

03043



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONALES Y DE POSGRADO
DEL C.C.H.**

**INSTITUTO DE INVESTIGACION EN MATEMATICAS
APLICADAS Y SISTEMAS**

**"APLICACIONES DE LA ESTADISTICA A ALGUNOS
EXPERIMENTOS DE LA FISICA CLASICA"**

TESINA

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIZACION
EN ESTADISTICA APLICADA**

**PRESENTA:
FIS. JUAN BONILLA ESCARZAGA**

MEXICO, D.F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**" APLICACIONES DE LA ESTADÍSTICA
A ALGUNOS EXPERIMENTOS
DE LA FÍSICA CLÁSICA "**

PRESENTA: FIS. JUAN BONILLA ESCÁRZAGA

ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA.

DEDICADA A:

LA MEMORIA DE MI INOLVIDABLE PADRE

A MI MADRE

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A MIS HERMANAS Y HERMANOS

A MIS SOBRINOS.

INDICE

Exposición de motivos	5
1.- El pensamiento estadístico y la acción de medir	6
1.1.- Fuentes de información o Datos numéricos.	9
1.2.- Errores	13
1.3.- Errores de Medición	14
1.4.- Media pesada o ponderada	19
1.5.- Observaciones indirectas.	22
1.6.- Propagación de errores	24
1.7.- El caso de una medición	26
2.- Aplicaciones Experimentales.....	28
2.1.- Análisis Dimensional	30
2.2.- Regresión Lineal	31
2.3.- El Principio de los Cuadrados Mínimos	32
2.4.- Aceptación al término " experimento " en Física.....	34
2.5.- Casos prácticos	36
2.6.- El protocolo asociado a un experimento.....	39
2.7.- La ley de Ohm	48
2.8.- El Péndulo Simple	59
2.9.- El Circuito RC	77
3.- Conclusiones	89
4.-Bibliografía	90

Exposición de Motivos.

El proposito de ésta Tésina es que sirva de guía o referencia a los estudiantes de los laboratorios de Física para la realización de sus prácticas de laboratorio.

Los experimentos que aquí se describen se realizan cotidianamente en los laboratorios de enseñanza de la Física y aunque cada uno de ellos tiene sus objetivos específicos , el objetivo del laboratorio es que los estudiantes reafirmen los conocimientos de la clase de Teoría y desarrollen su habilidad manual en el uso y manejo de los instrumentos de medición . De este modo se pretende que el estudiante del laboratorio de Física conozca el uso de la metodología Estadística en los estudios experimentales. Principalmente en la Teoría del Error y su manejo así como en las Técnicas Estadísticas de Correlación y de Regresión.

1.0 EL PENSAMIENTO ESTADÍSTICO Y LA ACCIÓN DE MEDIR.

Tal vez la actividad más importante que se realiza en un laboratorio de Física sea - Medir - .Entendemos por medir el comparar lo que se va a medir con la unidad o patrón de medida , el cual por definición debiera de ser invariante (y accesible) ; ésta operación de medir algunas veces resulta muy difícil de realizar .

Las mediciones directas se realizan de tal manera que se compara directamente la propiedad a medir con la unidad de medida, por ejemplo las que se realizan con reglas balanzas y cronómetros.

Las mediciones indirectas se realizan de tal manera que lo que se miden son otras propiedades y de ahí se obtiene la medida de la propiedad (generalmente inaccesible) que se quería medir por ejemplo la masa de la Tierra o la carga eléctrica del electrón,

Toda medición tiene inherente una limitante por la naturaleza misma del hecho de medir , es decir , el instrumento de medición tiene un límite , un valor a partir del cual ya no discrimina o distingue entre un valor u otro proximo, un umbral, una resolución.

Además el objeto a medir esta cambiando , esta sometido a la influencia de acciones externas (campos magnéticos variables ,

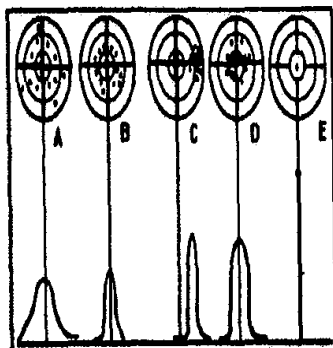
campos eléctricos variables , campos gravitacionales variables , inestabilidades térmicas , humedad variable , etc.) que pueden afectar la medición y cuyo control total no es posible. Además el observador el hombre mismo es finito y esto limita su aspiración de medir al objeto.

El aumentar la precisión (se define poco más adelante) de una medida puede implicar el uso de otro equipo , lo que conlleva a mayor gasto económico , tiempo y esfuerzo para tal vez solo agregar una décima a la medición obtenida con el equipo anterior y así sucesivamente . Es por esto que una actitud recomendable es decidir de antemano que voy a medir , con que precisión , a que costo y porque así. Y no entrar en una carrera de adquisiciones de equipo de laboratorio para despues darnos cuenta que la precisión a la que se queria llegar es inalcanzable con la tecnología actual , o rebasa con mucho el alcance del experimento mismo.

Es importante destacar que toda medición puede caracterizarse por conceptos como preciso, aproximado y exacto. Para ilustrar estos conceptos suponga cinco blancos de tiro (dianas) en donde se han registrado los impactos y se trata de medir la puntería de los tiradores (por puntería se va a entender cuantos puntos se lográn acumular en 20 tiros valiendo 50 puntos el centro, 20 puntos si cae en el primer circulo , 10 puntos si cae entre el primer y el segundo circulos , 5 puntos si el disparo cae entre el segundo y tercer circulo y 0 si pega fuera del tercer circulo

, los impactos en la circunferencia divisora se contabilizán hacia arriba).

cuadro de observaciones para los tiradores A,B,C,D,E.



De la figura anterior podemos decir que:

B es más preciso que A

C es más preciso que D

D es más aproximado que C

E es exacto.

Es importante decir que la Precisión está asociada con la dispersión (se puede medir por desviación estándar) ; la aproximación está relacionada con la centralización de los valores (se puede medir por la media).

1.1.- FUENTES DE INFORMACIÓN O DATOS NUMÉRICOS.

En el laboratorio se manejan cantidades físicas las cuales generalmente tienen su origen a través de cuatro vías que son: un conteo (c), una consulta (C), un cálculo (K) o una medición (M).

La primera vía que es el conteo tiene por resultado un número que es en general un número natural (entero positivo) y por lo mismo está libre de imprecisiones y en este sentido es exacto.

La segunda vía son los valores obtenidos a través de una consulta tienen por resultado un número real, sin embargo por su naturaleza éste número tiene asociado un error fijo, dado por la tabla que se está consultando la cual determina en función de su calidad el grado de aproximación que se está manejando y en ese sentido el error asociado a un proceso de consulta está fijo y si es el mejor valor del momento entonces se puede pensar que el valor es exacto.

Por ejemplo en el siguiente cuadro aparecen los valores de algunas constantes físicas, su valor para cálculos y su mejor valor experimental. Estos datos son el resumen de cientos de medidas físicas hechas en el curso de los años por físicos de todas partes del mundo.

Han sido sometidas a un análisis estadístico muy completo y con los errores aceptados que los acompañan, representan los mejores valores hasta la fecha.

TABLA DE LAS MÁS IMPORTANTES CONSTANTES FÍSICAS FUNDAMENTALES

Constante	Sim	Valor Cálculos	Valor	err.rel
Rapidez de la Luz Vacío	C	$3.00 \times 10^8 \text{m/s}$	2.99792458	0.004
Carga elemental	e	$1.60 \times 10^{-19} \text{C}$	1.6021892	2.9
Masa en reposo electrón	m_e	$9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$	9.109534	5.1
Cte. permitividad	ϵ_0	$8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$	8.854187818	0.008
Cte. permeabilidad	μ_0	$1.26 \times 10^{-6} \text{H/m}$	4π	exacto
Masa en reposo protón	m_p	$1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$	1.6726485	5.1
Masa en reposo neutrón	m_n	$1.68 \times 10^{-27} \text{kg}$	1.6749543	5.1
Masa en reposo muón	m_μ	$1.88 \times 10^{-28} \text{kg}$	1.883566	5.6
Constante de Planck	h	$6.63 \times 10^{-34} \text{J s}$	6.626176	5.4
Longitud onda Compton e	λ_c	$2.43 \times 10^{-12} \text{m}$	2.4263089	1.6
Cte. molar de los gases	R	8.31 J/mol	8.31441	31
Constante de Avogadro	N_A	$6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$	6.022045	5.1
Constante de Boltzmann	k	$1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$	1.380662	32
Volumen molar de un gas ideal a CNPT	V_m	$2.24 \times 10^{-2} \text{m}^3 / \text{mol}$	2.241383	31
Constante de Faraday	F	$9.65 \times 10^4 \text{C/mol}$	9.648456	2.8
Cte. Stefan-Boltzmann	σ	$5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \text{K}^4$	5.67032	125
Constante de Rydberg	R	$1.10 \times 10^7 / \text{m}$	1.097373177	0.075
Constante Gravitación	G	$6.67 \times 10^{-11} \text{m}^3 / \text{sk}$	6.6720	615
Radio de Bohr	a_0	$5.29 \times 10^{-11} \text{m}$	5.2917706	0.82
Momento Magnético del electrón	μ_e	$9.28 \times 10^{-24} \text{J/T}$	9.284832	3.9
Momento Magnético del protón	μ_p	$1.41 \times 10^{-26} \text{J/T}$	1.4106171	3.9
Magnetón de Bohr	μ_B	$9.27 \times 10^{-24} \text{J/T}$	9.274078	3.9
Magnetón nuclear	μ_N	$5.05 \times 10^{-27} \text{J/T}$	5.050824	3.9

LOS VALORES SE SELECCIONARÓN DE UNA TABLA MAYOR ELABORADA POR E. RICHARD COHEN Y B. N TAYLOR JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL DATA VOL.2 Núm 4 (1986)

LA COLUMNA DE VAL EXP. TIENE LAS MISMAS UNIDADES Y POTENCIAS DE 10 QUE LA COLUMNA DE VALOR PARA CÁLCULO. LA COLUMNA DE ERR. REL ESTÁ DADA EN PARTES POR MILLÓN SIN UNIDADES.

La tercera vía de procedencia de los datos numéricos es a través de cálculos (K) en este caso los errores más importantes son los de la manipulación de los NÚMEROS involucrados en el proceso numérico, la mayoría de las veces mecanizado o mejor dicho computarizado . En éste caso la computadora por el tamaño de palabra que maneja , el proceso de cálculo etc. introduce errores de truncamiento y/o redondeo ,etc. que se pueden traducir en el llamado error numérico propagado y cuyo estudio análisis y tratamiento está dado por el llamado Análisis Numérico o los llamados Métodos Numéricos (Allen Smith, Análisis Numérico) estos errores se mencionan porque como ya se dijo de no manejarse adecuadamente pueden invalidar el resultado del experimento mismo con la pérdida muchas veces grave que esto implica.

