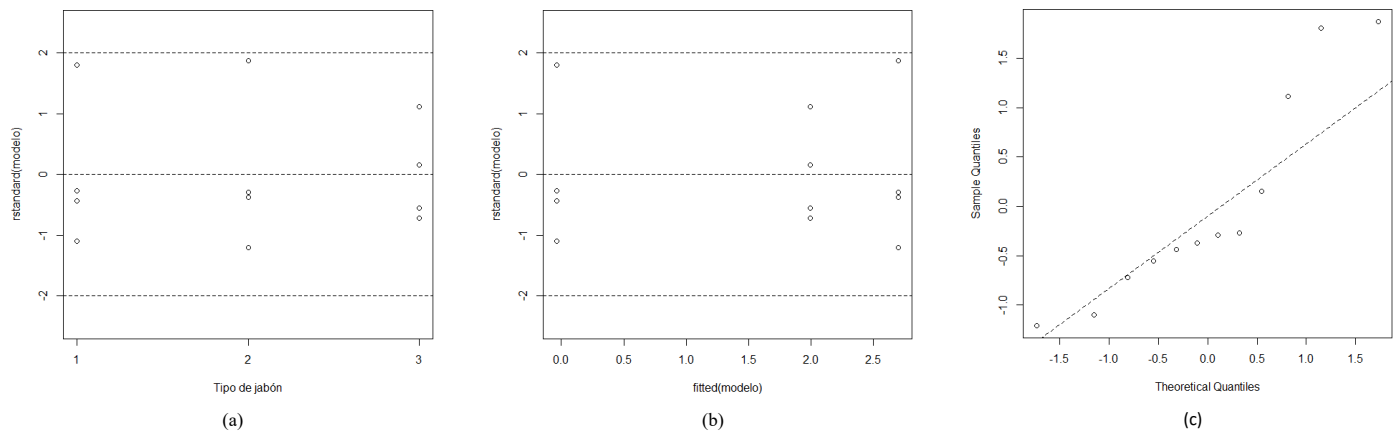


Figura 3. Gráficos de residuales: (a) residuos vs. tipo de jabón; (b) residuos vs. respuesta ajustada; (c) gráfico de probabilidad normal

Tabla 7. Resultados Test Shapiro Wilk y de Levene

Test Shapiro Wilk con residuos estudentizados W = 0.85898, p-value = 0.04747			
Test de Levene: Desviaciones absolutas de la mediana			
Fuente	Df	F value	$P(f_{2,9} > F_0)$
group	2	0.04	0.9620
Error	9		

9. Conclusiones y recomendaciones

Con base en los resultados experimentales, los principales hallazgos fueron....

Como recomendación para mejorar este experimento puede considerarse lo siguiente...

10. Programa R

```
library(gmodels);library(multcomp);library(daewr);library(car);library(outliers);library(lsmeans)

#Lectura de datos
datos=data.frame(jabon=factor(rep(1:3,each=4)),pérididapeso=scan())
-0.30 -0.10 -0.14 0.40
2.63 2.61 2.41 3.15
1.86 2.03 2.26 1.82

attach(datos)

#CALCULANDO MEDIAS DE TRATAMIENTO PARA LUEGO USAR EN GRÁFICA
mediasy=sapply(split(pérididapeso,jabon),mean)

#BOXPLOTS COMPARATIVOS
boxplot(pérididapeso~jabon,boxwex = 0.5,col="orange",xlab="Tipo de jabón",
        ylab="pérdida de peso en rrgramos")
lines(1:3,mediasy,col=2,lty=2,type="b",pch=19)

#AJUSTE MODELO ANOVA
modelo=aov(pérididapeso~jabon)
anova(modelo)

#TEST DE NORMALIDAD CON RESIDUOS INTERNAMENTE ESTUDENTIZADOS
shapiro.test(rstandard(modelo))

#TEST PARA HOMOGENEIDAD DE VARIANZA
leveneTest(pérididapeso~jabon)

#OBTENIENDO GRÁFICOS DE RESIDUOS INTERNAMENTE ESTUDENTIZADOS
layout(rbind(c(1,1,2,2),c(0,3,3,0)))
stripchart(rstandard(modelo)~jabon,vertical=TRUE,ylim=c(-2.5,2.5),pch=1,cex=1,
           xlab="Tipo de jabón")
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
plot(fitted(modelo),rstandard(modelo),ylim=c(-2.5,2.5))
abline(h=c(-2,0,2),lty=2)
qqnorm(rstandard(modelo))
qqline(rstandard(modelo),lty=2)
```

```
#MEDIAS DE TRATAMIENTOS
lsmeans(modelo, ~jabon)

#CÁLCULO INDIVIDUAL DE EFECTOS, SUS PRUEBAS T, E I.C DEL 95%:
efect.1=fit.contrast(modelo,"jabon",
rbind(":efecto regular"=c(2/3,-1/3,-1/3)),conf=0.95)
efect.2=fit.contrast(modelo,"jabon",
rbind(":efecto desodorante"=c(-1/3,2/3,-1/3)),conf=0.95)
efect.3=fit.contrast(modelo,"jabon",
rbind(":efecto hidratante"=c(-1/3,-1/3,2/3)),conf=0.95)

rbind(efect.1,efect.2,efect.3)

#INTERVALOS DE TUKEY DEL 95%
TukeyHSD(modelo, conf.level = 0.95) #Función es cargada por defecto por librería stats
plot(TukeyHSD(modelo, conf.level = 0.95),cex.lab=0.8,las=1)

detach(datos)
```

11. Referencias

- [1] Cortés Ros, O. M, Blanco Santisteban, G.M., Matos, Figueredo, F. N., Chávez Valera, P. L., Olivera Ramírez, D. y Moh- Fadel, S. H. Revisión bibliográfica sobre jabones, *IntraMed Journal*, Vol. 6 / Número 1.
- [2] Dean, A. and Voss, D. (1999). *Design and Analysis of Experiments*. Springer.
- [3] Segovia Borray, R. (2014). *Determinación de condiciones de proceso y puesta en marcha de una línea de acabado de jabón en barra*. Tesis de Maestría en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Química, Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería Química, Santiago de Cali.
- [4] Yarovoy, Y and Post, A. J. (2016) Soap Bar Performance Evaluation Methods, In: *Soap Manufacturing Technology (Second Edition)*, pp. 247-266