



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

Manual de Laboratorio de Diseño de Experimentos

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Realizado por:

Maestros:
Yuridia Vega
Manuel Rosel Solís

Alumna:

PROPÓSITO GENERAL DEL CURSO

El curso de Diseño de experimentos está ubicado en la etapa disciplinaria del P.E. de Ingeniero Industrial, es de carácter obligatorio y tiene como propósito brindar al alumno los conocimientos fundamentales para el diseño de experimentos y análisis estadístico de los datos obtenidos al implementar dicho diseño. Capacita además al estudiante en la interpretación de los indicadores obtenidos del análisis de datos, así como en la emisión de recomendaciones y acciones a implementar para el alcance de los objetivos y la consecuente optimización del proceso o sistema sujeto a estudio. Contribuye también en formar al estudiante en el área de la toma de decisiones, en asumir riesgos y responsabilidades apoyándose en la fundamentación teórica y práctica para predecir la confiabilidad de sus resultados.

COMPETENCIA GENERAL DEL CURSO

Aplicar el conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería, mediante la construcción eficiente y proactiva de modelos para manipular un proceso industrial e inducirlo a proporcionar la información requerida para el diseño e implementación de acciones que conduzcan a la mejora y optimización del mismo..

NOMBRE DE LA MATERIA	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	CLAVE	9013
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	ANOVA DE UN FACTOR	PRÁCTICA NÚMERO	1
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2009-2
NOMBRE DEL PROFESOR/A	YURIDIA VEGA	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	CÓMPUTO	FECHA	06/12/16

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
Computadora	1 por alumno

SOFTWARE REQUERIDO	
Herramientas de Excel	
Software MINITAB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO

1.- INTRODUCCIÓN:

Esta práctica se analizan el ANOVA de un factor (también llamada ANOVA unifactorial o one-way ANOVA en inglés), la cual es una técnica estadística que señala si dos variables (una independiente y otra dependiente) están relacionadas en base a si las medias de la variable dependiente son diferentes en las categorías o grupos de la variable independiente. Es decir, señala si las medias entre dos o más grupos son similares o diferentes.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Analizar casos de aplicaciones del Análisis de Varianza de un factor, haciendo uso de Software estadístico.

3.- TEORÍA:

Análisis de varianza de un factor.

Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

Para ejecutar un ANOVA, debe tener una variable de respuesta continua y al menos un factor categórico con dos o más niveles. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores. Sin embargo, los procedimientos de ANOVA funcionan bastante bien incluso cuando se viola el supuesto de normalidad, a menos que una o más de las distribuciones sean muy asimétricas o si las varianzas son bastante diferentes. Las transformaciones del conjunto de datos original pueden corregir estas violaciones.

Por ejemplo, usted diseña un experimento para evaluar la durabilidad de cuatro productos de alfombra experimentales. Usted coloca una muestra de cada tipo de alfombra en diez hogares y mide la durabilidad después de 60 días. Debido a que está examinando un factor (tipo de alfombra), usted utiliza un ANOVA de un solo factor.

Si el valor p es menor que el nivel de significancia, entonces usted concluye que al menos una media de durabilidad es diferente.

El nombre "análisis de varianza" se basa en el enfoque en el cual el procedimiento utiliza las varianzas para determinar si las medias son diferentes. El procedimiento funciona comparando la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una manera de determinar si los grupos son todos parte de una población más grande o poblaciones separadas con características diferentes.

Tipo de ANOVA	Modelo y propiedades del diseño
De un solo factor	Un factor fijo (niveles establecidos por el investigador) que puede tener un número desigual (no balanceado) o igual (balanceado) de observaciones por tratamiento.

4.- PROCEDIMIENTO: Aquí se evaluará y dará seguimiento en base a varios ejemplos que introducirán en el laboratorio al software para su aprendizaje.

Realiza un análisis de varianza de un factor, con la variable de respuesta en una columna y los niveles de factor en otra. Si se ingresa cada grupo en su propia columna, utilice Estadísticas > ANOVA > Un factor (Desapilado).

Generalidades:

Se denomina **modelo factorial con un factor** o **ANOVA con un factor** al modelo (lineal) en el que la variable analizada la hacemos depender de un sólo factor de tal manera que las causas de su variabilidad son englobadas en una componente aleatoria que se denomina **error experimental**

Este diseño se utiliza cuando el objetivo es comparar mas de dos tratamientos, el interés del experimentador está centrado en comparar los tratamientos en cuanto a sus media poblacionales.

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t \\ H_1 : \text{Al menos dos son distintos} \end{cases}$$

Se quiere decidir si los tratamientos son iguales estadísticamente en cuanto a sus medias, frente a la alternativa de que al menos dos de ellos son diferentes.

Se obtiene una muestra representativa de mediciones en cada uno de los tratamientos, y probaremos la hipótesis de igualdad de las k medias con un solo estadístico de prueba: ANOVA.

Ejemplo:

Se ilustra el siguiente ejemplo para dar un entendimiento general del uso del software estadístico: MINITAB 15.

“Se hace un estudio sobre la efectividad de tres marcas de spray para matar moscas. Para ello, cada producto se aplica a un grupo de 100 moscas, y se cuenta el número de moscas muertas expresado en porcentajes. Se hacen seis replicas y los resultados obtenidos se muestran a continuación: ”

Marca de Spray	Numero de replica					
	1	2	3	4	5	6
1	72	65	67	75	62	73
2	55	59	68	70	53	50
3	64	74	61	58	51	69

- Formule la hipótesis adecuada y el modelo estadístico
- ¿Existe diferencia entre la efectividad promedio de los productos en spray?
- ¿Hay algún spray mejor? Argumente su respuesta
- De un intervalo de confianza para la efectividad promedio (porcentaje) de cada una de las marcas.
- Dibuje los diagramas de caja simultáneos, intérpretelos.
- Verifique los supuestos de normalidad y de igual varianza entre las marcas.

Interacción:

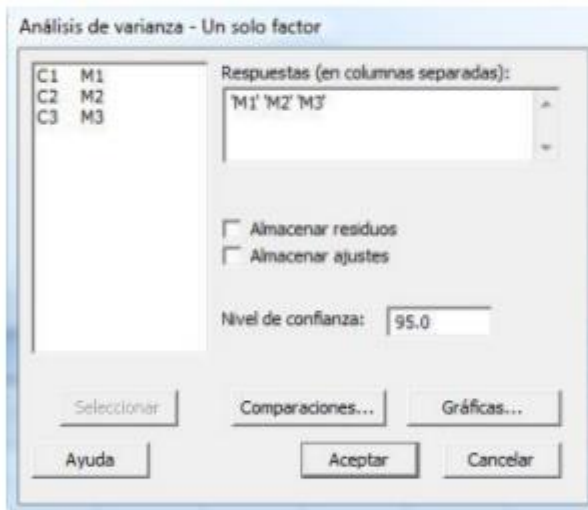
Para resolver la interrogante de cada una de las cuestiones mencionadas anteriormente, se prosigue a usar software estadístico Minitab, se explica detalladamente los pasos a continuación:

- 1) Se insertan los datos en una hoja de trabajo, agrupados en columnas (C1, C2 y C3), cada columna identifica un tratamiento distinto, se les ha nombrado M1, M2 y M3 (Marca), y los renglones (1 al 6) identifican las réplicas u observaciones de cada tratamiento
- 2) Se accede a la secuencia:

	C1	C2	C3
	M1	M2	M3
1	72	55	64
2	65	59	74
3	67	68	61
4	75	70	58
5	62	53	51
6	73	50	69

Estadísticas ► ANOVA ► Un solo factor (Desapilado)

Lo cual nos muestra:



Se le llama desapilado porque hemos introducido los datos en columnas diferentes. Se procede a seleccionar cada una de las columnas y dar clic en seleccionar para colocarlas en Respuestas. Se deja como esta el Nivel de confianza de 95.0

Nota: es igualmente valido insertar los datos en solo dos columnas:



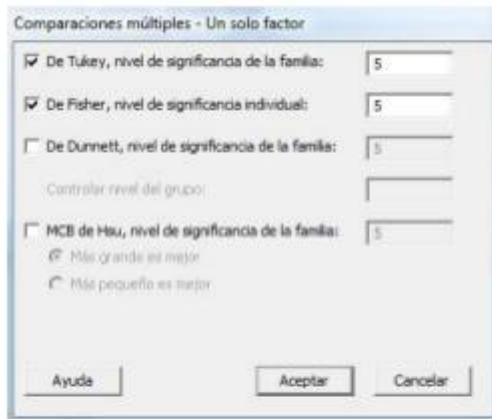
	C1	C2
	Marca	Replica
1	1	72
2	2	55
3	3	64
4	1	65
5	2	59
6	3	74
7	1	67
8	2	68
9	3	61
10	1	75
11	2	70
12	3	58
13	1	62
14	2	53
15	3	51
16	1	73
17	2	50
18	3	69

De esta forma se accede a

Estadísticas ► ANOVA ► Un solo factor

En respuesta se selecciona "Replica" y en Factor "Marca"

3) Hacer clic en “comparaciones”, del cuadro de texto Análisis de Varianza:



De todos los métodos para comparación de parejas de medias de tratamientos, se seleccionan:

- De Tukey
- De Fisher

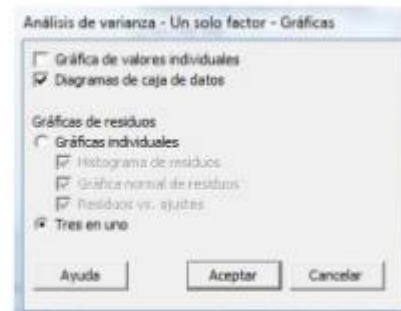
Ambos con un nivel de significancia del 5%
Y clic en aceptar.

Nota: Minitab no expresa, pero el método de Fisher es el mismo que el Método LSD (Diferencia mínima significativa)

4) Clic en Graficas del cuadro de texto: Análisis de Varianza:

Se seleccionaran las opciones:

- ✓ Diagrama de Caja de Datos
- ✓ Grafica de Residuos > Tres en uno



Seleccionar: Aceptar a este cuadro de dialogo
Seleccionar Aceptar en cuadro de texto: Análisis de Varianza

5) A continuación Minitab se encarga de realizar los cálculos correspondientes a los atributos marcados y generar las gráficas seleccionadas, nos ocupa responder las preguntas del problema, al igual interpretar la información que arroja el software estadístico.

Cuestión 1: Formule la hipótesis adecuada y el modelo estadístico:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu$ (Las medias de los tres tratamientos son estadísticamente iguales)

$H_A: \mu_i \neq \mu_j$ para algún $i \neq j$ (Al menos dos son distintos) Con un criterio de Rechazo: $F_0 > F(\alpha, k-1, N-k)$

Se ha utilizado el Análisis de Varianza para llegar a la solución.

Cuestión 2: ¿ Existe diferencia entre la efectividad promedio de los productos en spray?