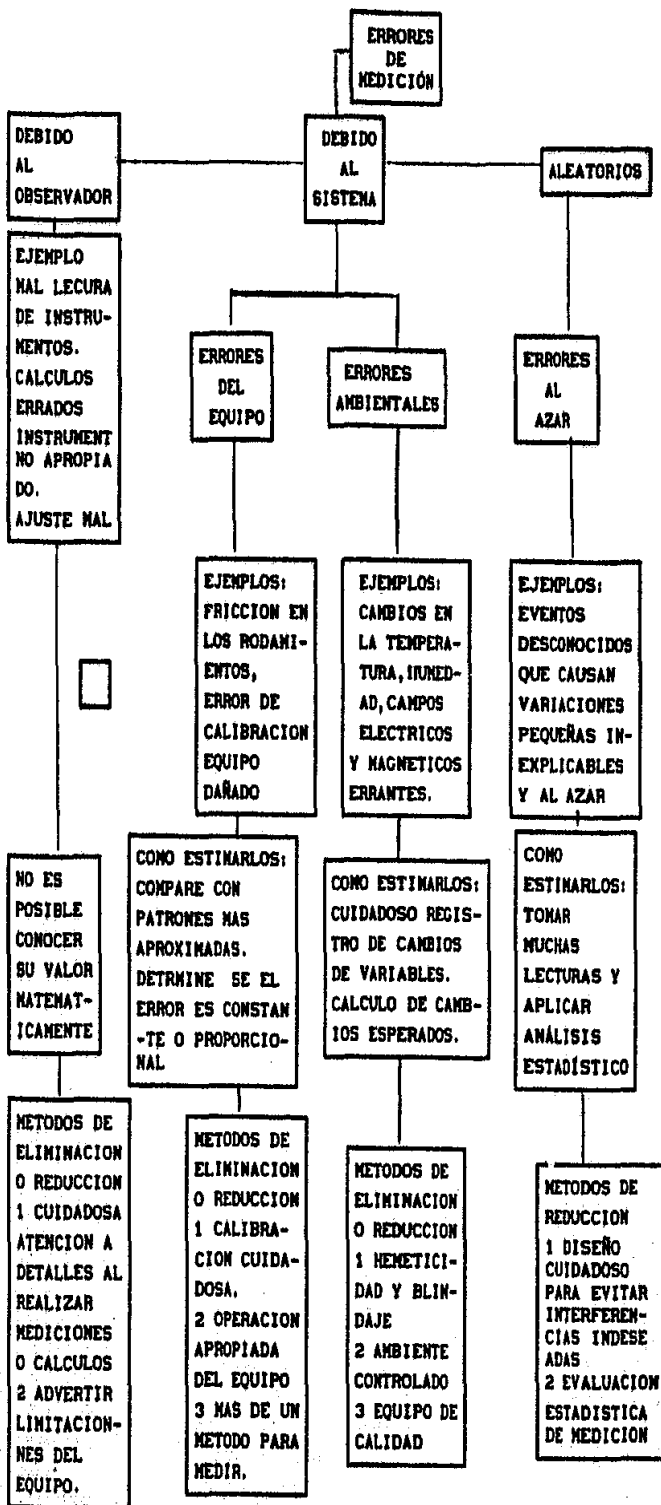
Valga la pena hacer notar que el estudio de las cifras significativas en éste caso como en las vías anteriores juega un papel determinante en la obtención de resultados congruentes con los elementos , la información y el alcance del experimento mismo.(ver experimentos)

La cuarta vía de obtención de datos experimentales es a través de del proceso de Medición M.

Sea M el operador de medición , éste operador aplicado al sistema S da por resultado un número real m que es la medida de la propiedad del Sistema que nos interesa medir. $M S = m$
m como toda medida está acompañada de e que es el error aleatorio de tal manera que $M S = m + e$.

El error aleatorio de medición es deseable que sea lo más pequeño posible pero no puede ser cero el límite de su valor se comenta en éste trabajo , el manejo de éste error nos lleva entre otros al concepto de error relativo que permite darle validez al experimento en el sentido de que compara los errores inherentes a las mediciones con las mediciones obtenidas , permitiendo evaluar los resultados del experimento en cuanto a las mediciones, por la manera como hace la comparación permite distinguir la componente aleatoria del resultado.

A continuación se presenta una tabla de los tipos de errores ejemplos y su tratamiento. Ésta se utilizara en el protocolo de experimetación en el punto de análisis previo así como en el punto de fuentes de error y permitira realizar en base al error total la evaluación integral del experimento , " Los errores experimentales son acumulativos " es decir, sin ser pesimista : No es posible reducir un error con otro error . Cualquier parecido con la vida no es mera coincidencia.



En la Física Moderna la Estadística juega un papel fundamental a tal grado que toda la Mecánica Cuántica está elaborada en términos Probabilísticos y Estadísticos.

En la Física Clásica las consideraciones estadísticas también juegan un papel muy importante entre otras, en relación con las mediciones físicas, ya que éstas mediciones incluyen siempre un error, es decir una falta de exactitud provocada por pequeñas perturbaciones aleatorias que no se pueden eliminar por completo.

Por ésta razón es importante desarrollar una teoría que trate éste problema, es decir una teoría de errores de medición que contenga métodos para obtener buenas aproximaciones a cantidades físicas no conocidas (fuerzas, presiones, densidades etc.) a partir de cantidades medidas y así como información acerca del grado de aproximación de la medición.

Tipos de errores de medición.

Se sabe que la suma de los cuadrados de los catetos es igual al cuadrado de la hipotenusa (teorema de Pitágoras); Sin embargo dado un triángulo rectángulo, si medimos catetos e hipotenusa, elevamos al cuadrado, realizamos la suma correspondiente y comparamos, se observa que los resultados obtenidos en general son un poco diferentes (no exactamente iguales), esto es debido a la acción de medir, si repetimos las mediciones los resultados que se obtengan también serán poco diferentes, pero diferentes, esto es debido al error de medición o error de observación el cual se debe a la naturaleza de las mediciones (diferentes

personas producen diferentes errores) , los instrumentos usados para efectuar la medición así como al sistema medido ya que éste se ve afectado por pequeñas perturbaciones no predecibles.

Es importante aclarar que el error de medición se puede reducir de tamaño pero no anular por completo.

Existen varios tipos de errores de medición (ver cuadro anterior) los cuales se explican a continuación.

Si usamos un aparato de medición por ejemplo un voltímetro que está mal calibrado entonces todas las mediciones que se hagan con él serán afectadas de la misma manera , éste es un error constante o sistemático. Estos errores aunque importantes , no son de interés para éste trabajo porque no tienen nada que ver con consideraciones estadísticas . Existen casos históricos importantes con éste tipo de error, por mencionar alguno el cometido por R. A. Millikan en la determinación de la carga eléctrica del electrón , Millikan manejo un valor sobreestimado para la viscosidad del aire durante todo el experimento lo que introdujo un error considerable en la medición de la carga, la cual a su vez afectó (propagación) la determinación de otras constantes fundamentales como la velocidad de luz y la constante de Planck.

Trataremos con los errores aleatorios de medición los cuales son provocados por un gran número de pequeñas perturbaciones que afectan la medición y cuyo efecto no se puede predecir . Por lo tanto estos errores no se pueden ni eliminar ni evitar. Sin embargo su efecto sí puede entenderse mediante una Teoría de

Errores ésta fue desarrollada por primera vez por Gauss y Laplace. Se supone que la teoría conduce a métodos que sirven para obtener "buenas" aproximaciones del valor físico desconocido , a partir de las mediciones realizadas así como información relativa a la exactitud de éstas aproximaciones .

La información mencionada no se puede obtener a partir de una sola medición . Por ésta razón se mide varias veces la misma cantidad física , digamos n veces . El resultado es una muestra de tamaño n de valores $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. En muchos casos , pero no siempre , podría parecer que la muestra procede de una población con distribución normal . Esto es muy sorprendente ya que las mediciones físicas pueden ser de naturaleza muy diferente.

Debemos investigar por qué en muchos casos los errores aleatorios corresponden a variables aleatorias normales o aproximadamente normales. Puede ser convincente imaginar que un error estadístico es resultado de la superposición de un gran número de perturbaciones muy pequeñas (errores elementales) . Si consideramos que las variaciones aleatorias correspondientes a los errores elementales son independientes , su suma que corresponde al error estadístico es aproximadamente normal . Éste efecto es una consecuencia del Teorema del Límite Central que obtuvo Gauss por primera vez y fue por ésta situación que introdujo la distribución normal.

En muchos experimentos físicos puede ser imposible enumerar todos los errores elementales que afectan a cierto tipo de medición . Como ejemplo de estos errores se pueden mencionar : los pequeños cambios de temperatura, presión, humedad, tensión, pequeños movimientos del aire, partículas de polvo, pequeños efectos de luz, vibraciones mecánicas, campos eléctricos, campos magnéticos, y otros muchos factores que varían de una medición a otra.

Una medición se puede caracterizar por los siguientes números: uno un NÚMERO que mida alrededor de donde distribuyen las observaciones llamado medida de centralización y otro NÚMERO que mida la dispersión de las observaciones .

Supóngase que hacemos n observaciones de una cierta cantidad física por ejemplo el diametro de un balón .

(En éste caso se utilizo un balón de acero que se calentó y enfrió bruscamente alterando la calidad de fabricación por lo que la medición del diametro con un tornillo micrométrico permite detectar las diferencias de diametro provocadas por el cambio de temperatura).

y se obtienen las siguientes mediciones:

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

Entonces podemos calcular la media de la muestra (medida de centralización)

$$\bar{x} = (1/n) (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)$$

la cual si la muestra fue aleatoria es decir con todos los pares de polos del balón con la misma probabilidad de ser muestrados y

ésta probabilidad permanece constante a lo largo de todo el proceso de medición y si además n es grande (en principio mayor de 30) entonces la media la podemos considerar como un valor aproximado de la cantidad (desconocida) μ que queremos medir.

Dos otro NÚMERO la desviación estandar de la muestra (medida de dispersion) es:

$$s = \{[(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2] / (n-1)\}^{1/2}$$

Esta cantidad se puede concider como una estimación de la desviación estandar σ de la población de donde se tomo la muestra bajo los mismos supuestos de muestreo anteriores y por lo tanto , como una medida de la aproximación de la medición . En la teoría de errores de medición , s se llama error el error medio cuadratico o el error medio.

Una propiedad de la distribución normal (que es nuestro supuesto) es que 2/3 de los valores de la muestra caerán dentro del intervalo $\bar{x} - s$ y $\bar{x} + s$. Otra propiedad de la distribución normal es que alrededor del 50% de los valores de la muestra estadística caen entre $\bar{x} - 0.67s$ y $\bar{x} + 0.67s$.

A $0.67s$ se le llama error probable se menciona aunque su uso ya se ha abandonado por lo que actualmente se trabaja con error estandar y no con error probable.

Más aun si la distribución del error estadístico se conoce entonces podemos determinar intervalos de confianza para $\bar{x}$ y s .

Con frecuencia sucede que en una muestra $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ciertos valores son más confiables que otros en el sentido de que su técnica de adquisición o el método o la instrumentación usada o por ciertas causas los hacen más confiables, luego entonces ¿como manejarlos con respecto a otros datos que se obtuvieron con otros procedimientos más sencillos, más económicos o más baratos? (es obvio que me estoy refiriendo al mismo experimento y a la misma variable). Para fijar las ideas consideremos el siguiente caso. Supongamos que deseamos medir el "periodo" de un péndulo y con éste propósito medimos los tiempos t_1, t_2, t_3, t_4 de los pasos subsecuentes en la misma dirección del péndulo a través de su posición de equilibrio estático y luego calculamos los valores aproximados.

$$x_1 = (t_4 - t_1)/3 \qquad x_2 = (t_3 - t_2)$$

Para el periodo. Es obvio que estos dos valores son independientes (ya que t_1, t_2, t_3, t_4 lo son).

Supóngase que de la naturaleza de los experimentos podemos concluir que a las dos diferencias de tiempo le corresponden dos variables aleatorias con la misma varianza σ^2 desconocida, luego entonces se deduce que x_1 y x_2 son dos variables independientes con varianzas $\sigma_1^2 = \sigma^2/9$ y $\sigma_2^2 = \sigma^2$. Por lo tanto la aproximación de las dos mediciones es diferente y x_1 debere tener mayor peso que x_2 cuando formemos la media es decir que en lugar de la media usual $\bar{x} = (x_1 + x_2)/2$

usaremos una expresión de la forma $\bar{x}^* = g_1 x_1 + g_2 x_2$ tal que $g_1 + g_2 = 1$

donde g_1 y g_2 que se van a determinar de tal manera que la variable aleatoria $\bar{x}^*$ tenga la desviación estandar más pequeña posible . Esto significa que $\bar{x}^*$ debe tener un error medio cuadratico mínimo, bajo el supuesto de normalidad y la condición sobre la varianza de la suma se tiene que $\sigma^{*2}=g_1^2 \sigma_1^2+g_2^2\sigma_2^2$ como además se tiene que $g_1+g_2=1$ derivando con respecto a g_1 e igualando a cero para mınimizar , resolviendo la ecuación se llega a la condición de que $g_1\sigma_1^2=g_2\sigma_2^2$ es decir que σ^* es mínima sí y solo sí escogemos los números g_1 y g_2 proporcionales a los reciprocos de sus las varianzas de las variables x_1 y x_2 respectivamente .