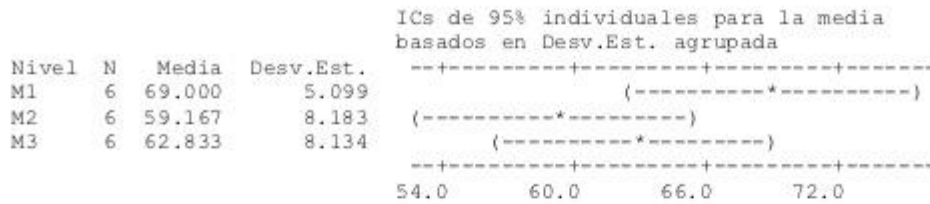
ANOVA unidireccional: M1, M2, M3

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	2	296.3	148.2	2.79	0.093
Error	15	795.7	53.0		
Total	17	1092.0			

S = 7.283 R-cuad. = 27.14% R-cuad.(ajustado) = 17.42%

→ Dado el criterio de rechazo anterior con $\alpha=0.05$, si $2.79 > F(0.05, 3-1, 18-3)$ se rechaza la H_0 .
 $2.79 > 3.682$ (No se cumple, por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula, indicando que no hay diferencia entre la efectividad promedio de los productos en Spray) Otra forma de decirlo es al ver que el valor $P=0.093$ no es menor que el valor prefijado de $\alpha=0.05$.

Cuestión 4: De un intervalo de confianza para la efectividad promedio de cada una de las marcas.



Desv.Est. agrupada = 7.283

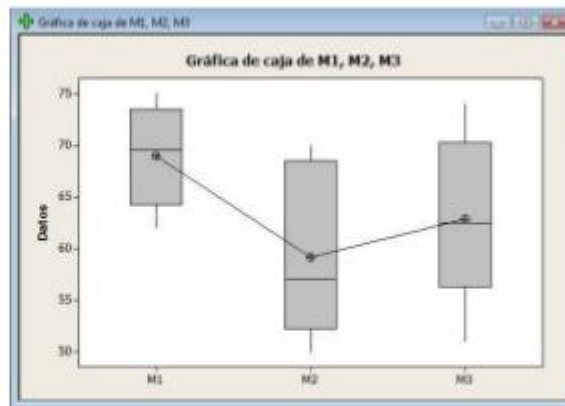
→ Según los resultados, la efectividad promedio es de 69.00, 59.167 y 62.833 para los sprays M1, M2 y M3 respectivamente.

Cuestión 5: Dibuje los diagramas de caja simultáneos, intérpretelos

Este gráfico representa las distribuciones del conjunto de datos de los 3 sprays en donde se usan cinco medidas descriptivas: valor máximo, tercer cuartil, mediana, primer cuartil, y valor mínimo (arriba abajo cada caja)

Mientras más larga la caja, más dispersa es la distribución de datos (M2 y M3)

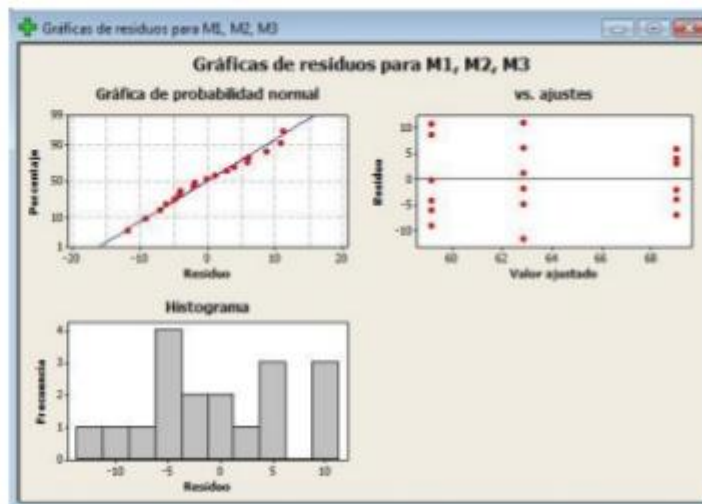
La línea que representa la mediana indica la simetría. Si está relativamente en el centro de la caja la distribución es simétrica (M1)



Cuestión 6: Verifique los supuestos de normalidad y de igual varianza entre las marcas.

En la gráfica de probabilidad normal, los residuos tienden a ajustarse a la línea recta, se deduce que: las observaciones proceden de poblaciones normales. Se cumple el supuesto de normalidad.

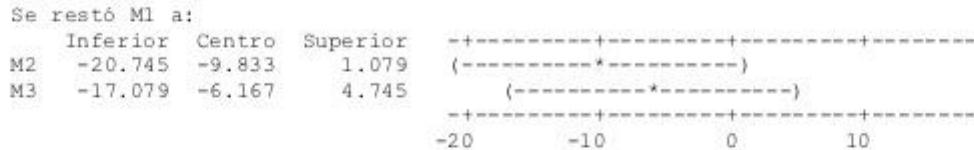
Las otras graficas no tienen patrones anormales por lo tanto las muestras son aleatorias e independientes. Se cumple el supuesto de que los tratamientos tienen igual varianza.



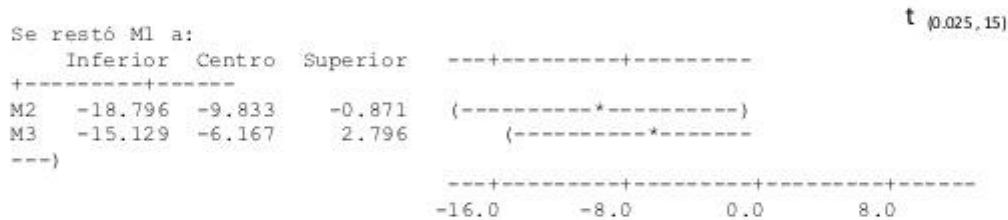
Cuestión 3: ¿ Hay algún spray mejor? Argumente su respuesta

No se puede afirmar que haya un spray que sea más eficiente que los demás ya que las 3 medias de los tratamientos son estadísticamente iguales, haciendo comparación de media con media:

Intervalos de confianza simultáneos de **Tukey** del 95%
 Todas las comparaciones en parejas
 Nivel de confianza individual = 97.97%



Intervalos de confianza individuales de **Fisher** del 95%
 Todas las comparaciones en parejas
 Nivel de confianza simultánea = 88.31%



→ Haciendo las comparaciones de media con media únicamente en en el método LSD $\mu_1 - \mu_2$ las medias son diferentes:

TUKEY y LSD

1	2	3
μ_1	μ_2	μ_3
69	59.16	62.83

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{CM_E/ni}$$

$$T_{0.05} = q_{0.05}(3, 15) \sqrt{53/6}$$

$$3.67 \sqrt{53/6} = 10.9075$$

$$LSD = t_{\alpha/2, N-k} \sqrt{2CM_E/n}$$

$$LSD = 2.1314 \sqrt{2(53)/6}$$

$$LSD = 8.9586$$

Tukey		
$\mu_1 - \mu_2$	9.84 < 10.90	No significativo
$\mu_1 - \mu_3$	6.17 < 10.90	No significativo
$\mu_2 - \mu_3$	3.67 < 10.90	No significativo

LSD		
$\mu_1 - \mu_2$	9.84 > 8.95	Significativo
$\mu_1 - \mu_3$	6.17 < 8.95	No significativo
$\mu_2 - \mu_3$	3.67 < 8.95	No significativo

A) EQUIPO: el equipo a utilizar será una computadora de escritorio o personal.

B) MATERIAL: los materiales sería el programa MINITAB

C) DESARROLLO: se llevará a cabo en base a lo explicado en la parte TEORÍA, Resuelva y concluya cada caso Práctico.

CASO 1: Un fabricante de calzado desea mejorar la calidad de las suelas, las cuales se pueden hacer con uno de los cuatro tipos de cuero A, B, C y D disponibles en el mercado. Para ellos, prueba los cueros con una máquina que hace pasar los zapatos por una superficie abrasiva; la suela de estos se desgasta al pasarla por dicha superficie. Como criterio de desgaste se usa la pérdida de peso después de un número fijo de ciclos. Se prueban en orden aleatorio 24 zapatos, seis de cada tipo de cuero. Al hacer las pruebas en orden completamente al azar se evitan sesgos y las mediciones en un tipo de cuero resultan independientes de las demás. Los datos (en miligramos) sobre el desgaste de cada tipo de cuero se muestran en la siguiente tabla.

Tipo de cuero	OBSERVACIONES					
	1	2	3	4	5	6
A	264	260	258	241	263	255
B	208	220	216	200	213	206
C	220	263	219	225	230	228
D	217	226	215	227	220	222

CASO 2: Se hace un estudio sobre la efectividad de tres marcas de spray para matar moscas. Para ellos, cada producto se aplica a un grupo de 100 moscas, y se cuenta el número de moscas muertas expresado en porcentajes. Se hacen seis réplicas y los resultados obtenidos se muestran a continuación

Marca de spray	REPLICAS					
	1	2	3	4	5	6
1	72	65	67	75	62	73
2	55	59	68	70	53	50
3	64	74	61	58	51	69

- Formula la hipótesis adecuada y el modelo estadístico.
- ¿Existe diferencia entre la efectividad promedio de los productos en spray?

- c) ¿Hay algún spray mejor? Argumente su respuesta.
- d) De un intervalo al 95% de confianza para la efectividad promedio (porcentaje) de cada una de las marcas.
- e) Dibuje las gráficas de medias y los diagramas de caja simultáneos, después intérpretelos.
- f) Verifique los supuestos de normalidad y de igual varianza entre las marcas.

CASO 3: En un centro de investigación se realiza un estudio para comparar varios tratamientos que al aplicarse previamente a los frijoles crudos reduce su tiempo de cocción. Estos tratamientos son a base de bicarbonato de sodio y cloruro de sodio o sal. El primer tratamiento es el control, que consiste en no aplicar ningún tratamiento. El tratamiento 2 es remojar en agua con bicarbonato de sodio, el tratamiento 3 es remojarlo en agua con sal y el tratamiento 4 es remojar en agua con una combinación de ambos ingredientes. La variable de respuesta es el tiempo de cocción en minutos. Los datos se muestran en la siguiente tabla.

CONTROL	T2	T3	T4
213	76	57	84
214	85	67	82
204	74	55	85
208	78	64	92
212	82	61	87
200	75	63	79
207	82	63	90

- a) ¿De qué manera el experimentador debe aleatorizar los experimentos y el material experimental?
- b) De ejemplos de factores que deben estar fijos durante las pruebas experimentales para que no afecten los resultados y las conclusiones.
- c) Formule y pruebe la hipótesis de que las medias de los tratamientos son iguales.
- d) Obtenga el diagrama de caja y el gráfico de medias, después intérpretelos
- e) ¿Hay algún tratamiento mejor? ¿Cuál es el tiempo de cocción esperado para el mejor tratamiento?
- f) Algo importante a cuidar en un experimento es que no haya efectos colaterales no deseados, causados por el tratamiento ganador; en este caso, piense en los posibles efectos colaterales que podría causar el mejor tratamiento.
- g) ¿Se cumple los supuestos del modelo? Verifique gráficamente.
- h) Pruebe la hipótesis de igualdad de varianzas entre tratamientos (que corresponde a un supuesto).

Caso 4. Para estudiar la confiabilidad de ciertos tableros electrónicos para automóviles se someten a un envejecimiento acelerado durante 100 horas a determinada temperatura, como variable de interés se mide la intensidad de corriente que circula entre dos puntos, cuyos valores aumentan con el deterioro. Se probaron 20 módulos repartidos de manera equitativa en cinco temperaturas y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
15	17	23	28	45
18	21	19	32	51
13	11	25	34	57
12	16	22	31	48

- Formule la hipótesis y el modelo estadístico para el problema.
- Realice el análisis de varianza para estos datos, a fin de estudiar si la temperatura afecta la intensidad de corriente promedio.

¿La temperatura afecta la variabilidad de las intensidades? Es decir, verifique si hay igual varianza entre los diferentes tratamiento.

D) CÁLCULOS Y REPORTE: no aplica.

E) RESULTADOS: Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software MINITAB para los posteriores problemas a resolver.

5.- CONCLUSIONES: no aplica

6.- BIBLIOGRAFÍA:

<http://es.slideshare.net/albertojeca/uso-de-software-computacional-para-anova-con-un-factor>

NOMBRE DE LA MATERIA	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	CLAVE	9013
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA (MÉTODO LSD, DUNCAN, TUKEY, DUNETT)	PRÁCTICA NÚMERO	2
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2009-2
NOMBRE DEL PROFESOR/A	YURIDIA VEGA	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	CÓMPUTO	FECHA	06/12/16

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
Computadora	1 por alumno

SOFTWARE REQUERIDO	
Herramientas de Excel	
Software MINITAB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO

1.- INTRODUCCIÓN:

Pruebas de significancia son procedimientos que facilitan decidir si una Hipótesis nula se rechaza o no se rechaza. La aplicación de estas pruebas parte del supuesto de que se ha utilizado un diseño de muestreo probabilístico (al azar, sistemático, estratificado o conglomerados) para obtener la información muestral que permita tomar decisiones estadísticas.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Analizar casos de aplicaciones de Pruebas de significancia, haciendo uso de Software estadístico.

3.- TEORÍA:

Pruebas de Significancias (Método LSD, Método Duncan, Tukey, Dunett)

Existen varios procedimientos para determinar cuáles son los pares de medias que son diferentes. El primero de estos procedimientos, y el más utilizado en el pasado, es el de la Diferencia Significativa Mínima (DSM) de Fisher publicada en 1935 en su libro *The Design of Experiments*. Este procedimiento es una extensión de la prueba *t* de Student para el caso de comparación de dos medias con varianza ponderada.

Otros procedimientos más recientemente usados para el mismo propósito son: la prueba de Student-Neuman-Keuls, la prueba de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH), la prueba del Rango múltiple de Duncan, la prueba de Dunnett y la prueba de Scheffé, entre otras. Véase Steel and Torrie y Federer.

PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY

La prueba de *Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey*, al igual que la DSM, sólo se debe usar después que se ha rechazado la hipótesis nula en el análisis de varianza y cuando todos los tamaños de muestra son iguales; pero a diferencia de

la DSM emplea el valor $q_{\alpha, K, \text{grados de libertad}}$. En lugar de $t = t_{1-\frac{\alpha}{2}, \text{grados de libertad}}$. Este valor *q* se obtiene de la tabla T-8, para el nivel de significancia α , el número de tratamientos *K* y los grados de libertad del error, entonces:

$$DSM = q_{\alpha, K, \text{grados de libertad}} \sqrt{\frac{2CM_{\text{error}}}{n}} \quad [13.7]$$

PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN

La Prueba del *Rango múltiple Duncan* es otra prueba para determinar la diferencia entre pares de medias después que se ha rechazado la hipótesis nula en el análisis de varianza.

Este procedimiento emplea los valores de la tabla T-9 y consiste en calcular varios "rangos" (Duncan los llama rangos significativos mínimos) dados por la fórmula:

$$D_p = d_{\alpha, p, n-1} \sqrt{\frac{CM_{error}}{n}} \quad [13.8]$$

donde p toma valores entre 2 y K (K es el número de tratamientos), d se obtiene de la tabla T-9 y el CM_{Error} se obtiene de la tabla de ANDEVA respectiva.

PRUEBA DE DUNNETT

En muchos experimentos uno de los tratamientos es el control, y el investigador está interesado en comparar cada una de las otras $K-1$ medias de los tratamientos contra el control, por lo tanto, existen $K-1$ comparaciones. Un procedimiento para realizar estas comparaciones es la prueba de Dunnett (desarrollada en 1964). Si se supone que el control es el tratamiento α , entonces se desea probar las hipótesis

$$\left. \begin{array}{l} H_0 : \mu_i = \mu_\alpha \\ H_a : \mu_i \neq \mu_\alpha \end{array} \right\} \text{para } i = 1, 2, \dots, K-1$$

El procedimiento de Dunnett es una modificación de la prueba t . Para cada hipótesis se calcula el valor absoluto de la diferencia de medias observadas

$$|\bar{X}_i - \bar{X}_\alpha| \text{ para } i = 1, 2, \dots, K-1$$

El rechazo de la hipótesis nula se realiza con una probabilidad de error tipo I, α si

$$|\bar{X}_i - \bar{X}_\alpha| > d_{\alpha, K-1, f} \sqrt{CM_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_\alpha} \right)},$$

Donde la constante $d_{\alpha, K-1, f}$ se busca en la tabla T-10. Observe que f es el número de grados de libertad del error y α es el nivel de significación asociado con todas las $K-1$ pruebas y utilizado en el análisis de varianza.

4.- PROCEDIMIENTO

Uno de los métodos usados con mayor frecuencia en el análisis estadístico es la prueba de hipótesis. Minitab ofrece muchas pruebas de hipótesis, incluyendo pruebas t y análisis de varianza (ANOVA). Por lo general, cuando usted realiza una prueba de hipótesis, presupone que un enunciado inicial es verdadero y luego somete a prueba dicho enunciado utilizando datos de muestra.

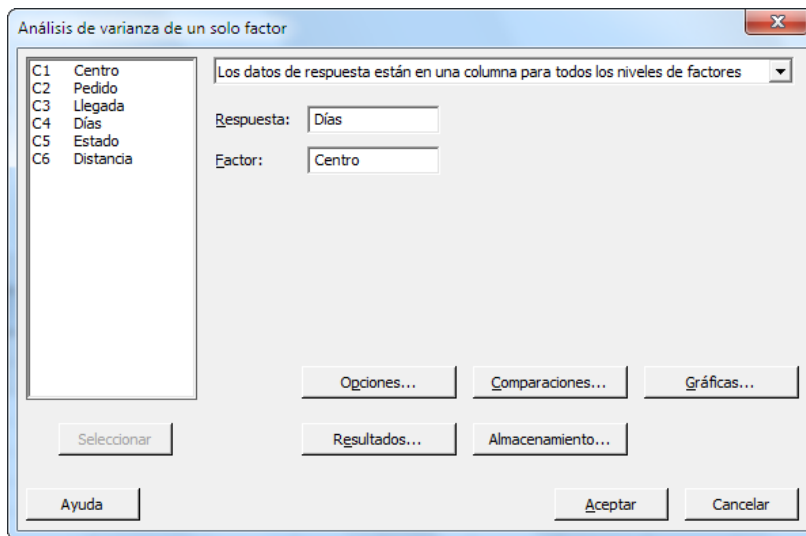
Las pruebas de hipótesis incluyen dos hipótesis (enunciados): la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1). La hipótesis nula es el enunciado inicial y suele especificarse sobre la base de investigaciones anteriores o del conocimiento común. La hipótesis alternativa es lo que usted considera que podría ser verdadero.

Apoyándose en el análisis gráfico del capítulo anterior y en el análisis descriptivo expuesto previamente, usted sospecha que la diferencia en el número promedio de días

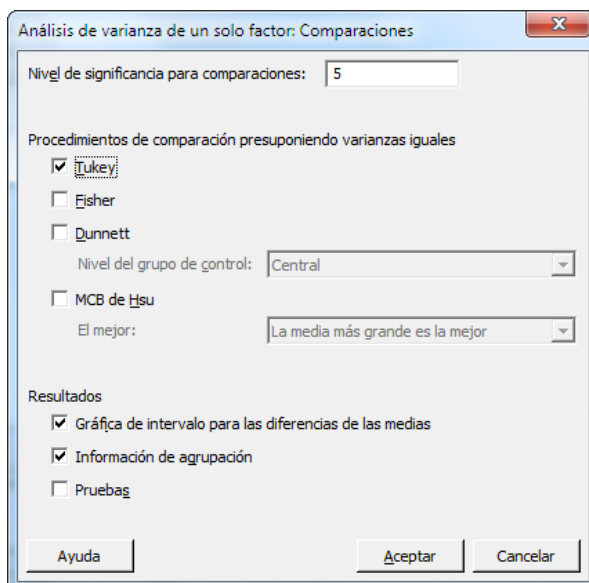
de entrega entre los centros de envío es estadísticamente significativa. Para verificar esto, usted realiza un ANOVA de un solo factor, que prueba la igualdad de dos o más medias. Además, realiza una prueba de comparación múltiple de Tukey para ver cuáles medias de los centros de envío son diferentes. Para este ANOVA de un solo factor, los días de entrega son la respuesta y el centro de envío es el factor.

Realizar un ANOVA

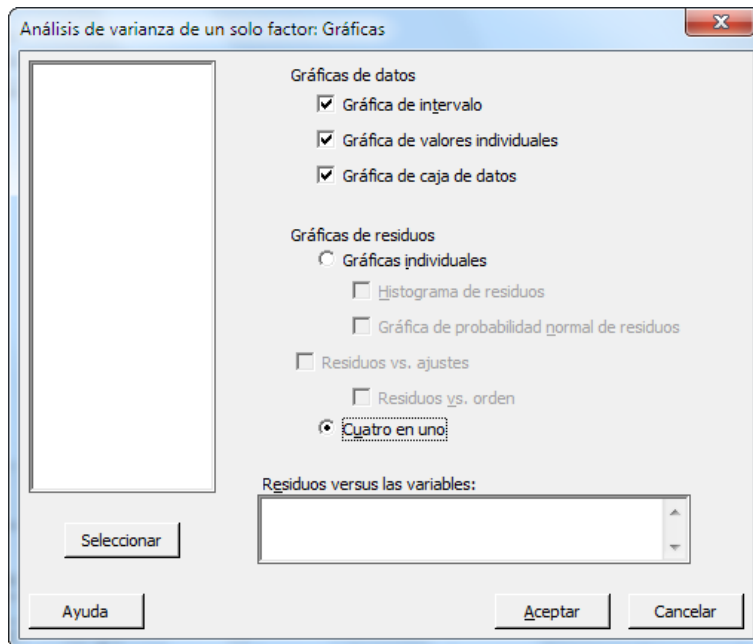
1. Elija **Estadísticas > ANOVA > Un solo factor**.
2. Seleccione **Los datos de respuesta están en una columna para todos los niveles de factores**.



3. Haga clic en **Comparaciones**.
4. En **Procedimientos de comparación presuponiendo varianzas iguales**, seleccione **Tukey**.



5. Haga clic en **Aceptar**.
6. Haga clic en **Gráficas**. Para muchos comandos estadísticos, Minitab incluye gráficas que ayudan a interpretar los resultados y evaluar la validez de los supuestos estadísticos. Estas gráficas se denominan gráficas incorporadas.
7. En **Gráficas de datos**, seleccione **Gráfica de intervalo**, **Gráfica de valores individuales** y **Gráfica de caja de datos**.
8. En **Gráficas de residuos**, seleccione **Cuatro en uno**.



9. Haga clic en **Aceptar** en cada cuadro de diálogo.

ANOVA unidireccional: Días vs. Centro

11/12/2016 12:13:48 a. m.

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$
Filas no utilizadas	17

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Centro	3	Central, Este, Oeste

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Centro	2	114.6	57.317	39.19	0.000
Error	299	437.3	1.462		
Total	301	551.9			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.20933	20.77%	20.24%	19.17%

Medias

Centro	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Central	99	3.984	1.280	(3.745, 4.223)
Este	101	4.452	1.252	(4.215, 4.689)
Oeste	102	2.981	1.090	(2.746, 3.217)

Desv.Est. agrupada = 1.20933

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Centro	N	Media	Agrupación
Este	101	4.452	A
Central	99	3.984	B
Oeste	102	2.981	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Interpretar la salida de la ventana Sesión

El proceso de toma de decisiones para una prueba de hipótesis se basa en el valor p, que indica la probabilidad de rechazar como falsa la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera.