Puesto que $\sigma_1^2 = \sigma^2/9$ y $\sigma_2^2 = \sigma^2$. y además $g_1 + g_2 = 1$ se obtienen los valores de $g_1 = 0.9$ y $g_2 = 0.1$ por lo que el resultado sería:

$$\bar{x}^*= 0.9 x_1 + 0.1 x_2 .$$

A ésta expresión se le llama *media pesada o ponderada* de x_1 y x_2 y a los números 0.9 y 0.1 se les llaman *factores de peso o ponderaciones* .

El problema anterior se presenta con mucha frecuencia en situaciones experimentales por lo que el siguiente teorema es importante.

Sea una muestra $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. de las correspondientes variables aleatorias $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$. las cuales tiene varianzas $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_n$. respectivamente .

Entonces suponiendo que no todas las varianzas son iguales , se

tienen mediciones de grados de aproximación variable . Bajo ésta suposición el error medio cuadrático de la expresión $\bar{x}^* = g_1x_1 + g_2x_2 + \dots + g_nx_n$ con la condición $g_1 + g_2 + \dots + g_n = 1$ es mínimo si y solo si escogemos los números $g_1, g_2, \dots, g_n$ proporcionales a los recíprocos de sus varianzas respectivas es decir a $1/\sigma_1^2, 1/\sigma_2^2, 1/\sigma_3^2, \dots, 1/\sigma_n^2$ respectivamente, estos números se llaman pesos o ponderaciones y a la media así calculada se le llama media pesada o ponderada correspondiente a los n valores de la muestra $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. La variable aleatoria $\bar{x}^*$ para la cual $\bar{x}^*$ es un valor que se observa se llama estimador lineal óptimo o estimador lineal de varianza mínima.

Como es fácil observar que si las varianzas son iguales entonces, será igual a la media aritmética usual de la muestra.

Observese que para estimar los pesos no es necesario conocer las varianzas σ_i^2 , es suficiente con conocer las razones entre cualquiera dos de ellas . Si hacemos $\sigma_1^2 = \sigma^2/c_1$ entonces σ^2 puede ser una constante desconocida mientras que $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ deberán ser conocidas .

Desde el punto de vista del Cálculo , es ventajoso quitar la condición sobre la suma de las g s y entonces se obtiene:

$$\bar{x}^* = (g_1x_1 + g_2x_2 + \dots + g_nx_n) / (g_1 + g_2 + \dots + g_n)$$

1.5

OBSERVACIONES INDIRECTAS.

(omitase en una primera lectura)

Para determinar (medir) el área de un triángulo podemos medir sus lados luego calcular el área. Al resultado del cálculo se llama Observación o Medición Indirecta (del área) debido a que no medimos el área directamente sino que nos valemos de un cálculo con otras cantidades que ya antes medimos directamente (en éste caso la longitud de los lados del triángulo) . En contraste si medimos una cantidad física directamente se llama Observación o Medición Directa de ésta cantidad.

En relación con las observaciones indirectas , es importante saber de que manera afectan el error de medición directa al resultado del cálculo final.

Supongase que se miden directamente dos cantidades independientes X y Y y que luego se calcula la cantidad $Z=h(X,Y)$. En ésta expresión h es una función de X y Y . Suponemos que X se midió n veces y Y se midió m veces. Entonces tenemos :

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n. \quad y_1, y_2, y_3, \dots, y_m.$$

los valores medios respectivos son:

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n \quad \bar{y} = (y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_m) / m$$

A X le corresponde el error medio cuadrático que representamos por s_x . Si ahora usamos la notación $x_i = \bar{x} + u_i$ luego entonces:

$$s_x = [(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2) / (n-1)]^{1/2}$$

de igual modo podemos hacer: $y_j = \bar{y} + v_j$ luego entonces:

$$s_y = [(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_m^2) / (m-1)]^{1/2}$$

si tomamos cualquier valor medido de X x_i y cualquier valor medido

de x_i y y_j entonces $z_{ij} = h(x_i, y_j)$ (de la serie de Taylor) se puede escribir como:

$$z_{ij} = h(\bar{x} + u_i, \bar{y} + v_j) = h(\bar{x}, \bar{y}) + u_i \partial h / \partial x + v_j \partial h / \partial y + \dots \quad (*)$$

Los puntos suspensivos representan los términos que contienen potencias superiores de u_i y v_j , podemos suponer que los valores absolutos de dichas funciones son pequeños lo que permite despreciar los términos de potencias superiores. Si sumamos sobre las i de 1 a n y sobre las j de 1 a m obtenemos en la derecha que: $\sum u_i = 0$ y $\sum v_j = 0$

y el término que queda es $nmh(\bar{x}, \bar{y})$. En la izquierda hay una doble suma sobre todas las z_{ij} y en la derecha se obtiene $h(\bar{x}, \bar{y})$.

$$\text{por lo que: } \bar{z} = [(1/nm) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z_{ij}] = h(\bar{x}, \bar{y})$$

ahora representamos el error medio cuadrático correspondiente

$$\text{como: } s_z = \{ [1/(nm-1)] [\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (z_{ij} - \bar{z})^2] \}^{1/2}$$

ahora en términos de s_x y s_y usando la ecuación (*)

$$z_{ij} - \bar{z} = u_i \partial h / \partial x + v_j \partial h / \partial y$$

si elevando al cuadrado y sumando respecto a i y j se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_i^2 (\partial h / \partial x)^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m v_j^2 (\partial h / \partial y)^2 =$$

$$(\partial h / \partial x)^2 \sum_{i=1}^n u_i^2 + (\partial h / \partial y)^2 n \sum_{j=1}^m v_j^2$$

$$\text{como: } \sum_{i=1}^n u_i^2 = (n-1)s_x^2 \quad \text{y} \quad \sum_{j=1}^m v_j^2 = (m-1)s_y^2 \quad \text{entonces}$$

$$s = \{ [1/(nm-1)] [(n-1)m(\partial h / \partial x)^2 s_x^2 + (m-1)n(\partial h / \partial y)^2 s_y^2] \}^{1/2}$$

si n y m son grandes, entonces:

$$s = [(\partial h / \partial x)^2 s_x^2 + (\partial h / \partial y)^2 s_y^2]^{1/2}$$

nota: Las derivadas parciales hay que evaluarlas en $(\bar{x}, \bar{y})$.

Como se planteo en el capitulo anterior , si existe una relación funcional entre dos variables x y $y = f(x)$; le llamamos error absoluto a : $\|x_1 - \bar{x}\| = \Delta x$ y error relativo de x_1 a $\Delta x/x_1$ el cual se suele representar porcentualmente .

Es fácil darse cuenta que el error relativo es más significativo que el error absoluto (un error de 1mt en 20mt no es lo mismo que un error de 1mt en 150 000 000mt (distancia Tierra - Sol))

Aunque ambos errores absolutos son iguales (1mt) .

Si se mide la arista de un cubo con una regla graduada hasta el milímetro mm y se obtiene como resultado 10.0 cm la medición solo es segura hasta el milímetro por lo que $\Delta x = 1\text{mm}$

Es decir que la medición es de $x = 10.0 \pm 0.1$ cm de la forma

$x = x_0 \pm \Delta x$ la cual tambien se puede expresar en forma de intervalo como $x_0 - \Delta x < x < x_0 + \Delta x$ es decir que por la razón que sea tenemos bases para afirmar que la medición está dentro de el intervalo antes mencionado.

Con las concideraciones anteriores calculemos ahora como se afecta la "medición" del área y el volumen del cubo.

El área del cubo está dada por $A = 6x^2$ y el volumen por $V = x^3$ diferenciando ambas expresiones se obtiene que:

$da = 12 x dx$ y $dV = 3x^2 dx$ a nivel finito ambas diferenciales calculadas en x_0 quedan como $\Delta A = 12x_0 \Delta x$ y $\Delta V = 3x_0^2 \Delta x$ note que el error tanto en el área como en el volumen estan expresados en función del valor medido x_0 como de su error Δx . y éste se ha propagado a través de la función.

Luego entonces el área "medida" calculada sería $A = A_0 \pm \Delta A$.que con las mediciones y errores asociados numéricamente resulta:

$$\Delta x = 0.1 \text{ mm} \quad (\Delta x/x) \times 100\% = 1\%$$

$$\Delta A = 120 \text{ mm}^2 \quad (\Delta A/A) \times 100\% = 2\%$$

$$\Delta V = 3000 \text{ mm}^3 \quad (\Delta V/V) \times 100\% = 3\%$$

Los resultados obtenidos se deben a la relación funcional entre las variable que es la que gobierna la propagación del error . Nótese que si el error relativo en la medición de x es $(\Delta x/x_0)$ entonces los errores relativos del área y el volumen son:

$$(\Delta A/A_0) = (12x_0 \Delta x) / (6x_0^2) = 2(\Delta x/x_0)$$

$$(\Delta V/V_0) = (3x_0^2 \Delta x) / (x_0^3) = 3(\Delta x/x_0)$$

Lo que da una clara idea de como se propaga el error relativo de x $(\Delta x/x)$.

La propagación de los errores depende de la relación funcional y a continuación se dan algunos ejemplos.

TABLA DE ERRORES

$$\Delta(f \pm g) = \Delta f + \Delta g$$

$$\Delta(f g) = f \Delta g + g \Delta f$$

$$\Delta(f/g) = (g \Delta f + f \Delta g) / (g^2)$$

$$\Delta x^n = n x^{n-1} \Delta x$$

$$\Delta \sin x = \cos x \Delta x$$

$$\Delta \cos x = -\sin x \Delta x$$

$$\Delta \tan x = \sec^2 x \Delta x$$

$$\Delta e^x = e^x \Delta x$$

$$\Delta \ln x = x^{-1} \Delta x$$

(no estadístico)

En el caso de que por razones prácticas ,de costo ,tiempo,etc. solo se tenga una observación del fenómeno (medición), entonces la fuente de error es imputable al instrumento de medición de tal manera que el error más probable (leese media) es la fracción de la división más pequeña de la escala en donde se hizo la medición.

En los instrumentos analógicos donde el valor lo indica una aguja ; un buen criterio de medición es: el tomar la mitad del valor de la división más pequeña de la escala en la posición de la aguja en donde se está haciendo la lectura; sin embargo al respecto hay algunas discusiones , siendo mi recomendación el llevar la lectura al valor donde se tenga la certeza y despues sumar tal vez un tercio del valor de la escala más fina en la región de la escala donde se hizo la lectura (nota algunas escalas no son lineales) , si el valor a su criterio resulta muy grande y la aguja no se mueve entonces tome solo la cuarta parte de la división. Lo anterior es aplicable a escalas lineal, de no ser lineal es necesario el criterio personal con las concideraciones del tipo de escala.

Si el instrumento de medición es de tipo digital en donde el valor de la lectura lo dan los dígitos que aparecen generalmente en una pantalla de cristal líquido entonces, la lectura hay que hacerla al dígito que no cambia y tomamos como error en la lectura la media de los dígitos que se alcanzan a leer en el

dígito cambiante. (en instrumentos digitales muy finos existe el dispositivo electrónico que "congela" la lectura HOLD) en éste caso el error es de redondeo.

Los errores anteriores se manipulan y manejan de la misma manera y con el mismo tratamiento e interpretación que se dio a la desviación estándar para el caso de n mediciones (estadístico).

Si entendemos el experimento como la observación sistemática de un fenómeno más o menos controlado con el propósito de obtener de ésta observación una conclusión o modelo del fenómeno. Entonces un primer paso es hacer una selección primaria de variables por ejemplo en el caso de un péndulo descartar el color del peso suspendido, el día de la semana en que se realiza el experimento, el signo astrológico del experimentador etc. pero entonces con que quedarse, ¿se podrá descartar la presión atmosférica, o la temperatura ambiente, o las coordenadas geográficas del laboratorio o la hora del día en que se hace el experimento? (Foucault no lo hizo respecto a la hora del día).

Una manera de hacer la selección de variables para la realización del experimento está en el experimento mismo es decir que preguntas pretendo contestar con el experimento, en el caso del péndulo una pregunta podría ser ¿afecta la amplitud de la oscilación el periodo del péndulo, o y la masa?. La pregunta anterior requiere una revisión y no es conveniente manejar éste tipo de preguntas compuestas, notese el y o ¿es un efecto conjunto o es exclusiva? las preguntas deberán de ser simples lo que no deja fuera la audacia. Una pregunta podría ser ¿afecta la amplitud de la oscilación del péndulo al periodo? (tiempo que tarda en realizar un ciclo)

Y son éste tipo de preguntas las que dan origen a un experimento , lo que sigue a continuación es medir un periodo para un pendulo dado y variar solo la amplitud y observar si se afecta el periodo supongamos que no se afecta luego entonces podemos concluir que el periodo no depende de la amplitud angular dentro de los margenes observados) segun las mediciones (observaciones) realizadas con el margen de error obtenido en el laboratorio, sin embargo hay que tener mucho cuidado en las conclusiones si el error es muy grande entonces puede suceder que invalide las conclusiones y por lo mismo, al mismo experimento. y por eso la importancia del manejo de los errores.

Realizamos el experimento y variamos una variable y vemos si afecta a la variable de estudio y así para todas las posibles variables involucradas (el límite es la imaginación)

Supongamos que solo tenemos tres variables a relacionar es decir hemos hecho el experimento y resulta que el periodo se ha afectado al variar la longitud y tambien se ha afectado al variar la gravedad g del lugar donde hacemos el experimento (lo que realmente se varia es el lugar) y a continuación seria interesante saber como estan relacionadas entre si éstas tres variables funcionalmente , un primer intento es el análisis gráfico , pero otro más fuerte es el análisis dimensional que se detalla a continuación.

2.1

ANÁLISIS DIMENSIONAL

Suponga que las variables a relacionar son A B C , entonces proponemos una relación del tipo $A=B^x C^y$, a continuación se sustituyen las variables A,B y C en la relación propuesta por sus dimensiones físicas (ver cuadro siguiente), a continuación se aplican las leyes de los exponentes ; se igualan los exponentes miembro a miembro y dimensión a dimensión; con lo que se obtiene un sistema de ecuaciones en x y y cuya solución, si existe nos da la relación funcional buscada. Nota: el Análisis Dimensional no permite obtener constantes numerica (adimensionales).

El análisis dimensional descrito anteriormente es aplicable a cada factor independiente que afecte la respuesta, para despues por el principio de superposición contruir una relación funcional compuesta. (generalmente por la suma)

CUADRO BASICO DE SUJETOS FISICOS

SIMBOLOS FÓRMULAS DIMENSIONES Y UNIDADES

VAR. FÍSICA	S	FÓRMULA	DIMENSION	UNIDAD MKS	UNIDAD CGS
longitud	x		L	mt	cm
masa	m		M	kg	gm
tiempo	t		T	seg	seg
área	A	$A=x^2$	L^2	mt^2	cm^2
volumen	V	$V=x^3$	L^3	mt^3	cm^3
densidad	ρ	$\rho=m/V$	ML^{-3}	Kg/mt^3	gm/cm^3
velocidad	v	$v=d/t$	LT^{-1}	mt/seg	cm/seg
aceleración	a	$a=v/t$	LT^{-2}	mt/seg^2	cm/seg^2
fuerza	F	$F=ma$	MLT^{-2}	$Kgmt/seg^2=Nw$	$gmcm/seg^2=Di$
presión	P	$P=F/A$	$ML^{-1}T^{-2}$	Nw/mt^2	Di/cm^2
momentum	p	$p=mv$	$ML^{-1}T^{-1}$	$Kgmt/seg$	$gmcm/seg$
trabajo	W	$W=Fd$	ML^2T^{-2}	$Kgmt^2/seg^2=Joule$	$gmcm^2/seg^2=Erg$
energía	E	$E=mgh$	ML^2T^{-2}	Joule	Erg
potencia	P	$P=W/t$	ML^2T^{-3}	$Kgmt^2/seg^3=Watt$	$gmcm^2/seg^3$

2.2

REGRESIÓN LINEAL

Una vez realizado el análisis gráfico para un par de variables por ejemplo x y y , y o dimensional se realizan los cambios de variable adecuados para que la relación funcional entre las variables sea lineal, de la forma $y = a + bx$ (análisis gráfico) un indicador de la relación lineal entre las variables ajustadas es el llamado coeficiente de correlación r el cual toma valores entre -1 y 1 y se calcula como: $r = (\sum xy) / (\sum x^2 \sum y^2)^{1/2}$.

Si r vale 1 o -1 las parejas de valores xy se ajustan perfectamente a una recta, y este ajuste perfecto va disminuyendo a medida que r se acerca por cualquiera de los extremos a cero,

r es la medida del grado de relación lineal entre dos variables y tiene una interpretación matemática pura, completamente desprovista de una implicación de causa y efecto. Sin embargo cuando existe un modelo matemático lineal lo puede apoyar.

Suponga que el análisis gráfico nos sugiere una relación lineal entre las variables y aquí se podrían estimar a ojo la mejor recta experimental (la mejor recta ¿sera la que pase por más puntos, si esto es posible o la que deje el mismo número de puntos arriba que abajo, etc?) como se ve éste método es subjetivo y cada experimentador traza rectas diferentes para un diagrama de dispersión dado, estimar una recta es dar el valor de la ordenada al origen a y de la pendiente b y de ser posible un intervalo de validez de estos parámetros.

2.3 EL PRINCIPIO DE LOS CUADRADOS MÍNIMOS

Con las consideraciones anteriores del conjunto de observaciones y la intención de un modelo lineal de la forma $y = a + bx$ se construye una función $s(a,b) = \sum (y_i - y)^2$ donde y_i es el valor observado de la variable dependiente y y el valor bajo el modelo , a continuación se va a minimizar s (notese que s es una suma de cuadrados y de ahí el nombre) para lo cual se deriva parcialmente con respecto a a y con respecto a b , y se iguala a cero con lo que se obtiene un sistema de ecuaciones cuya solución es: $a = [\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i] / [n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]$ respecto a la ordenada y $b = [n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i] / [n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]$ respecto a la pendiente. en relación a la desviación estandar ésta se da en términos de S_y la que se define como $S_y = [(n-2) \sum (y_i - y)^2]^{1/2}$ quedando como $S_a = S_y [(\sum x_i^2) / (n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)]^{1/2}$ para la ordenada , y $S_b = S_y [n / (n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)]^{1/2}$ para la pendiente

Los procedimientos matemáticos para el ajuste de cuadrados mínimos son imparciales al emplear las fórmulas anteriores para ajuste lineal éstas haran pasar una recta por cualquier conjunto de puntos dados haciendo caso omiso de si una función rectilínea es la adecuada , por lo anterior es preciso poner atención para evitar el uso irreflexivo de los métodos de cuadrados mínimos .

Esta advertencia es tanto más importante en una epoca en la que todos podemos cargar en el bolsillo maquinitas que nos pueden dar, tocando apenas unas cuantas teclas los parámetros de cuadrados mínimos . Conviene recordar que si estamos comparando

líneas rectas con nuestro conjunto de observaciones es por que nosotros mismos resolvimos que era sensato hacerlo . No debemos por tanto conciderar siquiera el uso de un procedimiento de cuadrados mínimos , en tanto no hayamos representado las observaciones en una grafica y estemos satisfechos por la inspección visual y nuestro juicio personal de que el ajuste de una recta es el adecuado. Ademas quiza sea necesario decidir si alguna de las observaciones quedan fuera del alcance del modelo y que no son apropiadas para incluirlas en la elección de la mejor recta. Solo una vez que hayamos conciderado cuidadosamente la situación en la grafica y que nos hayamos asegurado que el ajuste de una recta es el adecuado en parte o todo el alcance de las observaciones hasta entonces podremos aplicar el procedimiento .

No hacer caso de ésta advertencia puede dar lugar a errores graves en la interpretación del experimento.

2.4 LA ACEPCIÓN EN FÍSICA AL TÉRMINO EXPERIMENTO

Los experimentos que a continuación se describen hay que entenderlos bajo la acepción que a la palabra Experimento se da en Física y no como se entiende en Estadística donde Experimento implica el manejo de una o más variables aleatorias (RESPUESTA) las cuales se someten a la acción de una o más variables (FACTORES) que se "espera" afecten a la respuesta que se considera INDETERMINISTA.

Los experimentos en Física la respuesta es bien conocida y casi nunca hay sorpresas es decir , en Física el experimento es un problema DETERMINISTA, en el sentido de que atras de cada experimento hay toda una Teoría que permite predecir los resultados SIN HACER EL EXPERIMENTO (Nada más cercano al pensamiento Griego Clásico - No observación, Sí Pensamiento -).

Sin embargo a partir de las observaciones del fenómeno y las Técnicas Estadísticas se puede llegar a resultados completamente equivalentes , lo cual pone de manifiesto el poder de la Estadística como un método de conocimiento a partir de la observación de los fenómenos. Parafraseando a Arquimides quien por cierto fue uno de los pocos Griegos Clásicos que se salio de la línea y sí hizo experimentos algunos geniales

" Dadme una muestra estadística y entendere al Mundo ".

Hay algunas áreas del conocimiento donde la Teoría Física al respecto o no es suficiente o se complica demasiado por lo que el Tratamiento Estadístico es el adecuado dada la equivalencia de resultados por mencionar algunas áreas La Climatología y la

Sismología. En donde no es que no exista una Teoría Física al respecto sino que ésta es insuficiente.

El establecimiento de relaciones de causalidad en el área de las Ciencias Sociales , Estados de Salud y demás cuestiones de los seres humanos es bastante difícil y laboriosa . A menudo se requiere para tal efecto de una gran diversidad de investigaciones que primero sugieran la hipótesis y, luego la apoyen dentro de contextos diferentes.

Ningun estudio puede corroborar una hipótesis de causalidad; unicamente apoyar la veracidad de ésta . Los diferentes tipos de estudios sugieren o proporcionan grados variables de apoyo a una hipótesis por eso es comun que se tengan numerosos estudios sobre una misma relación de causalidad.

A continuación se aplicaran las ideas presentadas en los capítulos anteriores a algunos experimentos de la Física Clásica en el área tanto de la Mecánica como de la Electricidad. Estos experimentos son El Péndulo Simple, La Ley de Ohm y El Circuito RC

Estos experimentos son Clásicos y se considerarán el soporte experimental de las Teorías a las que dieron origen.

Fué Galileo el primero que estudio el problema del péndulo y cuenta la Historia que descubrio éste fenomeno durante un sismo oyendo misa en la Catedral de Pisa en Italia, y ya matriculado entre los estudiantes artistas del estudio de Pisa , registro su primer descubrimiento de Física "El Isocronismo de las Oscilaciones del Pendulo".

El astrónomo árabe Ibn Junis ya conocia el isocronismo , pero Galileo fue el primero que lo aplico a la medida de la frecuencia del pulso cardiaco (Cardiotaquímetro). Con lo cual logro una aplicación práctica de un conocimiento obtenido a partir de una observación experimental .

Y fué hasta la publicación de las "Principias " del Padre de la Física Clásica , Sir Issac Newton que se logro explicar teóricamente las leyes del Péndulo obtenidas experimentalmente por Galileo y fué tan satisfactoria y arrasadora la Teoría que la ingrata Historia olvidó el aspecto experimental de la Física Clásica . Sin embargo el experimento puramente observacional de Galileo estaba tan bien hecho, que el mismo Newton revisó sus trabajos para no contradecir las hermosas conclusiones

experimentales de Galileo y al respecto comento: "Si logre ver tan lejos es porque estaba en la espalda de los gigantes " Se referia a Galileo y a Kepler.

La Ley de Ohm tambien es un experimento clásico en la electricidad y es uno de los principios fundamentales del análisis de circuitos eléctricos y fué descubierta por Georg Simon Ohm quien tambien como en el caso anterior llego a tal resultado con un enfoque puramente observacional.

Tal hallazgo fué publicado por la Universidad de Colonia y tuvieron que pasar muchos años para que una Teoría explicara satisfactoriamente las observaciones experimentales de Ohm . Esta Teoría está resumida en las ecuaciones de Maxwell, las cuales bajo el modelo supuesto de los portadores de carga (electrones), de la Teoría Atómica de los conductores (metales), explica la linealidad de la respuesta.