- Si el valor p es menor que o igual a un nivel de significancia predeterminado (también denominado nivel alfa o α), usted rechaza la hipótesis nula y da crédito a la hipótesis alternativa.
- Si el valor p es mayor que el nivel α , usted no puede rechazar la hipótesis nula y no puede apoyar la hipótesis alternativa.

A) EQUIPO: el equipo a utilizar será una computadora de escritorio o personal.

B) MATERIAL: los materiales sería el programa MINITAB

C) DESARROLLO: se llevara a cabo en base a lo explicado en la parte TEORIA, Resuelva y concluya cada caso Practico.

CASO 1

El laboratorio clínico de un hospital mide con un espectrofotómetro la concentración de colesterol en muestras de suero. Un día específico, el laboratorio analizó muestras de 8 pacientes y se prepararon 2 muestras de cada uno. Los siguientes datos son las concentraciones de colesterol (mg/dl).

Paciente	Colesterol (mg/dl)
1	167.3, 166.7
2	186.7, 184.2
3	100, 107.9
4	214.5, 215.3
5	148.5, 149.5
6	171.5, 167.3
7	161.5, 159.4
8	243.6, 245.5

CASO 2

En un experimento con 5 réplicas y 4 tratamientos con un diseño totalmente aleatorizado, se cultivaron secciones de tejido de planta de tomate con diferentes cantidades y tipo de azúcares. El crecimiento de tejidos en cada cultivo se da en la tabla siguiente como mm x 10.

Control	3% de glucosa	3% de fructuosa	3% de sacarosa
45	25	28	31
39	28	31	37
40	30	24	35
45	29	28	33
42	33	27	34

CASO 3

Se realizó un estudio de ingeniería de tránsito sobre los retrasos en las inspecciones con semáforos en las calles de una ciudad. Se usaron 3 tipos de semáforos: 1) Programado, 2) Semiactivado y 3) Activado. Se usaron 5 intersecciones para cada tipo de semáforo. La medida de retraso utilizada fue el promedio de tiempo que

cada vehículo permanece detenido en cada intersección (segundos/ vehículo). Los datos son los siguientes:

<i>Programado</i>	<i>Semiactivado</i>	<i>Activado</i>
36.6	17.5	15
39.2	20.6	10.4
30.4	18.7	18.9
37.1	25.7	10.5
34.1	22	15.2

D) CALCULOS Y REPORTE: no aplica.

E) RESULTADOS: Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software MINITAB para los posteriores problemas a resolver.

6.- BIBLIOGRAFÍA:



Universidad Autónoma de Baja California
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

NOMBRE DE LA MATERIA	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	CLAVE	9013
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DISEÑO DE BLOQUES	PRÁCTICA NÚMERO	3
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2009-2
NOMBRE DEL PROFESOR/A	YURIDIA VEGA	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	CÓMPUTO	FECHA	06/12/16

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
Computadora	1 por alumno

SOFTWARE REQUERIDO	
Herramientas de Excel	
Software MINITAB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO

1.- INTRODUCCIÓN:

Aplicar la metodología para realizar el análisis de varianza simple, comparación de parámetros y pruebas de idoneidad para diseños con al menos un factor de bloque, buscando evidenciar si la variable manipulable bajo estudio incide sobre la función objetivo y en función de los indicadores obtenidos, emitir recomendaciones para optimizar el proceso bajo estudio.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Que el alumno aplique las metodologías para realizar las pruebas: ANOVA simple Estimación de parámetros Pruebas de comparación de parámetros Análisis de residuos Pruebas de idoneidad. Mediante el uso del software Minitab para el análisis de datos experimentales mediante el método de ANOVA simple para diseños en bloques completamente aleatorizados (un factor de bloque).

3.- TEORÍA:

Diseño de Bloques (2 Factores).

Un diseño de bloques aleatorizados es un diseño que suele utilizarse para minimizar el efecto de la variabilidad cuando está asociada con unidades discretas (por ejemplo, ubicación, operador, planta, lote, tiempo). El caso habitual consiste en aleatorizar una réplica de cada combinación de tratamientos dentro de cada bloque.

En un diseño en bloques completos al azar (DBCA) se consideran 3 fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloque y el error aleatorio. La palabra completo se debe a que cada bloque se prueba todos los tratamientos. La aleatorización se hace dentro de cada bloque; por lo tanto no se realiza de manera total como el DCA. Los factores de bloqueo que aparecen en la práctica son: turno, lote, día, tipo de materia, línea de producción, operador, maquina, método, etc.

Modelo estadístico de un DBCA.

$$y_{ij} = \mu + T_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2 \dots k \\ j = 1, 2 \dots b \end{array}$$

Donde Y_{ij} es la medición que corresponde al tratamiento y al bloque i , μ es la medida global poblacional, T_i es el efecto debido al tratamiento, β_j es el efecto debido al bloque j y ε_{ij} es el error aleatorio atribuible a la medición y Y_{ij} se supone que los errores se distribuyen de manera normal con media, cero y varianza, constante $N(0, \sigma^2)$ y que son independientes entre sí.

Hipótesis a probar.

$$H_0 \therefore \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots \mu_k = \mu$$

$$H_a \therefore \mu_i \neq \mu_j \text{ Para algún } i \neq j$$

$$H_0 = T_1 = T_2 = T_3 \dots T_k = 0$$

$$H_a = T_i \neq 0 \text{ Para algún } i$$

Cuando $T_1 = \mu_1 - \mu = 0$, es posible afirmar que todos los efectos de tratamiento sobre la variable de respuesta son nulos.

Análisis de varianza. La hipótesis dada se prueba con un análisis de varianza con 2 criterios de clasificación, porque se controlan 2 fuentes de variación, el factor de tratamientos y el factor de bloque.

Tabla de ANOVA para un diseño en bloques completos al azar

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Fo	Valor - p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{b} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	K-1	CM_{TRAT}	$F_o = \frac{CM_{TRAT}}{CME}$	$P(F > F_o)$
Bloques	$SC_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y^2_j}{K} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	b-1	CM_B	$F_o = \frac{CM_B}{CME}$	$P(F > F_o)$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT} - SC_B (k-1)(b-1)$		CME		
Total	$SC_T = \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^k y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	N-1			

Tratamiento	Bloque				
	1	2	3	...	b
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	...	Y_{1b}
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	...	Y_{2b}
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	...	Y_{3b}
...
k	Y_{k1}	Y_{k2}	Y_{k3}	...	Y_{kb}

NOTA:

$$\hat{y}_{ij} = y_{i.} + y_{.j} - y_{..}$$

Los experimentos de los tratamientos, deben de ser aleatoriamente para que los resultados no se vean afectados por las condiciones ambientales, se pueden hacer en diferente orden cada uno de los tratamientos y el material experimental debe de ser igual para todos

4.- PROCEDIMIENTO:

Ingreso de datos: Tomemos como ejemplo los datos presentados para los distintos dispositivos de carburador cuando el experimento envuelve cinco autos. En la pantalla de <>, copiamos tres vectores de datos uno que identifica el tipo de carburador, el otro corresponde al auto y finalmente la variable respuesta (kilómetros por galón) en correspondencia por fila con el factor y el efecto bloqueado.

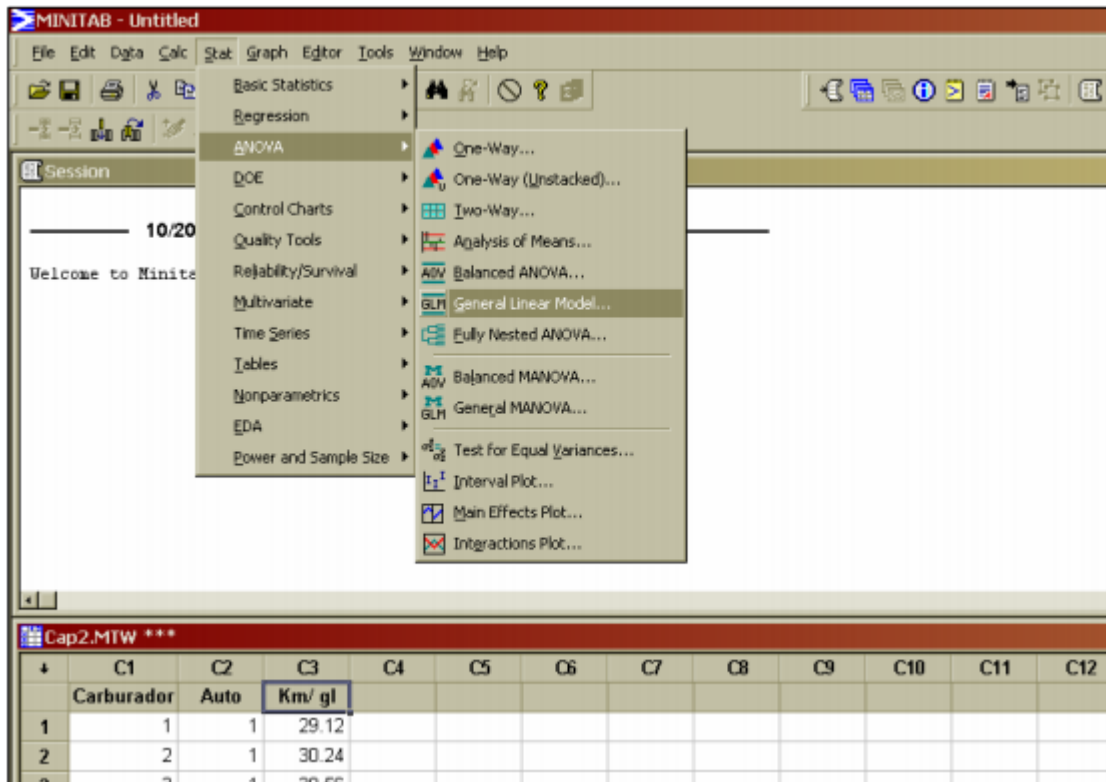
The screenshot shows the Minitab software interface. At the top, there is a menu bar with options: File, Edit, Data, Calc, Stat, Graph, Editor, Tools, Window, Help. Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main window is titled 'Session' and displays the date and time '10/20/2004 8:59:22 AM' and a welcome message: 'Welcome to Minitab, press F1 for help.' Below the session window is a worksheet window titled 'Cap2.MTW ***'. The worksheet contains a table with 17 columns (C1 to C17) and 13 rows (1 to 13). The first three columns are labeled 'Carburador', 'Auto', and 'Km/ gl'. The data in the table is as follows:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	Carburador	Auto	Km/ gl														
1	1	1	29.12														
2	2	1	30.24														
3	3	1	30.56														
4	4	1	32.64														
5	1	2	43.84														
6	2	2	44.52														
7	3	2	44.98														
8	4	2	47.94														
9	1	3	55.95														
10	2	3	55.84														
11	3	3	56.99														
12	4	3	61.21														
13	1	4	71.12														

2. El segundo paso sería seleccionar el procedimiento o prueba a realizar, en este caso queremos realizar un ANOVA con un factor y un efecto bloqueado. Para realizar este paso debemos buscar entre las opciones que se presentan en la parte superior del Menú principal de <MINITAB>.

3. Seleccionamos primero la opción <STAT> y dentro de ésta escogemos la opción <ANOVA>. Dentro de esta opción se puede escoger entre estas dos opciones <BALANCED ANOVA> ó <GENERAL LINEAR MODEL >.

Al igual que en el primer ejemplo, todos estos pasos se realizan casi simultáneamente como se muestra en la siguiente Figura. Para este ejemplo, trabajaremos con la segunda opción <GENERAL LINEAR MODEL>.