En el caso del experimento del circuito RC se incluye por la fuerte analogía que tiene con otra muy importante ley experimental que es La Ley del Decaimiento Radioactivo , fenómeno descubierto por el Físico Frances Antonie Henri Becquerel , también con un enfoque puramente observacional , y fué necesaria la aportación del Modelo Teórico del tambien Físico Frances Pierre Curie para explicar bajo el Modelo del Núcleo Atómico las observaciones de Becquerel .

Se podrian mencionar otros muchos experimentos puramente observacionales , los cuales sin ninguna base teórica dieron origen a las grande Teorías de la Física Clásica, así como a las

de la Física Moderna, es decir que el origen de la Física es puramente observacional.

Como dato curioso el caso contrario tambien se da en Física existen supuestos Teoricos sin la más mínima base observacional (La longitud de onda de D'Broglie)

¡Que mejor que un conjunto de buenas observaciones para hacer correlación , Regresión , Análisis de Varianza , Prueba de Hipótesis etc. y a esperar que los Teóricos expliquen los resultados obtenidos por la Gran Generadora La Observación Estadística.!

éste trabajo pretende restaurar el orden histórico y hacerle ver al estudiante de Física que ésta es una Ciencia eminentemente experimental y que fué la observación y el experimento lo que le dio origen.

La secuencia en la que se presentan los experimentos es tal que el grado de dificultad es creciente en las Técnicas Estadísticas que se aplican, por lo que didacticamente es el orden recomendable.

Las partes que integran éste protocolo se han pensado de tal manera que el estudiante lo use como un entrenamiento a futuros trabajos de investigación y está compuesto por las siguientes partes que considero fundamentales.

Titulo, Objetivos, Análisis Previo, Método , Técnica , Descripción , Instrumentos de Medición y Equipo, Procedimientos, Observaciones Operacionales, Cuadro de resultados, Diagramas de Dispersión Análisis Gráfico , Tratamiento Estadístico de Datos , Mediciones Indirectas, Fuentes de Error, Errores , Evaluación , Conclusiones y Recomendaciones.

El Titulo

No necesariamente es significativo en el sentido de que hay prácticas tituladas AC/DC o O.K. , la primera se refiere a el experimento de corriente alterna y corriente directa y la segunda se refiere a las leyes de Ohm y Kirchooff , sin embargo es deseable que el titulo sea atractivo. No son recomendables los titulos demasiado largos , dificiles de pronunciar ,o aquellos que suenan feo.

(-C- Velocidad de la Luz)

El Objetivos o Los Objetivos. Es la parte del protocolo en donde se establece de manera precisa que se quiere hacer con el experimento , que pregunta o preguntas se pretende contestar con que profundidad y con que amplitud , es deseable que el objetivo

sea unico , sin embargo se puede aprovechar el experimento para alcanzar más de un objetivo. Es decir que en todo experimento siempre se debe saber de antemano que es lo que se busca , y tener el ojo avisor para ver que se encuentra.

Nota: Los objetivos generales del Laboratorio de Fisica son que el estudiante afirme los conocimientos adquiridos en la clase de teoría ,desarrolle habilidad para el manejo de los aparatos de medición e instrumentos de control , y desarrolle su habilidad manual.

(Determinación de la velocidad de la Luz en el espacio interplanetario con un error relativo máximo del 5%.)

El Análisis Previo:

Para efectos de éste trabajo se haran dos análisis uno Fisico Teorico y otro estadístico Experiemntal para despues compararlos y ver las bondades de uno y otro.

Sin embargo lo recomendable es realizar una análisis previo lo más completo posible y esto se logra recurriendo a todas las técnicas y metodologías de análisis disponibles (simulación etc.).

Si lo que se pretende con el experimento es predecir y manipular es suficiente con el tratamiento puramente estadístico . Sin embargo la Teoría permite buscar otras aplicaciones y ligar con otros fenomenos Es decir que la parte empirica debiera de complementarse con la teórica . Como ya se dijo cuando la Teoría no se ha desarrollado solo queda la parte empirica-estadística.

En ésta parte del protocolo es donde se planea el experimento , ésta planeación debiera de hacerse al maximo detalle posible , tomando en cuenta los recursos con que se cuenta tanto materiales de equipo, como humanos economicos y de tiempo , analizar la viabilidad del experimento ,preguntarse sinceramente si es posible alcanzar los objetivos planteados con los recursos, aparatos y tiempo disponible hacer de ser necesario una estimación del presupuesto requerido etc. Asignar funciones y actividades , calendarizar y establecer los controles necesarios para el buen desarrollo del experimento. Otra parte importante es el seleccionar las variables a medir su rango esperado y el grado de aproximación con que se deberan de medir para alcanzar el o los objetivos del experimento. Mentalmente se debe realizar con todo cuidado y paso por paso el experimento para tener un análisis previo satisfactorio. Mi recomendación es que se haga el experimento pensado , y se tomen todas las notas posibles , produce excelentes beneficios, es muy barato como ejercicio magnífico y lo unico que se gasta es la punta del lapiz.

El Método

En ésta parte del protocolo se define la manera general como se van a alcanzar los objetivos.

(Astronómico)

Técnica

En ésta parte del protocolo se plantea de manera particular los recursos técnicos que se utilizarán para alcanzar el objetivo.

(Röemer por la variación en el período de revolución de una de las lunas de Jupiter)

La Descripción

En ésta parte se describe a detalle las partes físicas que componen el experimento , esto se suele hacer con diagramas y o dibujos en donde se especifican las partes y o componentes principales y o críticas como medidores etc. En cierto tipo de experimentos se recurre a la narración para describirlos.

(Cuando la Tierra esté lo más cercana a Jupiter, utilizando un telescopio se mide el tiempo que tarda en dar una vuelta completa en su órbita una de las lunas del planeta Jupiter , cuando la tierra esté lo más lejana a Jupiter, se repite la observación la diferencia que se observe se deba a lo que tarda la Luz en recorrer la diferencia de distancias en las observaciones realizadas desde la órbita Terrestre, la cual se conoce bien -la órbita- luego entonces por un cociente se determina la velocidad de la Luz)

Los Instrumentos de Medición y Equipo,

En ésta parte se especifican los instrumentos de medición que se van a utilizar en el experimento ; su marca comercial , el modelo, el tipo y su grado de aproximación (precisión)

(Telescopio Optico de 200 " Marca Pasadena Modelo "Monte Palomar" 8420

El Procedimiento:

Es aquí donde se detalla, de preferencia de una manera secuencial , los pasos a seguir punto por punto, de preferencia cada punto debiera de contener solo una acción concreta así como una transferencia de control del tipo regrese al paso 3 una vez alcanzado tal valor de la variable etc. Es deseable que los pasos estén numerados y que tengan un inicio y solo un final.

- 1.- Fije la posición de Jupiter y registre el dato
- 2.-Fije la posición de la luna # 3 Registre el dato
- 3.-Mida el tiempo que tarda en repetirse 2, registre el dato
- 4.-Seis meses despues repita 1, Registre el dato
- 5.-Repita 2 y 3 Registre los datos
- 6.-En base a la diferencia estime C

Las Observaciones Operacionales:

Aquí se mencionan algunas situaciones que deberan de observarse durante el experimento tales como la inicialización de los contadores, la calibración a cero de los medidores , el ajuste de las escalas ,o la forma como debe dejarse caer el balón etc. es decir detalles que deberan observarse para la buena marcha del experimento.

El Cuadro de resultados:

Este es un formato especial de captura de datos previamente construido y diseñado en el análisis previo en donde se registraran las observaciones lecturas de medidores etc. debiera de tener encabezados tanto en la hoja como las columnas así como las unidades correspondientes y una sección para notas relativas a la escala en que se hizo la lectura etc. Este es un elemento clave para el buen control del experimento.

Diagramas de Dispersión :

En éste punto se construyen las graficas de los datos un poco en bruto es decir tal como aparecen en el cuadro de resultados se deben de graficar los pares de variables que se sospecha estan relacionados y de ser posible cruce todas las variables posibles ya que esto le permitira ver que variables estan afectadas por cuales y aproximadamente de que forma.

Análisis Gráfico:

En ésta parte se construyen las graficas de las variables sugeridas por el punto anterior es decir aquellas que prometen relaciones funcionales es necesario ajustar las variables; tal vez un cambio de variable , restar la media , etc. para intentar regresión lineal y u otra.

El Tratamiento Estadístico de Datos:

En ésta parte se realiza el procesamiento estadístico de las observaciones (variables) interesantes se hace estimación tanto puntual como de intervalo, de la media y de desviación estandar, Los coeficientes de correlación regresión lineal u otras uni y multivariada, Pruebas de Bondad de ajuste etc. es decir todo aquello que estadísticamente permita llegar al objetivo del experimento. Es aconsejable el uso de un paquete estadístico o por lo menos de una calculadora que maneje estadística de dos variables para los casos sencillos ya que los cálculos a mano son difíciles y poco confiables.

Las Mediciones Indirectas:

En ésta parte se realizan los cálculos matemáticos o mediciones indirectas utilizando las mediciones directas o primarias y se obtienen los primeros resultados del experimento.

Las Fuentes de Error:

El punto anterior (Cálculos) nos da una idea que tan bien realizado estuvo el experimento y en ésta parte se enumeran los factores que influyeron de manera negativa en los resultados, es decir situaciones fuera o con poco control como lo son inestabilidades térmicas, Esfera con radios diferentes, planos no tan planos, hilos inextensibles que se estiran etc. es decir todos aquellos elementos que pudieron afectar los resultados por su falata de control etc.

(Aunque se intento realizar la observación seis meses despues no fue posible ese día estaba nublado, la observación se realizo tres dias despues)

Errores:

Este es el punto clave del experimento en donde se evaluan los errores segun se indica en los capitulos anteriores , éste es un punto que requiere de mucha honestidad por parte del experimentador ya que existe la tendencia por razones de ego a minimizar los errores así como a mantener el prejuicio respecto al modelo tal vez inconcientemente se está manejando. Esto puede tener consecuencias graves cuando los resultados se hacen del dominio publico. Si segun el experimento la resistencia a la tracción de tal varilla es de tanto más menos cuanto y el error es grande no pasa nada pero , si se minimiza el error y un constructor utiliza tal varilla en la construcción de un puente colgante puede pasar mucho.

La Evaluación:

En ésta parte del protocolo ; se evalua el experimento se debe de hacer una confrontación entre los resultados y los objetivos y en base a los objetivos , los resultados y los errores se evalua el experimento , generalmente yo recomiendo que se haga en una escala absoluta de 0 a 10 pero el experimento no aprueba con 6 , un experimento está bien hecho si se evalua de 8 para arriba , ésta evaluación pese a los factores antes mencionados tiene una

dosís de subjetividad y yo recomiendo que se haga por consenso entre los miembros del equipo de trabajo y o por un comité calificador externo.

Las Conclusiones:

Punto culminante del experimento en donde se interpretan los resultados previamente analizados , se dan los ámbitos y condiciones de validez y se construye el modelo (de preferencia matemático) que contesta las preguntas planteadas en los objetivos del experimento y ¡Oh! Ciclo maravilloso el modelo a su vez hace pronósticos y plantea otras preguntas , que podrían servir para realizar otro experimento.

Recomendaciones:

En éste punto final del protocolo se pretende capitalizar la experiencia del experimentador es decir se deberán de asentar las recomendaciones para mejorar el experimento, éstas pueden ir desde desde la cuerda de un tornillo hasta la banda de radiación dentro del espectro de radiación electromagnética de una fuente.

Objetivos

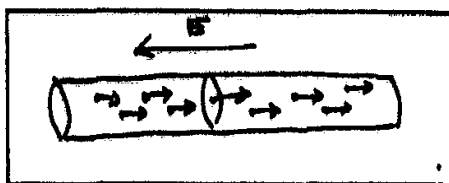
- 1.-Verificar experimentalmente la relación que existe entre el Voltaje y la Corriente para un elemento ohmico.
- 2.-Medir la resistencia electrica de un elemento ohmico dinamicamente con un error relativo maximo del 1%.

Análisis Previo:**Enfoque Teorico****Algunos conceptos y definiciones:**

El movimiento de las cargas electricas en un conductor constituyen una corriente eléctrica y la intensidad de la corriente se define como la cantidad de carga eléctrica que pasa por una sección transversal del conductor por unidad de tiempo.

Matemáticamente se expresa como $I = dq/dt$.

Muchos materiales especialmente los metales como el cobre y la plata contienen electrones libres (muy poco ligados con el nucleo) por lo que pueden moverse con libertad al estar sometidos a la acción de un campo electrico . Bajo estas condiciones supongamos que en la siguiente figura hay un campo electrico de derecha a izquierda, como la carga electrica de los electrones es negativa entonces estos se van a ver forzados a moverse de izquierda a derecha y su movimiento constituye la corriente electrica en el alambre conductor.



En la figura se ilustra que cada electrón se mueve con una velocidad igual a la velocidad media v resultante de la fuerza eléctrica aceleradora y de los choques que tiene el electrón dentro del metal . En tal caso cada electrón en un intervalo corto de tiempo dt avanza una distancia vdt . Los electrones que atraviesan la sección sombreada durante dicho intervalo son los contenidos en un fragmento de alambre de longitud vdt o sea de volumen $A vdt$ donde A es el área de la sección transversal del alambre . Si hay n electrones libres por metro cubico de material entonces su numero sería $nAvdt$. Si representamos por e a la carga electrica del electrón entonces la carga dq que ataviesa el plano durante el tiempo dt será: $dq = neAvdt$.

La densidad de corriente J se define como la intensidad I entre el área del conductor A .

$$J = I/A = nev$$

Cada electrón libre del alambre que transporta una carga electrica es acelerado por el campo electrico hasta que pierde su velocidad a causa de los choques en el interior del metal. Despues de cada choque el electrón parte del reposo segun se indica en la figura y vuelve a acelerarse , lo que da por resultado una velocidad media v Esta velocidad crece linealmente

con el campo $\mathcal{E}$ de tal manera que

$$v = \mu \mathcal{E}$$

Donde la cantidad μ es la llamada movilidad del electrón . La movilidad es una propiedad característica del material ; es grande para los buenos conductores y pequeña para los malos , si n es la misma en ambos casos.

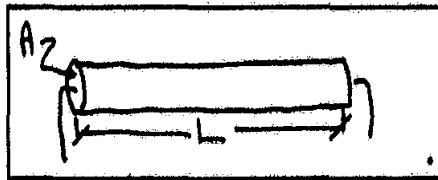
Sustituyendo en las ecuaciones anteriores se obtiene que:

$$J = n e \mu \mathcal{E}$$

y el cociente $J/\mathcal{E}$ entre la densidad de corriente y el campo eléctrico solo depende del material que constituye el alambre y recibe el nombre de conductibilidad σ del metal. ($1/\sigma = \rho$)

$$J/\mathcal{E} = \sigma = ne\mu$$

Los dos primeros términos de la igualdad anterior constituyen una expresión de la Ley de Ohm .



Consideremos ahora el conductor de longitud L representado en la figura anterior , el cual tiene una área A y transporta una intensidad de corriente I. Por la relación entre el campo y la diferencia de potencial V se tiene que $\mathcal{E} = V/L$ sustituyendo se tiene que:

$$J = \sigma V/L = I/A$$

por lo que:

$$V = (\rho L/A) I$$

A la cantidad $\rho L/A$ se le conoce con el nombre de resistencia del conductor . Especificamente la resistencia es $R=\rho L/A$ por lo que podemos escribir

$$V = R I$$

que es la conocida Ley de Ohm.

Estadística Experimentalmente el problema de la ley de Ohm conciste en armar el siguiente circuito y variando el voltaje , medir el voltaje y medir la corriente correspondiente corriente, con lo que se obtiene un conjunto de parejas ordenadas de la forma x_1, y_1 donde x puede ser el Voltaje e I la Intensidad de corriente , el coeficiente de correlación es tan alto sin ningun ajuste de variables que el modelo lineal es inevitable , el análisis grafico tambien indica lo mismo, de ser asi lo que resta por hacer en ésta fase de análisis previo es proponer el modelo $V=RI+a$ sin embargo la grafica pasa por el origen es decir que $a=0$ por lo que se reduce a $V = RI$ donde R es la pendiente .

Método : Electronico -Hacer pasar una corriente electrica a traves de un conductor -

Técnica Estadística de Correlación y Regresión Lineal Simple.

Descripción Se conectan en serie una fuente de voltaje regulada, una amperímetro y una resistencia de cerámica , la cual tiene un voltímetro en paralelo.

Instrumentos de Medición y Equipo:

Multímetro Analógico (amperímetro)

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
TMK	500	Depende de la Escala

Multímetro Analógico (Voltímetro)

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
TMK	500	Depende de la Escala

Resistencia

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
Sin marca	Ceramica	10%

Procedimientos

- 1.-Conecte en serie uno de los multímetros en función de amperímetro , la resistencia y la fuente de voltaje.
- 2.-Conecte en paralelo el multímetro restante en función de Voltímetro a la resistencia
- 3.-Coloque el control de Voltaje de la fuente en su valor mínimo

y energize el sistema es decir conecte la fuente de voltaje a la toma de corriente y deslice el interruptor a on

4.-Mida el Voltaje y registre el dato.

5.-Mida la Intensidad de Corriente y registre el dato

6.-Incremente el voltaje usando el control correspondiente en medio volt del valor anterior y registre el dato.

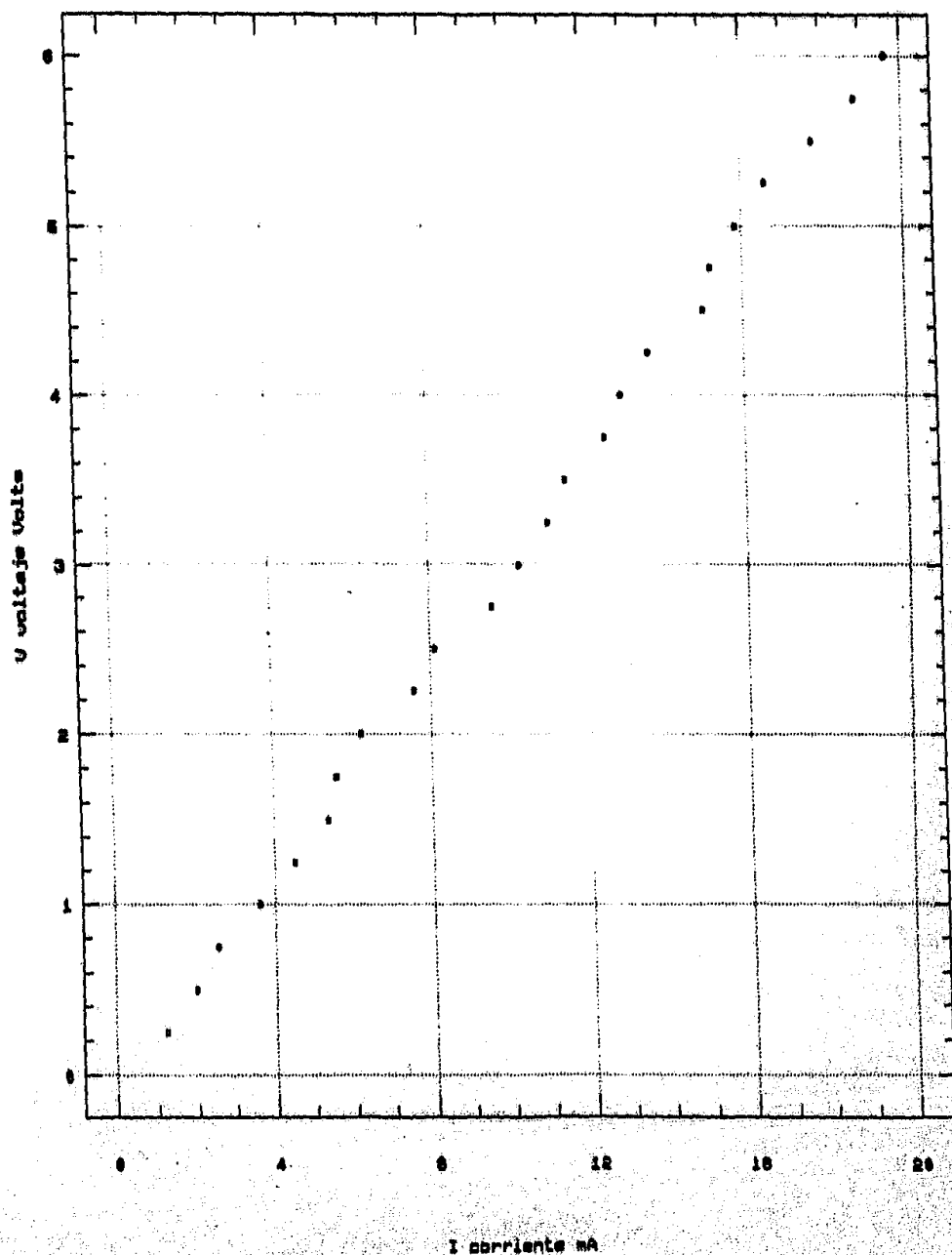
7.-Repita los pasos 5 y 6 12 veces .

Observaciones Operacionales Las variaciones de voltaje hagalas muy lentamente y de tal manera que la aguja del voltimetro no tenga que ser regresada , si lo incrementa lentamente no revasara el valor a alcanzar.

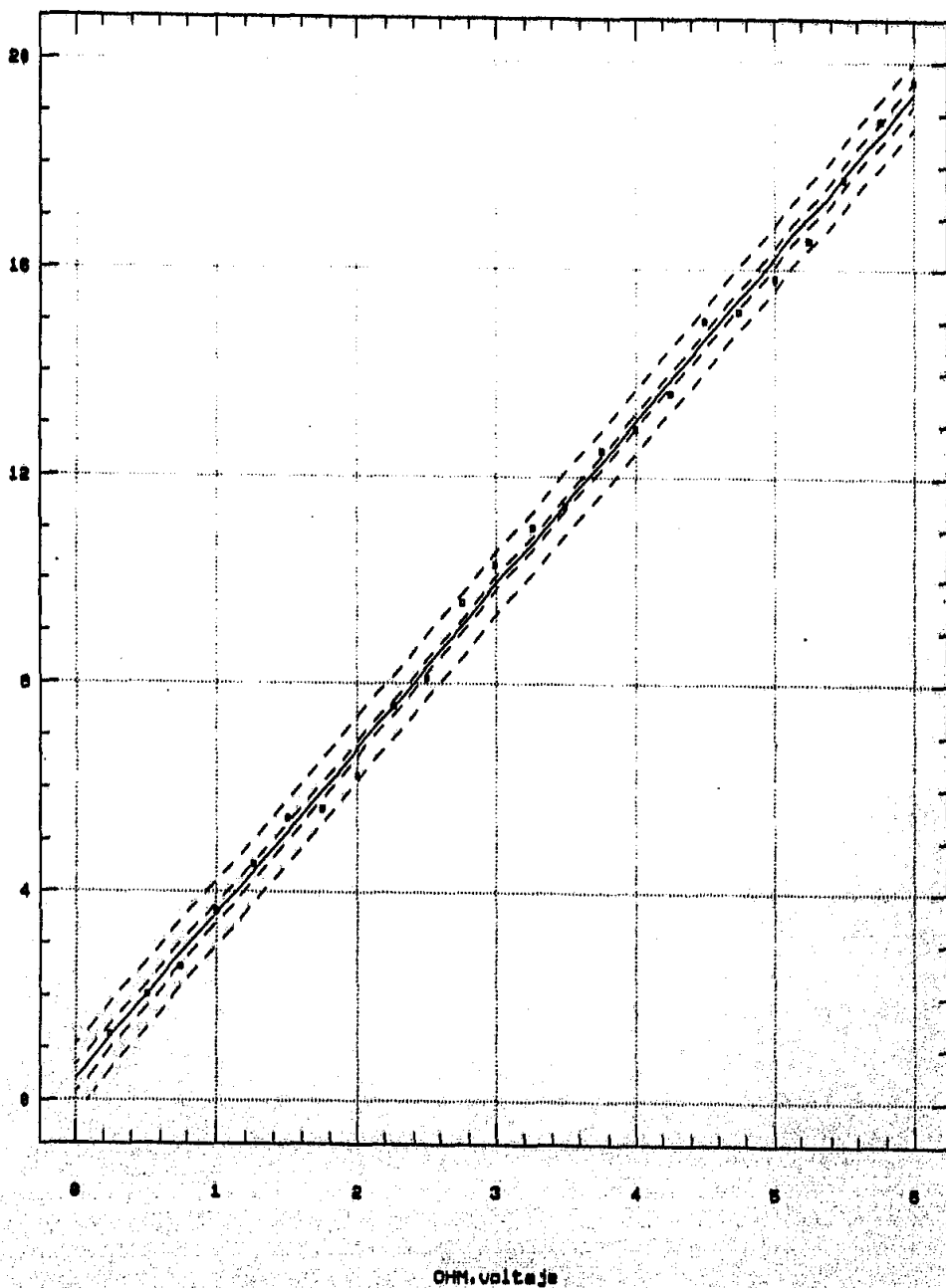
Cuadro de resultados

i	V	I	I^2	VI
1	0.0 ±	0.00 ±0.25		
2	0.5			
3	1.0			
4	1.5			
5	2.0			
6	2.5			
7	3.0			
8	3.5			
9	4.0			
10	4.5			
11	5.5			
12	6.0			

GRAFICA U -VOLTAGE vs I-CORRIENTE



Regression of OHM.corriente on OHM.voltaje



Tratamiento Estadístico de Datos

SE UTILIZO UN PAQUETE ESTADISTICO (STATGRAPHICS) Y LOS RESULTADOS APARECEN EN LAS PAGINAS SIGUIENTES.