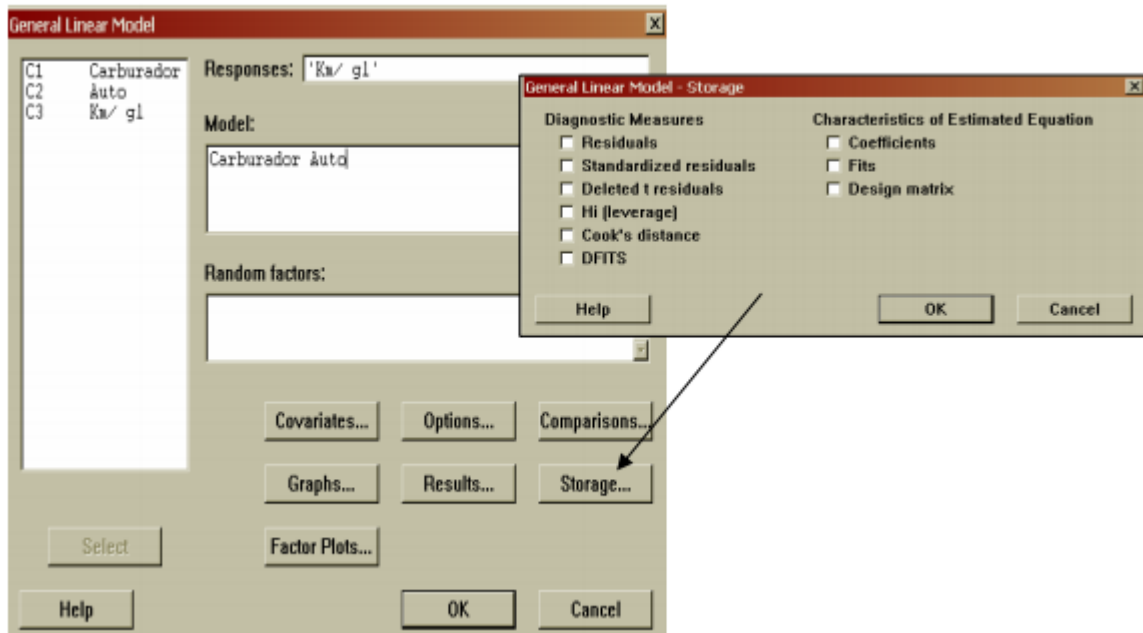


4. Al seleccionar < GENERAL LINEAR MODEL > se presenta la siguiente pantalla (véase la siguiente Figura). En ésta usted debe indicar cual es el vector o columna correspondiente a la variable respuesta (<RESPONSE>) y el modelo que está considerándose (<MODEL>).

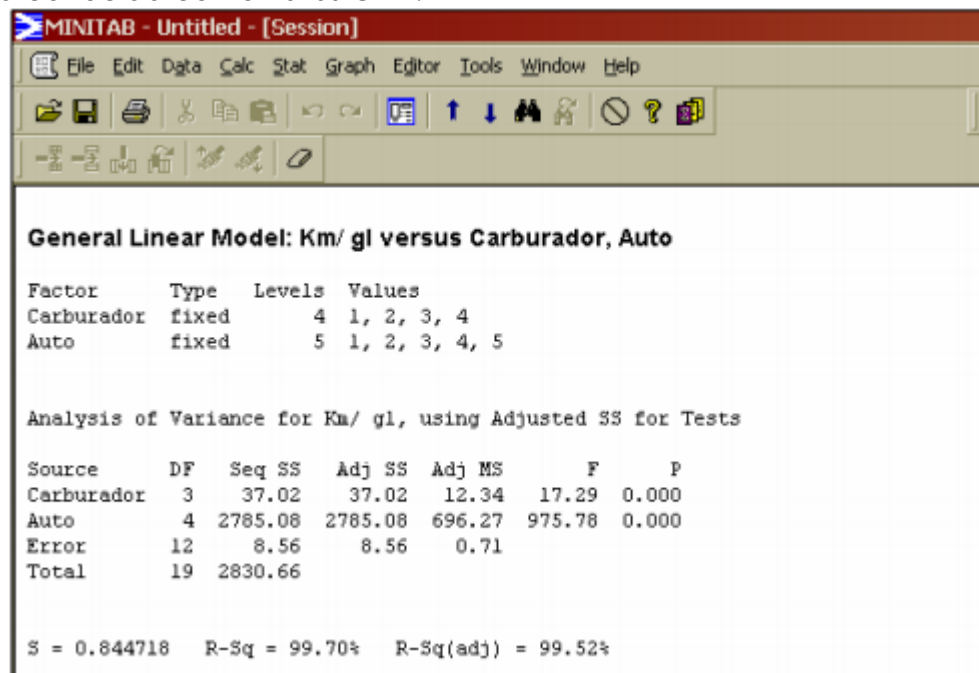
Note que este casillero tiene que incluir tanto el factor carburador como el bloque autos. Esto se hace colocando el puntero en la ventana para cada campo y oprimiendo el botón izquierdo del ratón dos veces consecutivas luego de llevarlo hasta el nombre de la columna. También puede hacerse usando el botón <SELECT> luego de seleccionar el nombre de la columna. Observe que existe una ventanilla <COVARIATES> que es opcional, la utilización de ésta será discutida en capítulos posteriores.

La función <GRAPHS> es idéntica a la discutida en el Capítulo 1.

La función <STORAGE> permite almacenar en una variable (dentro del Worksheet) los residuales y los valores obtenidos a través del modelo (Fits).



5. Finalmente oprima el botón <OK> y el análisis de sus datos será presentado en la pantalla conocida como <SESSION>.



- A) **EQUIPO:** el equipo a utilizar será una computadora de escritorio o personal.
- B) **MATERIAL:** los materiales sería el programa MINITAB
- C) **DESARROLLO:** se llevara a cabo en base a lo explicado en la parte TEORIA, Resuelva y concluya cada caso Practico

CASO1

El laboratorio clínico de un hospital mide con un espectrofotómetro la concentración de colesterol en muestras de suero. Un día específico, el laboratorio analizo muestras de ocho pacientes y se prepararon dos muestras de cada uno.

Paciente	Colesterol (mg/dl)
1	167.3, 166.7
2	186.7, 184.2
3	100.0, 107.9
4	214.5, 215.3
5	148.5, 149.5
6	171.5, 167.3
7	161.5, 159.4
8	243.6, 245.5

CASO2

En un experimento con cinco replicas y cuatro tratamientos con un diseño totalmente aleatorio, se cultivaron secciones de tejido de planta de tomate con diferentes cantidades y tipos de azucares. El crecimiento de tejidos en cada cultivo se da en la tabla siguiente.

CONTROL	3% DE GLUCOSA	3% DE FRUCTOSA	3% DE SACAROSA
45	25	28	31
39	28	31	37
40	30	24	35
45	29	28	33
42	33	27	34

CASO3

Se realizo un estudio de ingeniería de transito sobre los retrasos en las intersecciones con semáforos en las calles de una ciudad. Se usaron tres tipos de semáforos: 1) programado, 2) semiactivado y 3) activado. Se usaron cinco intersecciones para cada tipo de semáforo. La medida de retraso utilizada fue el promedio de tiempo que cada vehículo permanece detenido en cada intersección (segundos/vehículo). Los datos son los siguientes:

PROGRAMADO	SEMIACTIVADO	ACTIVADO
36.6	17.5	15.0
39.2	20.6	10.4
30.4	18.7	18.9
37.1	25.7	10.5
34.1	22.0	15.2

D) CALCULOS Y REPORTE: no aplica.

E) RESULTADOS: Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software MINITAB para los posteriores problemas a resolver.

6.- BIBLIOGRAFÍA:

<http://academic.uprm.edu/dgonzalez/Manual%20de%20Minitab-v14.pdf>



Universidad Autónoma de Baja California
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

NOMBRE DE LA MATERIA	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	CLAVE	9013
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DISEÑOS DE CUADRADOS LATINOS Y GREGOLATINOS	PRÁCTICA NÚMERO	4
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2009-2
NOMBRE DEL PROFESOR/A	YURIDIA VEGA	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	CÓMPUTO	FECHA	06/12/16

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
Computadora	1 por alumno

SOFTWARE REQUERIDO	
Herramientas de Excel	
Software MINITAB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO

1.- INTRODUCCIÓN:

El diseño en cuadrado latino controla dos factores de bloque y se estudia un factor de tratamiento por lo que se tienen cuatro fuentes de variabilidad que pueden afectar la respuesta a observar estas son:

- Los tratamientos
- El factor de bloque uno (columnas)
- El factor de bloque dos (renglones)
- El error aleatorio

En la práctica se desarrollara ejercicios de diseño en cuadro latino.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

El alumno aprenderá a desarrollar hojas de cálculo electrónicas para el análisis estadístico de datos experimentales mediante el método de ANOVA simple para diseños en cuadro latino (dos factores de bloque).

3.- TEORÍA:

Diseño de Cuadrados latinos y Gregolatinos.

Los diseños en cuadrados latinos son apropiados cuando es necesario controlar dos fuentes de variabilidad. En dichos diseños el número de niveles del factor principal tiene que coincidir con el número de niveles de las dos variables de bloque o factores secundarios y además hay que suponer que no existe interacción entre ninguna pareja de factores. Supongamos que el número de niveles de cada uno de los factores es K. El diseño en cuadrado latino utiliza K^2 bloques, cada uno de estos bloques corresponde a una de las posibles combinaciones de niveles de los dos factores de control. En cada bloque se aplica un solo tratamiento de manera que cada tratamiento debe aparecer con cada uno de los niveles de los dos factores de control. Si consideramos una tabla de doble entrada donde las filas y las columnas representan cada uno de los dos factores de bloque y las celdillas los niveles del factor principal o tratamientos, el requerimiento anterior supone que cada tratamiento debe aparecer una vez y sólo una en cada fila y en cada columna.

Diseños en cuadrados latinos.

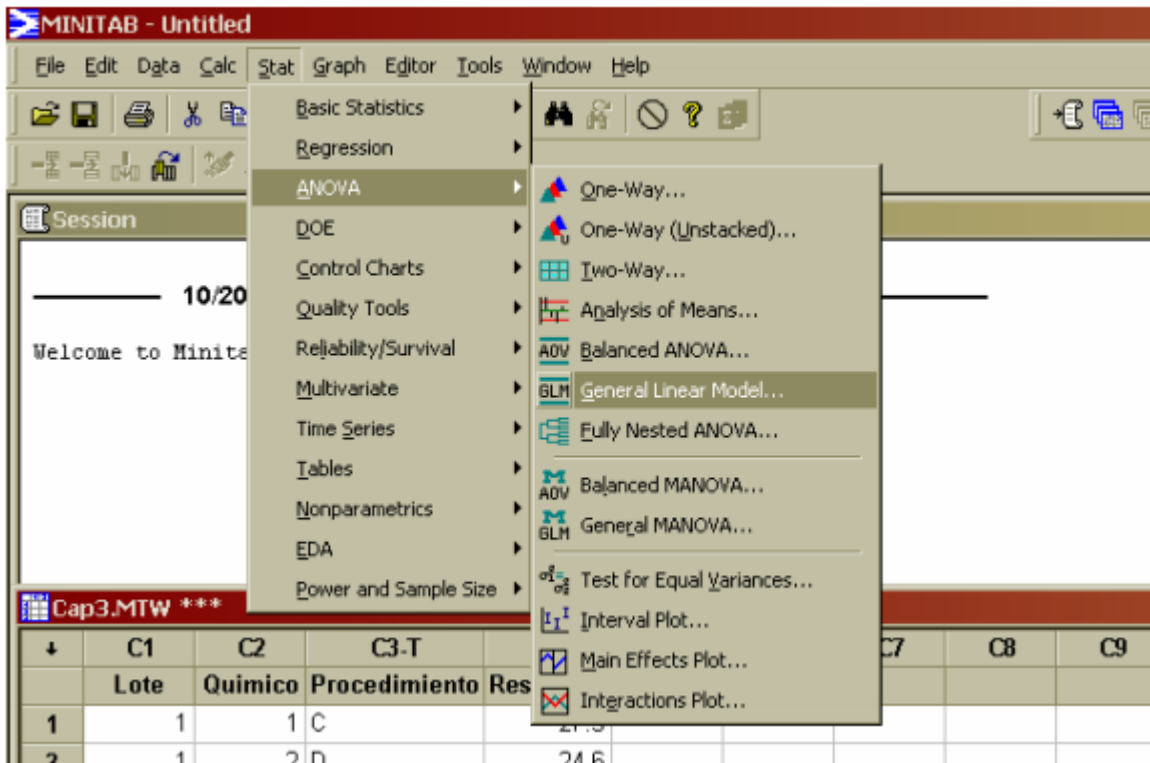
Recibe el nombre de cuadrado latino de orden K a una disposición en filas y columnas de K letras latinas, de tal forma que cada letra aparece una sola vez en cada fila y en cada columna. A continuación vamos a dar una forma simple de construcción de cuadrados latinos. Se parte de una primera fila con las letras latinas ordenadas alfabéticamente.

	Columna 1	Columna 2	Columna 3	...	Columna k
Fila 1	A	B	C	...	K

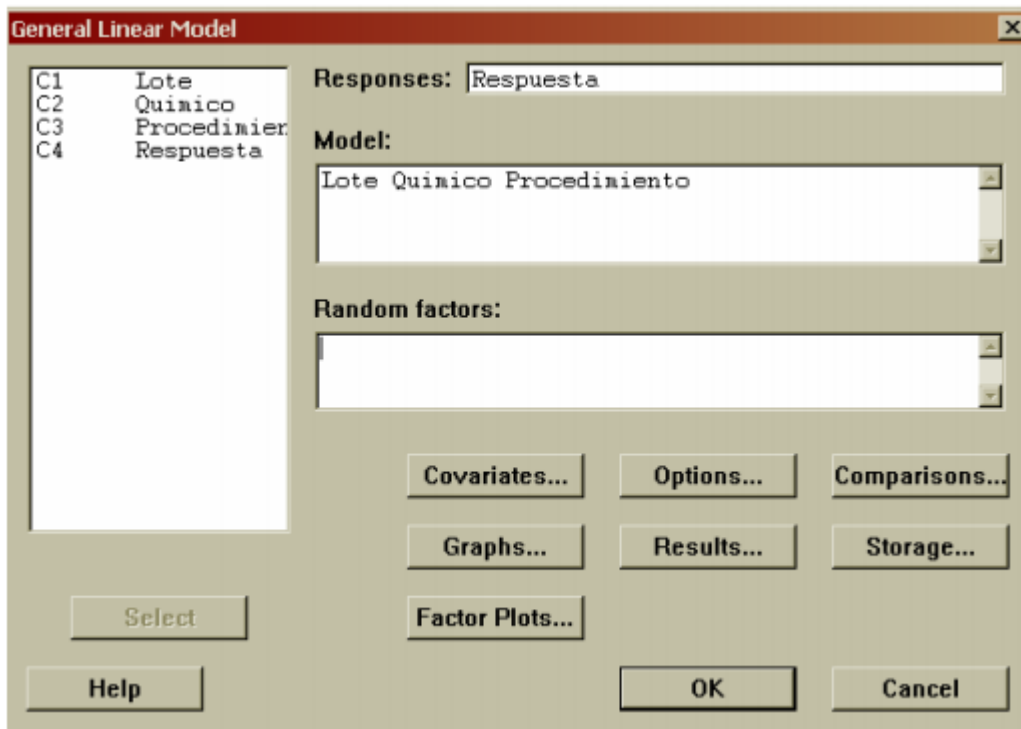
2. El segundo paso corresponde a la selección de la prueba a realizar. En este caso queremos realizar un ANOVA con un factor y dos efectos bloqueados. Para realizar esta prueba, debemos buscar entre las opciones del Menú principal de <MINITAB>.

3. Seleccione primero la opción <STAT> y dentro de ésta escoja la opción <ANOVA>. Dentro de esta opción entonces puede seleccionar una de las siguientes dos opciones <BALANCED ANOVA> ó <GENERAL LINEAR MODEL>.

Todos estos pasos se realizan casi simultáneamente como se muestra en la siguiente Figura. Para este ejemplo, al igual que en el Capítulo 2, la opción a utilizar será <GENERAL LINEAR MODEL>



4. Al seleccionar <GENERAL LINEAR MODEL> se presenta la siguiente pantalla (véase la Figura correspondiente). En ésta usted debe indicar cual es el vector o columna correspondiente a la variable respuesta (<RESPONSE>) y el modelo que está considerándose (<MODEL>). Note que este casillero tiene que incluir tanto el factor procedimiento como los bloques lote y químico. Esto se hace colocando el puntero en la ventanilla para cada campo y oprimiendo el botón izquierdo del ratón dos veces consecutivas luego de llevarlo hasta el nombre de la columna. También puede hacerse usando el botón <SELECT> luego de seleccionar el nombre de la columna. Las opciones <GRAPHS> y <STORAGE>



5. Finalmente oprima el botón <OK> y el análisis de sus datos será presentado en la pantalla conocida como <SESSION>.

A) EQUIPO: el equipo a utilizar será una computadora de escritorio o personal.

B) MATERIAL: los materiales sería el programa MINITAB

C) DESARROLLO: se llevara a cabo en base a lo explicado en la parte TEORIA, Resuelva y concluya cada caso Practico.

CASO1

Se comprueba el peso en gramos de un material de tres proveedores: A,B y C, por tres diferentes inspectores: I, II y III, utilizando tres diferentes escalas: 1,2 y 3. El experimento se lleva a cabo como el siguiente cuadro latino.

Inspector	Escala		
	1	2	3
I	A = 16	B = 10	C = 11
II	B = 15	C = 9	A = 14
III	C = 13	A = 11	B = 13

- Hay diferencias entre los proveedores?
- Hay diferencias entre los inspectores y entre las escalas?
- Si el peso debe ser 15 g. cual proveedor es mejor?
- Si algún factor de bloque es no significativo, elimínelo y haga el análisis adecuado.

CASO2

Cuando se comparan varios fertilizantes o diferentes variedades de cierto cultivo, es típico que se deba considerar el gradiente de fertilidad del suelo (factor columna) o los efectos residuales de cultivos previos (factor renglón). Considerando estos factores de bloque, Gomez y Gomez (1984) plantean un experimento en cuadro latino para comparar, en cuanto a rendimiento en toneladas por hectárea, tres variedades de maíz híbrido (A,B,C) y una variedad control (C). Para ello, se utiliza un campo agrícola cuadrado de 16 hectáreas, dividido en parcelas de una hectárea. Los datos de rendimiento obtenidos en cada parcela se muestran a continuación:

Ren\Col	1	2	3	4
1	1.640(B)	1.210(D)	1.425(C)	1.345(A)
2	1.475(C)	1.185(A)	1.400(D)	1.290(B)
3	1.670(A)	0.710(C)	1.665(B)	1.180(D)
4	1.565(D)	1.290(B)	1.655(A)	0.660(C)

- Existen diferencias en los rendimientos de las diferentes variedades de maíz?
- ¿Cual de los factores de bloque tuvo efectos?
- ¿Se habrán detectado las mismas diferencias en los tratamientos con un diseño completamente al azar?
- ¿Y con un diseño en bloques completos al azar?

CASO3

Se quieren comparar tres dietas (a,b,c) a base de proteínas de origen vegetal utilizando 18 ratas de laboratorio de una misma camada. Primero se observa por un tiempo el apetito para formar tres grupos de seis ratas, según su voracidad; y cada uno de estos grupos se clasifica a su vez en tres grupos de dos ratas, de acuerdo a su peso inicial. Se plantea un experimento donde la variable de respuesta es el peso en gramos ganado por las ratas después de cierto periodo, con los siguientes resultados:

Apetito/ peso inicial	A1	A2	A3
P1	67 (C) 72	105 (A) 112	95 (B) 86
P2	85 (A) 98	75 (B) 67	88 (C) 110
P3	66 (B) 47	68 (C) 91	108 (A) 120

- Analice los datos. ¿Cual de los factores influyen en el peso ganado por las ratas?
- ¿Cual dieta es mejor?
- ¿Algunos de los factores de bloque puede ser ignorado? Argumente su respuesta.
- Si este fuera el caso, analice de nuevo el experimento y saque conclusiones.
- Verifique los supuestos del modelo.

D) CALCULOS Y REPORTE: no aplica.

E) RESULTADOS: Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software MINITAB para los posteriores problemas a resolver.

6.- BIBLIOGRAFÍA:

<http://academic.uprm.edu/dgonzalez/Manual%20de%20Minitab-v14.pdf>



Universidad Autónoma de Baja California
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

NOMBRE DE LA MATERIA	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	CLAVE	9013
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	PRACTICA EN EXCEL DE ANOVA	PRÁCTICA NÚMERO	5
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2009-2
NOMBRE DEL PROFESOR/A	YURIDIA VEGA	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	CÓMPUTO	FECHA	06/12/16

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
Computadora	1 por alumno

SOFTWARE REQUERIDO	
Herramientas de Excel	
Software MINITAB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO

1.- INTRODUCCIÓN:

El ANOVA simple está diseñado para construir un modelo estadístico que describa el impacto de un solo factor categórico X sobre una variable dependiente Y. Se realizan pruebas para determinar si hay o no diferencias significativas entre las medias, varianzas y/o medianas de Y en los diferentes niveles de X.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

El alumno aprenderá a desarrollar hojas de cálculo electrónicas para el análisis de datos experimentales mediante el método de ANOVA simple, además del uso del software Minitab para el análisis de datos experimentales mediante el método ANOVA simple.

3.- TEORÍA:

El ANOVA simple trata de analizar si dos variables Y (continua, llamada variable respuesta) y F (categórica, llamada factor), son independientes o no (es decir, si hay relación entre ellas, si hay diferencias significativas en el valor de la primera según el valor que tome la segunda, si el factor influye en la variable respuesta, etc.). Por ejemplo, podemos pensar en la variable Y como el tiempo que tarda en curar un paciente, y en el factor F como el medicamento que se le administra.

Si consideramos que el factor tiene k valores posibles, que representamos por F_1, \dots, F_k , y que llamamos niveles del factor (por ejemplo, en el ejemplo anterior podemos pensar que hay k medicamentos posibles), entonces la hipótesis que se contrasta es:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1: \text{alguna } \mu_i \text{ es distinta}$$

donde μ_1, \dots, μ_k representan las medias correspondientes a cada nivel del factor (si Y es el tiempo de curación y F el tipo de medicamento, entonces μ_1 sería el tiempo medio que tardan en curar los pacientes a los que se les administro el medicamento F_1 , etc.). Observemos que, si aceptamos H_0 , estamos diciendo que en todos los casos la media de Y es la misma independientemente del valor del factor, y por tanto que Y y F son independientes (por ejemplo, que el tiempo medio de curación es el mismo siempre, y por lo tanto que el tipo de medicamento no influye especialmente en el tiempo de cura). La media conjunta de todos los datos se llama media global, μ . En caso de aceptar H_0 , estaremos aceptando no solo la igualdad entre las μ_i , sino también que todas las μ_i son iguales a la media global, μ .