Mediciones Indirectas

SE SUPUSO UN MODELO LINEAL Y LA RESISTENCIA SE MIDIO POR LA PENDIENTE DEL MODELO , EL SUPUESTO ESTA BASADO EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS (EL ALTO COEFICIENTE DE CORRELACIÓN) VER PAGINAS SIGUIENTES.

Fuentes de Error

SON IMPUTABLES A LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Errores

SE OBTUVO UN ERROR DE 3.37 Ω VER SALIDA

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: OHM.corriente

Independent variable: OHM.voltaje

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	0.421703	0.120587	3.49709	.00204
Slope	3.16052	0.0337572	93.625	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	717.9520	1	717.9520	8765.649	.00000
Error	1.801914	22	.081905		
Total (Corr.)	719.75393	23			

Correlation Coefficient = 0.998747

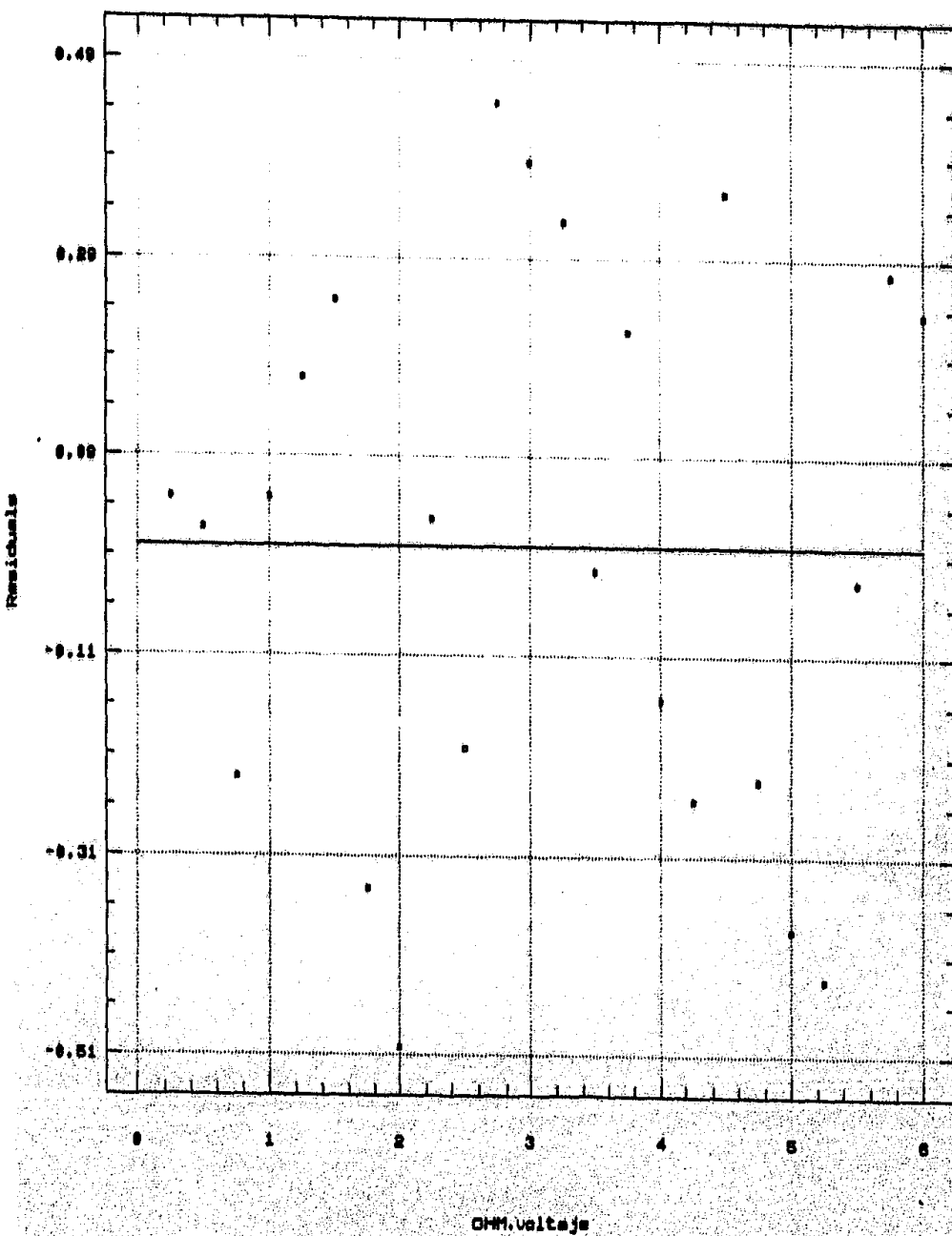
R-squared = 99.75 percent

Std. Error of Est. = 0.286191

Variable:	voltaje	corriente
Sample size	24	24
Average	3.125	10.2983
Median	3.125	10.655
Mode	2.75	9.56
Geometric mean	2.45077	8.35527
Variance	3.125	31.2936
Standard deviation	1.76777	5.59407
Standard error	0.360844	1.14189
Minimum	0.25	1.26
Maximum	6	19.62
Range	5.75	18.36

Regression of OHM.corriente

on OHM.voltage

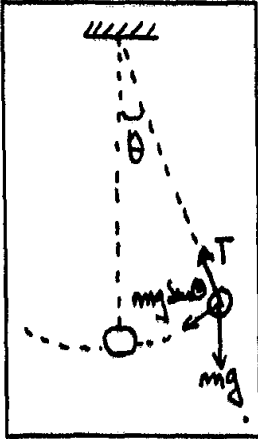


Objetivos

- 1.-Verificar experimentalmente las leyes del Péndulo
 - a.-El periodo de un péndulo no depende de su masa
 - b.-El periodo de un péndulo no depende de la amplitud angular de su movimiento (para ángulos pequeños $< 30^\circ$)
- 2.-El periodo de un péndulo solo depende de su longitud y de el valor de la gravedad en el lugar donde se hace el experimento y está dado por $T=2\pi(1/g)^{1/2}$
- 3.-Medir el valor de la gravedad g usando el objetivo número 2 con 1% de error relativo

Análisis Previo

Deducción de las leyes del Péndulo



$$mg \cos \theta = T \dots\dots\dots 1$$

$$mg \sin \theta = -F \dots\dots\dots 2$$

De la ecuación número 2 se tiene que F es la fuerza que trata de mantener a la masa en su posición de equilibrio (fuerza de restitución)

Por la segunda ley de Newton $F=ma$ expresando la aceleración en coordenadas polar se tiene que $a=l d^2\theta/dt^2$ donde l es la

longitud de la cuerda (distancia del punto de suspensión al centro de masa de la masa). Haciendo las manipulaciones algebraicas se obtiene: $g \sin \theta = l d^2\theta/dt^2$ como además se sabe que el límite de $(\sin\theta)/\theta$ cuando θ tiende a 0 es 1; lo que permite si el ángulo es pequeño sustituir el seno por el ángulo (y de ahí la limitante para la validez de las leyes del péndulo respecto al ángulo) se obtiene la ecuación diferencial

$$d^2\theta/dt^2 + (g/l)\theta = 0$$

La cual tiene por solución:

$$\theta = \theta(t) = A \sin ((g/l)^{1/2} t + \delta)$$

Dado que el ángulo es el mismo si se suma o resta 2π se obtiene:

$$(g/l)^{1/2} T = 2\pi$$

Despejando el periodo se obtiene :

$$T = 2\pi (l/g)^{1/2}$$

Es decir que el periodo del péndulo bajo las consideraciones

anteriores

-EL PERIODO NO DEPENDE DE LA MASA Y NO DEPENDE DE LA AMPLITUD-

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se realiza el experimento y por análisis grafico se puede llegar a la conclusión de que las variables claves en éste problema son el periodo T la longitud l y la gravedad g . Para obtener la relación entre ellas se usara análisis dimensional.

$$T = l^x g^y$$

Sustituyendo las variables anteriores por sus dimensiones físicas correspondientes se obtien que

$$T = L^x (LT^{-2})^y$$

aplicando las leyes de los exponentes e igualando se obtiene que:

$$T = T^{-2y} \quad L^0 = L^{x+y}$$

lo que lleva al sistema de ecuaciones $x + y = 0$; $-2y = 1$

cuya solución es $x = 1/2$; $y = -1/2$ sustituyendo en la ecuación inicial se obtien que $T = (l/g)^{1/2}$

como se aclaro en el capitulo correspondiente el análisis dimensional no determina las constantes numericas siendo la relación funcional completa $T = 2\pi (l/g)^{1/2}$

Para el análisis de la aproximación en la determinación de g , la escribimos como

$g = 4\pi^2 (l/T^2)$; por derivación parcial implícita se obtiene que:

$\delta g = 4\pi^2 (\delta l/T^2 + 2l\delta T/T^3)$ dividiendo entre la anterior miembro a miembro se tendra que: $\delta g/g = \delta l/l + 2 \delta T/T$ si se quiere que

$\delta g/g \leq 1\%$ entonces se observa que $\delta l/l \leq .3\%$ y $\delta T/T \leq .3\%$.

Tomando en cuenta que con el equipo disponible y su grado de aproximación (precisión) un flexómetro puede medir bien hasta un tercio de cm. entonces $\delta l = .003$ mts por lo que $l = .003 / .003$ mt es decir $l > 1$ mt . si utilizamos un cronómetro a 1/100 de segundo para medir el periodo y se miden por ejemplo 30 periodos entonces $\delta T = 1/3000$. lo cual nos obliga para un buen diseño a manejar periodos tales que $T = (1/3000) / 0.003$ es decir $T \geq .1$ seg . lo que se logra facilmente con el diseño anterior.

Método Mecánico, Hacer funcionar un péndulo al que se le puede los parámetros dinámicos característicos .

Técnica: Estadística de correlación y Regresión Lineal.

Descripción: El dispositivo experimental consiste en suspender el pendulo del techo del laboratorio por medio de un juego de armellas de tal manera que se pueda variar la longitud del mismo. El péndulo se construyo con botellas de Plastico de tapón de rosca para hacerlas intercambiables y así darle varibilidad a la masa, de hilo de suspensión se utilizó cinta magnética de grabadora la cual tiene magnífica resistencia a la tensión , es inelastica y no presenta torsión , para medir la longitud se utilizo un rayo laser que se reflejaba en un espejo colocado en el piso, para despues por triangulos semejantes determinar la longirud del péndulo.

Para controlar la amplitud angular se hicieron varias marcas en el piso previo cálculo para diferentes ángulos.