4.- PROCEDIMIENTO:

Metodología de solución inciso "a":

- ✓ Introducir datos en Excel, tal como está en la tabla.
- ✓ Dar clic en análisis de datos del menú herramientas (si no está disponible la opción, habilitar dando clic en herramientas>complementos>habilitar la casilla herramientas para análisis>aceptar).
- ✓ Análisis de un solo factor.

- ✓ Seleccionar el rango de datos tomados en cuenta en la opción rango de entrada (si seleccionas el título, tendrás que habilitar la casilla rótulos en la primera fila).
- ✓ En alfa ingresar en nivel de significancia.
- ✓ En rango de salida, ingresar el espacio en donde aparecerá el ANOVA.
- ✓ Aceptar.

Metodología de solución inciso "b":

Ingresar a Minitab los datos>Estadísticas>ANOVA>un solo factor(desapilado)>seleccionar los datos>activar en gráficos todas las graficas>Aceptar.

A) EQUIPO: el equipo a utilizar será una computadora de escritorio o personal.

B) MATERIAL: los materiales sería el programa MINITAB

C) DESARROLLO: se llevara a cabo en base a lo explicado en la parte TEORIA, Resuelva y concluya cada caso Practico

CASO 1

Tres marcas de baterías están bajo estudio. Se sospecha que la vida útil (en semanas) de las marcas son diferentes. Se probaron 5 baterías de cada marca con los siguientes resultados:

Marca 1	Marca 2	Marca 3
100	76	108
96	80	100
92	75	96
96	84	98
92	82	100

- a) Elabore una tabla de ANOVA en Excel, introduciendo las fórmulas apropiadas. b) Diga si las vidas útiles de estas marcas de baterías son diferentes, a un nivel de significancia del 5%.

CASO2

Un fabricante de televisiones está interesado en el efecto en la conductividad del tubo de la pantalla de 4 diferentes tipos de recubrimiento para tubos de pantalla de color. Se obtuvieron los siguientes datos de conductividad:

Tipo de recubrimiento	Conductividad			
1	143	141	150	146
2	152	149	137	143
3	134	136	132	127
4	129	127	132	129

- a) Elabore una tabla de ANOVA en Excel, introduciendo las fórmulas apropiadas.
b) ¿Existe una diferencia significativa en la conductividad debida al tipo de recubrimiento? Use $\alpha = 0.05$

Nota: Realizar los mismos pasos de las metodologías de solución del problema anterior para dar solución a este.

CASO3

Cuatro diferentes diseños para un circuito de computadora se están estudiando para comparar la cantidad de ruido presente. Se han obtenido los siguientes datos:

Diseño del circuito	Ruido observado				
1	19	20	19	30	8
2	80	61	73	56	80
3	47	26	25	35	50
4	95	46	83	78	97

- c) Elabore una tabla de ANOVA en Excel, introduciendo las fórmulas apropiadas.
d) ¿La cantidad de ruido presente es el mismo para cada uno de los cuatro diseños? Use $\alpha = 0.05$

Nota: Realizar los mismos pasos de las metodologías de solución del problema 1 para dar solución a este.

D) CALCULOS Y REPORTE: no aplica.

E) RESULTADOS: Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software MINITAB para los posteriores problemas a resolver.

6.- BIBLIOGRAFÍA:



Universidad Autónoma de Baja California
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

NOMBRE DE LA MATERIA	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	CLAVE	9013
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DISEÑO FACTORIAL GENERAL	PRÁCTICA NÚMERO	6
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2009-2
NOMBRE DEL PROFESOR/A	YURIDIA VEGA	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	CÓMPUTO	FECHA	06/12/16

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
Computadora	1 por alumno

SOFTWARE REQUERIDO	
Herramientas de Excel	
Software MINITAB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO

1.- INTRODUCCIÓN:

El diseño factorial es un diseño experimental que sirve para estudiar el efecto individual y de interacción de varios factores sobre una o varias respuestas. Los factores pueden ser de tipo cualitativo (maquinas, tipo de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.) o de tipo cuantitativo.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Que el alumno desarrolle hojas electrónicas para el análisis de datos experimentales mediante el método ANOVA para un diseño factorial general, además de hacer uso del software Minitab para el análisis de datos experimentales.

3.- TEORÍA:

El objetivo de un *diseño factorial* es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas o características de calidad, es decir, lo que se busca es estudiar la relación entre los factores y la respuesta, con la finalidad de conocer mejor cómo es esta relación y generar conocimiento que permita tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso. Por ejemplo, uno de los objetivos particulares más importantes que en general tiene un diseño factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la cual el desempeño del proceso sea mejor que en las condiciones de operación actuales, es decir, encontrar nuevas condiciones de operación del proceso que eliminen o disminuyen cierto problema de calidad en la variable de salida.

Los *factores* pueden ser de tipo *cualitativo* (máquinas, tipos de material, operador, la presencia o ausencia de una operación previa, etc.) , o de tipo *cuantitativo* (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.). Para poder estudiar la manera en cómo influye cada factor sobre la variable respuesta, es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos. Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente en el proceso todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles seleccionados.

4.- PROCEDIMIENTO: Aquí se evaluará y dará seguimiento en base a varios ejemplos que introducirán en el laboratorio al software para su aprendizaje.

Minitab Metodología de solución

Para el análisis de varianza seleccionar Estadística>ANOVA>Generar modelo lineal>Seleccionar nuestra variable de respuesta, modelo y factores aleatorios>Habilitar las graficas que necesitamos>Aceptar. } Verifique los supuestos mediante la grafica correspondiente.

2. Un embotellador de refrescos está interesado en obtener alturas de llenado más uniformes en las botellas producidas en su proceso de manufactura. Se pueden controlar tres variables durante el proceso de llenado: el porcentaje de carbonatado (A), la presión de operación de la llenadora (B) y la velocidad de la línea en botellas por minuto (C). Se corrió el experimento con dos réplicas para cada combinación de tratamientos. La variable de respuesta observada es la desviación promedio de la altura deseada. Los valores negativos significan alturas por debajo de la altura objetivo y las desviaciones positivas son las que están por encima de ésta. La siguiente tabla muestra los resultados del experimento. Analice

los datos y establezca conclusiones. Comente en la idoneidad del modelo (verifique los supuestos).

Table 5-13 Fill Height Deviation Data for Example 5-3

Percent Carbonation (A)	Operating Pressure (B)				$y_{i..}$	
	25 psi		30 psi			
	Line Speed (C)		Line Speed (C)			
	200	250	200	250		
10	-3 -1	-4 -1	-1 0	-1 0	1 1	-4
12	0 1	1 1	2 1	2 3	6 5	20
14	5 4	9 6	7 6	7 9	10 11	59
$B \times C$ Totals $y_{.j.}$	6	15	20	34	75 = $y_{...}$	
$y_{.j.}$	21		54			
	$A \times B$ Totals $y_{i..}$			$A \times C$ Totals $y_{i..}$		
	A	B		A	C	
		25	30		200	250
	10	-5	1	10	-5	1
	12	4	16	12	6	14
	14	22	37	14	25	34

2. Introducir los datos en columnas.

Factor A	Factor B	Factor C	Factor XXX	Réplica	Variable de respuesta
----------	----------	----------	------------	---------	-----------------------

Para el problema 1

Factor A	Factor B	Réplica	Variable de respuesta
A1	B1	1	93
A1	B1	2	92
A1	B1	3	90
A1	B1	4	91
A1	B1	5	92
A1	B1	6	91
A1	B1	7	90
A1	B1	8	91
A1	B1	9	93
A1	B1	10	90
A1	B2	1	92
A1	B2	2	94
A1	B2	3	90
A1	B2	4	91
A1	B2	5	90
A1	B2	6	91
A1	B2	7	92
A1	B2	8	92
A1	B2	9	92
A1	B2	10	91
A1	B3	1	
		2	
		...	
		10	
A2	B1	1	
		2	
		...	
		10	
A2	B2	1... 10	91, 90, 92... 91

3. Estadísticas > DOE > Factorial > Analizar diseño factorial

4. En Factores: Seleccionar Factor A y Factor B
5. Es un diseño factorial general (marcarlo)
6. En "respuestas": Seleccionar la columna donde está la variable de respuesta
7. En "gráficas": Marcar: Cuatro en uno
8. En "almacenamiento": Marcar Ajustes, Residuos, Coeficientes
9. Aceptar

Para las gráficas de efectos principales e interacción:

- ✓ Entrar a : Estadísticas > DOE > Factorial > Gráficas factoriales
- ✓ En efectos a incluir en las gráficas, marcar: Efectos principales y efectos de interacción
- ✓ En "configuración" de las gráficas de efectos principales, en respuestas, seleccionar "respuestas"
- ✓ En Factores a incluir en las gráficas: Seleccionar con ">" Factor A y Factor B
- ✓ Aceptar
- ✓ En "configuración" de las gráficas de interacciones, se hace igual.

A) EQUIPO: el equipo a utilizar será una computadora de escritorio o personal.

B) MATERIAL: los materiales sería el programa MINITAB

C) DESARROLLO: se llevara a cabo en base a lo explicado en la parte TEORIA, Resuelva y concluya cada caso Practico.

CASO1

Se corre un diseño factorial 3 x 2 con 10 réplicas para investigar el hinchamiento del catalizador después de la extrusión en la fabricación de botellas de polietileno de alta densidad. El catalizador se utiliza en la obtención de dicho polietileno. Los factores investigados son: molde (con dos niveles) y B: catalizador (con tres niveles). Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

		Catalizador								
		B1			B2			B3		
Molde	A1	93	92	93	92	90	92	95	94	94
		92	92	90	94	91	91	94	97	96
		90	90		90	92		94	95	
		91	91		91	92		94	96	
	A2	88	88	87	90	89	88	91	97	91
		88	87	88	88	90	89	90	89	91
		87	87		88	89		92	90	
		87	87		88	88		90	91	

- a) Plantee las hipótesis de interés en este problema y el modelo estadístico correspondiente.
- b) Construya la tabla de análisis de varianza y determine cuáles efectos están activos.
- c) Dibuje las gráficas de medias para los dos efectos principales con el método LSD.
- d) Haga la gráfica de interacción.

- e) Determine cuál es el mejor tratamiento. ¿Cuál es el hinchamiento predicho en el mejor tratamiento?
- f) Verifique los supuestos de normalidad y varianza constante.
- g) Utilice la gráfica de residuos contra factores para detectar posibles efectos sobre el hinchamiento. ¿En cuál molde parece ser menor la dispersión?

CASO2

En una fabrica de aceites vegetales comestibles la calidad resuelta afectada por la cantidad de impurezas dentro del aceite, ya que estas causan oxidacion y ello recurre a su vez en las características de sabor y color del product final.El proceso de "blanqueo" es el responsable de eliminar tales impurezas, y una forma de medir su eficacia es midiendo el color del aceite. Para generar una primera aproximacion a la solucion del problema se decide estudiar el efecto de la temperature y el porcentaje de arcilla en el color del aceite inicialmente a nivel laboratorio. El diseño y los datos de las pruebas experimentales se muestran a continuacion.

Temperatura	Porcentaje de arcilla							
	0.8		0.9		1.0		1.1	
90	5.8	5.9	5.4	5.5	4.9	5.1	4.5	4.4
100	5.0	4.9	4.8	4.7	4.6	4.4	4.1	4.3
110	4.7	4.6	4.4	4.4	4.1	4.0	3.7	3.6

- a) Construya el modelo estadístico y formule las hipótesis pertinentes.
- b) Cual es el nombre del diseño utilizado?

CASO3

Se cree que la adhesividad de un pegamento depende de la presión y de la temperature al ser aplicado.Se realiza un experiment factorial con ambos factores fijos.

Presión (lb/pulg ²)	Temperatura (°F)		
	250	260	270
120	9.60	11.28	9.00
130	9.69	10.10	9.57
140	8.43	11.01	9.03
150	9.98	10.44	9.80

- a) Formule la hipótesis y el modelo estadístico que se desea probar.
- b) Analice los datos y obtenga las conclusiones apropiadas.
- c) Se puede analizar si hay interacción entre los dos factores controlados?
- d) Verifique residuos.

CASO4

En una empresa alimenticia se desean evaluar cuatro antioxidantes, a través de su efecto en un aceite vegetal. El propósito es seleccionar el product que retrase más la oxidación. Las pruebas se hacen en condiciones de estrés, midiendo como variable de respuesta al índice de peróxidos. Se evalúan diferentes unidades experimentales a diferentes tiempos. Los datos obtenidos se muestran a continuación (en el control no se agrega ningún antioxidante). Dado que uno

de los factores es el tiempo, y este no se puede aleatorizar, entonces se le puede ver como un factor de bloques.

Producto	Tiempo		
	4 horas	8 horas	12 horas
Control	3.84, 3.72	27.63, 27.58	39.95, 39.00
A	4.00, 3.91	22.00, 21.83	46.20, 45.60
B	3.61, 3.61	21.94, 21.85	46.58, 42.98
C	3.57, 3.50	20.50, 20.32	45.14, 44.89
D	3.64, 3.61	20.30, 20.19	44.36, 44.02

- Señale los factores controlados y la variable de respuesta.
- Formule el modelo estadístico más apropiado al problema y las hipótesis estadísticas que se pueden probar.
- Haga un análisis de varianza y observe los aspectos más relevantes.
- Los supuestos del modelo se cumplen?
- Considerando que a menor índice de peróxidos mejor es el producto. Hay algún producto que sea mejor estadísticamente?

D) CALCULOS Y REPORTE: no aplica.

E) RESULTADOS: Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software MINITAB para los posteriores problemas a resolver.

6.- BIBLIOGRAFÍA:

Prob. 19 del I. cap. 5 del libro Análisis y Diseño de Experimentos, Gutiérrez Pulido, De la Vara Salazar y Ej. 5-3 del Cap. 5 del libro Design and Analysis of Experiments, Montgomery



Universidad Autónoma de Baja California
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS

NOMBRE DE LA MATERIA	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	CLAVE	9013
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DISEÑO FACTORIAL 2k	PRÁCTICA NÚMERO	7
PROGRAMA EDUCATIVO	INGENIERO INDUSTRIAL	PLAN DE ESTUDIO	2009-2
NOMBRE DEL PROFESOR/A	YURIDIA VEGA	NÚMERO DE EMPLEADO	
LABORATORIO	CÓMPUTO	FECHA	06/12/16

EQUIPO-HERRAMIENTA REQUERIDO	CANTIDAD
Computadora	1 por alumno

SOFTWARE REQUERIDO	
Herramientas de Excel	
Software MINITAB	
OBSERVACIONES-COMENTARIOS	
NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR	NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE PROGRAMA EDUCATIVO

1.- INTRODUCCIÓN:

Los factoriales 2^k completos son útiles principalmente cuando el número de factores a estudiar están entre dos y cinco ($2 \leq k \leq 5$), rango en el cual su tamaño se encuentra entre 4 y 32 tratamientos; esta cantidad es manejable en muchas situaciones experimentales.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Que el alumno desarrolle hojas electrónicas para el análisis de datos experimentales mediante el método ANOVA para un diseño factorial 2^k . Además de hacer uso del software Minitab para el análisis de datos experimentales mediante el método ANOVA para un diseño factorial 2^k .

3.- TEORÍA:

Los diseños factoriales 2^k son una clase especial de los diseños factoriales en los que se tienen k factores de interés a dos niveles cada uno. Son especialmente útiles en las etapas iniciales de la investigación para determinar, de un gran número de factores candidatos, cuales son los que realmente influyen sobre la variable respuesta. Se llaman diseños factoriales 2^k porque se quiere investigar la forma como influyen k factores sobre una variable respuesta y en cada factor se consideran dos niveles solamente. La réplica completa de un diseño de este tipo requiere $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ observaciones y recibe el nombre de diseño factorial 2^k . El diseño 2^k son muy útiles en las primeras etapas del trabajo experimental, cuando se investiguen muchos factores pero, probablemente todos ellos no influyen realmente sobre la variable respuesta. Este diseño proporciona el número más pequeño de corridas para estudiar simultáneamente k factores en un diseño factorial completo. Dado que sólo existen dos niveles para cada factor, es necesario suponer que la respuesta es aproximadamente lineal sobre el rango de los niveles seleccionados para el factor. Así, este tipo de diseño experimental es la forma más económica de estudiar el efecto combinado de k factores. Los niveles de cada factor pueden ser cualitativos o cuantitativos y se denotan como Alto y Bajo o más (+) y menos (-). A continuación se enumeran algunas de las razones por las cuales se estudian los diseños factoriales 2^k por separado:

4.- PROCEDIMIENTO: Aquí se evaluará y dará seguimiento en base a varios ejemplos que introducirán en el laboratorio al software para su aprendizaje.

Minitab (Metodología).

1) Introducir los datos en columnas.

C1	C2	C3	C4	C5
x1= Papel	x2= Humedad	x3=Dirección del rasguño	Réplica	Respuesta (Resistencia)
-	-	-	1	3.8
-	-	-	2	3.1
-	-	-	3	2.2
+	-	-	1	6.6
+	-	-	2	8.0
+	-	-	3	6.8

2) De la barra de herramientas, entrar a: Estadísticas > DOE > Factorial > Definir diseño factorial personalizado.

3) Seleccionar factores x1, x2, x3

4) Seleccionar Factorial de 2 factores

5) En Alto/Bajo, especificar cuándo es un valor alto y cuando es bajo, por ej.: Factor: A; Nombre = X1; Tipo= texto; Bajo = -; Alto = +.

6) Los datos de la hoja de trabajo son: descodificado.

7) Aceptar

8) Volver a Estadísticas > DOE > Factorial > y ahora seleccionar Analizar diseño factorial.

9) En respuestas: Seleccionar la columna donde están las respuestas.

10) En gráficas:

- Gráficas de efectos:
- Normal Residuos para las gráficas:
- Regular Gráficas de residuos:
- Cuatro en uno Presentación de resultados: Coeficientes y tabla de ANOVA
Presentación de tabla de alias: no mostrar Almacenamiento: Ajustes, Residuos, efectos, coeficientes, factorial
- Aceptar.

11) Volver a Estadísticas > DOE > Factorial > y ahora seleccionar Gráficas factoriales.

- ✓ Gráficas de efectos principales. Configuración: En respuestas, seleccionar la columna donde están las respuestas (C5); en variables a incluir en las gráficas: seleccionar los tres factores (X1, X2, X3)
- ✓ Gráficas de interacción. Configuración: En respuestas, seleccionar la columna donde están las respuestas (C5); en variables a incluir en las gráficas: seleccionar los tres factores (X1, X2, X3)
- ✓ Gráfica de cubo. Configuración: En respuestas, seleccionar la columna donde están las respuestas (C5); en variables a incluir en las gráficas: seleccionar los tres factores (X1, X2, X3)
- ✓ Tipo de medias a utilizar en gráficas: Medias de datos.
- ✓ Aceptar.

A) EQUIPO: el equipo a utilizar será una computadora de escritorio o personal.

B) MATERIAL: los materiales sería el programa MINITAB

C) DESARROLLO: se llevara a cabo en base a lo explicado en la parte TEORIA, Resuelva y concluya cada caso Practico

CASO 1. Un fabricante de bolsas de papel desea analizar la resistencia al rasgamiento (Y), para lo cual utiliza una escala numérica. Examina tres factores, cada uno en dos niveles, x_1 = papel, x_2 = humedad, x_3 = dirección del rasguño. Decide obtener tres observaciones (réplicas) en cada combinación, las mismas que se muestran en la siguiente tabla.

X_1	X_2	X_3	Resistencia		
-	-	-	3,8	3.1	2.2
+	-	-	6.6	8.0	6.8
-	+	-	3.4	1.7	3.8
+	+	-	6.8	8.2	6.0
-	-	+	2.3	3.1	0.7
+	-	+	4.7	3.5	4.4
-	+	+	2.1	1.1	3.6
+	+	+	4.2	4.7	2.9

- a) Haga el análisis de varianza para estos datos.
- b) Interprete los efectos significativos y encuentre el mejor tratamiento.
- c) Verifique los supuestos del modelo.

CASO 2. Un ingeniero industrial que trabaja en una embotelladora esta interesado en el efecto de dos tipos de botella (factor A) de 32 onzas sobre el tiempo de reparto de cajas de 12 botellas de este producto. Los dos tipos de botella son de plástico (nivel bajo) y de vidrio (nivel alto), y se utilizan dos repartidores (factor B) para realizar una tarea que consiste en mover 40 cajas del producto a una distancia

de 50 pies sobre un carrito repartidor, y acomodarlos. Se realiza un diseño factorial ; y los tiempos observados se muestran en la siguiente tabla:

Código	Factores		Réplicas			
	A	B	I	II	III	IV
	-	-	5.12	4.98	4.89	5
	+	-	6.65	5.49	6.24	5.55
	-	+	4.95	4.27	4.43	4.25
	+	+	5.28	4.75	4.91	4.71

- Obtenga el ANOVA e intérprete, use $\alpha=0.05$.
- Obtenga el coeficiente de determinación e intérprete.
- Realice los análisis Grafico correspondiente y establezca conclusiones.

CASO 3. Se utiliza una aleación de níquel y titanio en la fabricación de componentes para turbinas de aviones. La formación de grietas es un problema potencialmente grave en la parte final, ya que puede dar por resultado una falla irreversible. Se realiza una prueba en las instalaciones del fabricante de las partes a fin de determinar el efecto de tres factores sobre las grietas. Los tres factores son temperatura de vertido (A), contenido de Titanio (B) y método de tratamiento térmico. Se corren dos réplicas de un diseño y se mide la longitud de las grietas (en mm) inducidas en una probeta sometida a una prueba estándar. Los datos se muestran enseguida:

Código	Factores			Réplicas	
	A	B	C	I	II
	-	-	-	1.71	1.91
	+	-	-	1.42	1.48
	-	+	-	1.35	1.53
	+	+	-	1.67	1.55
	-	-	+	1.23	1.38
	+	-	+	1.25	1.26
	-	+	+	1.46	1.42
	+	+	+	1.29	1.27

- Obtenga el ANOVA e intérprete, use $\alpha=0.05$.
- Obtenga el coeficiente de determinación e intérprete.
- Realice los análisis Grafico correspondiente y establezca conclusiones.

D) CALCULOS Y REPORTE: no aplica.

E) RESULTADOS: Se espera que el alumno desarrolle la habilidad en el manejo y comprensión del software MINITAB para los posteriores problemas a resolver.

6.- BIBLIOGRAFÍA: Diseños Factoriales 2k . Prob. 10 del. cap. 6 del libro Análisis y Diseño de Experimentos, Gutiérrez Pulido, De la Vara Salazar.