Instrumentos de Medición y Equipo

Flexómetro

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
Sin marca		1cm

Cronómetro Digital

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
Casio	500	0.01Seg

Báscula

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
--------	---------	------------

Sin Marca

lgm

Procedimientos

- 1.-Localice las marcas en el piso para las diversas amplitudes de no existir construyalas.
- 2.-Mida la altura del piso al centro de masa del Péndulo, debe tener una marca de localización y registre el dato (la longitud del pendulo es la altura del techo menos lo que midio)
- 3.-Pese el recipiente vacio y registre el dato.
- 4.-Con la máxima amplitud mida el tiempo de 20 oscilaciones y por medio de un cociente determine el periodo (registre el dato)
- 5.-Varie la amplitud al paso siguiente registre el dato y repita
4
- 6.-Repita 5 hasta agotar todas las marcas.
- 7.-Llene el recipiente con agua y peselo (registre el dato)
- 8.-Repita 4,5 y 6
- 9.-Llene el recipiente con arena peselo y (registre el dato)
- 10.-Repita 4,5 y 6
- 11.-Varie la longitud del pendulo y (registre el dato)
- 12.-Repita 4,5 y 6
- 13.-Repita 11 hasta obtener suficiente información

Observaciones Operacionales

No varíe más de un parámetro a la vez lo que le permitira tener mayor control

Cuadro de resultados

m masa	a amplitud	l longitud	T periodo	l^2	lT

Diagramas de Dispersión

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Análisis Gráfico

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Tratamiento Estadístico de Datos

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Mediciones Indirectas

El cálculo se efectuó sobre la longitud y el periodo haciendo los cambios de variable necesarios para linealizar $g=4\pi^2 l/T^2$ es decir $l=(g/4\pi^2)(T^2)$.

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Fuentes de Error

Posibles variaciones en la longitud de la cinta sobre todo cuando estaba cargada con la masa mayor .

Errores

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Evaluación

-9- El experimento logro los objetivos planteados inicialmente .

Conclusiones

Por las observaciones realizadas hay evidencia estadística suficiente para afirmar que en los péndulos así construidos:

- 1.-El periodo del movimiento no depende de la masa
- 2.-El periodo del movimiento no depende de la amplitud angular inicial si esta es menor de 30°
- 3.-El valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio es de $979.6 \pm 3.1 \text{ cmts/seg}^2$

Recomendaciones.

Solo cambie un parámetro a la vez para un mejor control de los datos

Variable:	NASA	AMPLITUD	LONGITUD
sample size	108	108	108
average	1503.67	30	257.5
median	1127	30	257.5
mode	138	20	237
geometric mean	796.252	28.845	257.062
variance	1.69659E6	67.2897	227.355
standard deviation	1302.53	8.20303	15.0783
standard error	125.336	0.789337	1.45091
minimum	138	20	237
maximum	3246	40	278
range	3108	20	41

Variable:	P2ND5L4.PERIODO
sample size	108
average	3.22443
median	3.226
mode	3.347
geometric mean	3.22306
variance	8.8784E-3
standard deviation	0.0942252
standard error	9.06683E-3
minimum	3.09
maximum	3.357
range	0.267

Regression Analysis - Linear Model: $Y = a + bX$

Dependent variable: P2ND5L4.LONGITUD Independent variable: P2ND5L4.PERIODO

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-258.163	1.77175	-145.711	.00000
lope	159.924	0.549245	291.171	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	24296.622	1	24296.622	84780.54	.00000
Error	30.37775	106	.28658		
Total (Corr.)	24327.000	107			

Correlation Coefficient = 0.999375
Std. Error of Est. = 0.535334

R-squared = 99.88 percent

Regression Analysis - Linear Model: $Y = a + bX$

Dependent variable: 39.4384*P2ND5L4.LONG Independent variable: P2ND5L4.PERIODO^2

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-27.2594	32.2791	-0.844491	.40030
lope	978.563	3.09683	315.989	.00000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	37797783	1	37797783	9.985E0004	.00000
Error	40126.277	106	378.550		
Total (Corr.)	37837909	107			

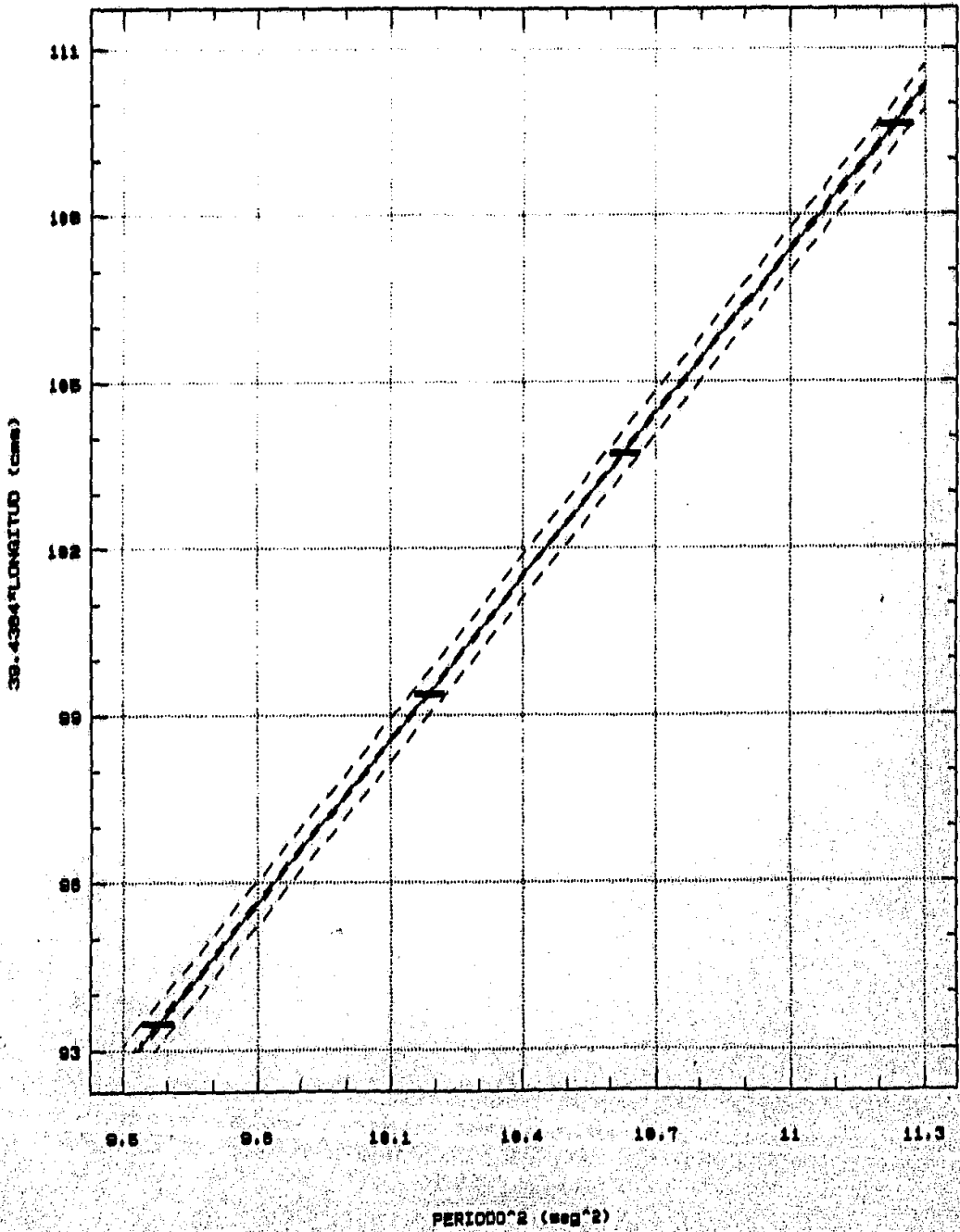
Correlation Coefficient = 0.99947
Std. Error of Est. = 19.4564

R-squared = 99.89 percent

REGRESION DE

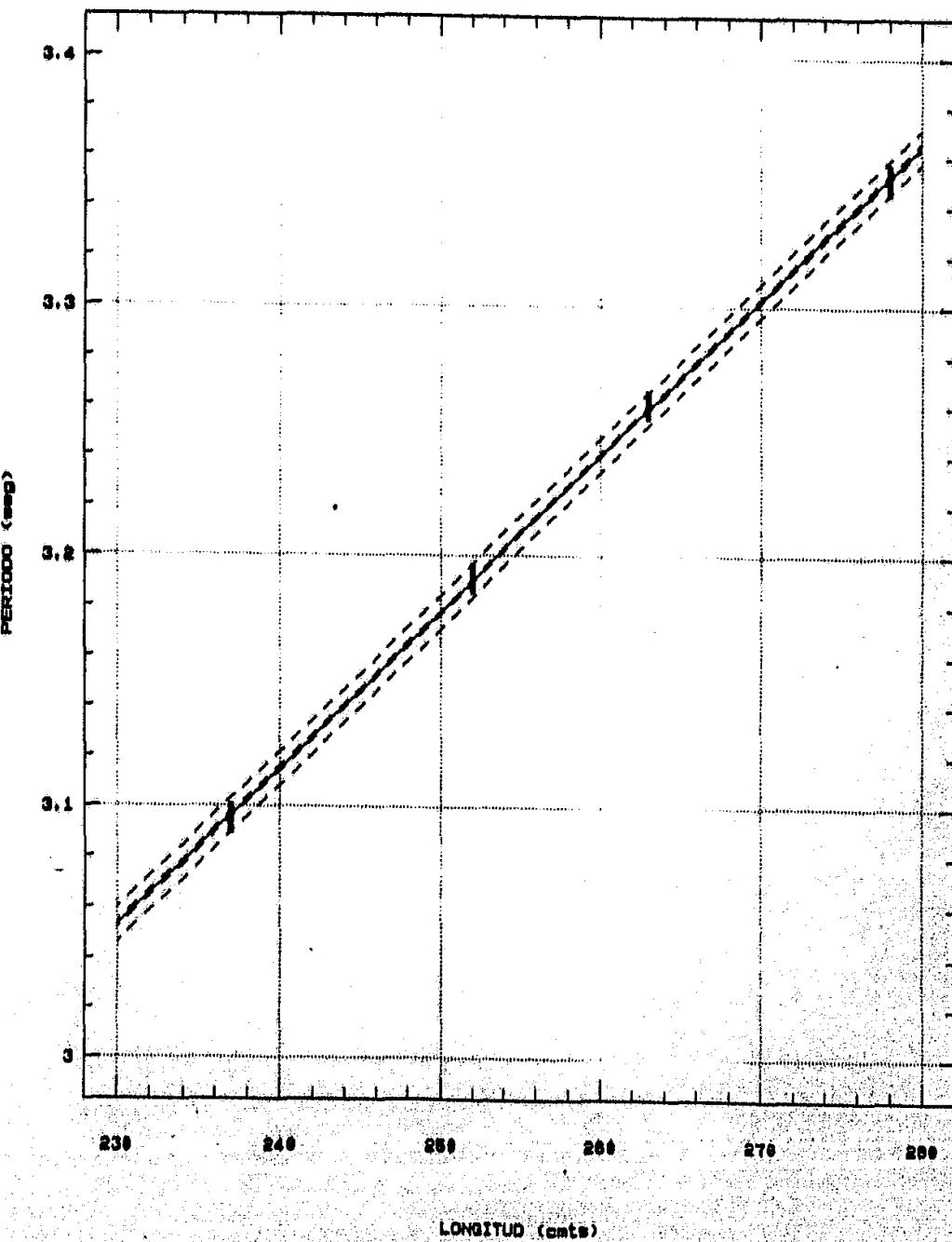
39.4384*LONGITUD VS PERIODO CUADRADO

(X 100)



REGRESION DE LINEAL DE

PERIDO VS LONGITUD



Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: P2ND5L4.PERIODO

Independent variable: P2ND5L4.MASA

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	3.22486	0.01395	231.173	.00000
Slope	-2.90773E-7	7.02623E-6	-0.041384	.96707

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.0000153	1	.0000153	.001713	.96707
Error	.94997	106	.00896		
Total (Corr.)	.94999	107			

Correlation Coefficient = -4.01954E-3
Std. Error of Est. = 0.0946679

R-squared = .00 percent

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: P2ND5L4.PERIODO

Independent variable: P2ND5L4.AMPLITUD

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	3.22488	0.0346879	92.9686	.00000
Slope	-1.52778E-5	1.11568E-3	-0.0136937	.98910

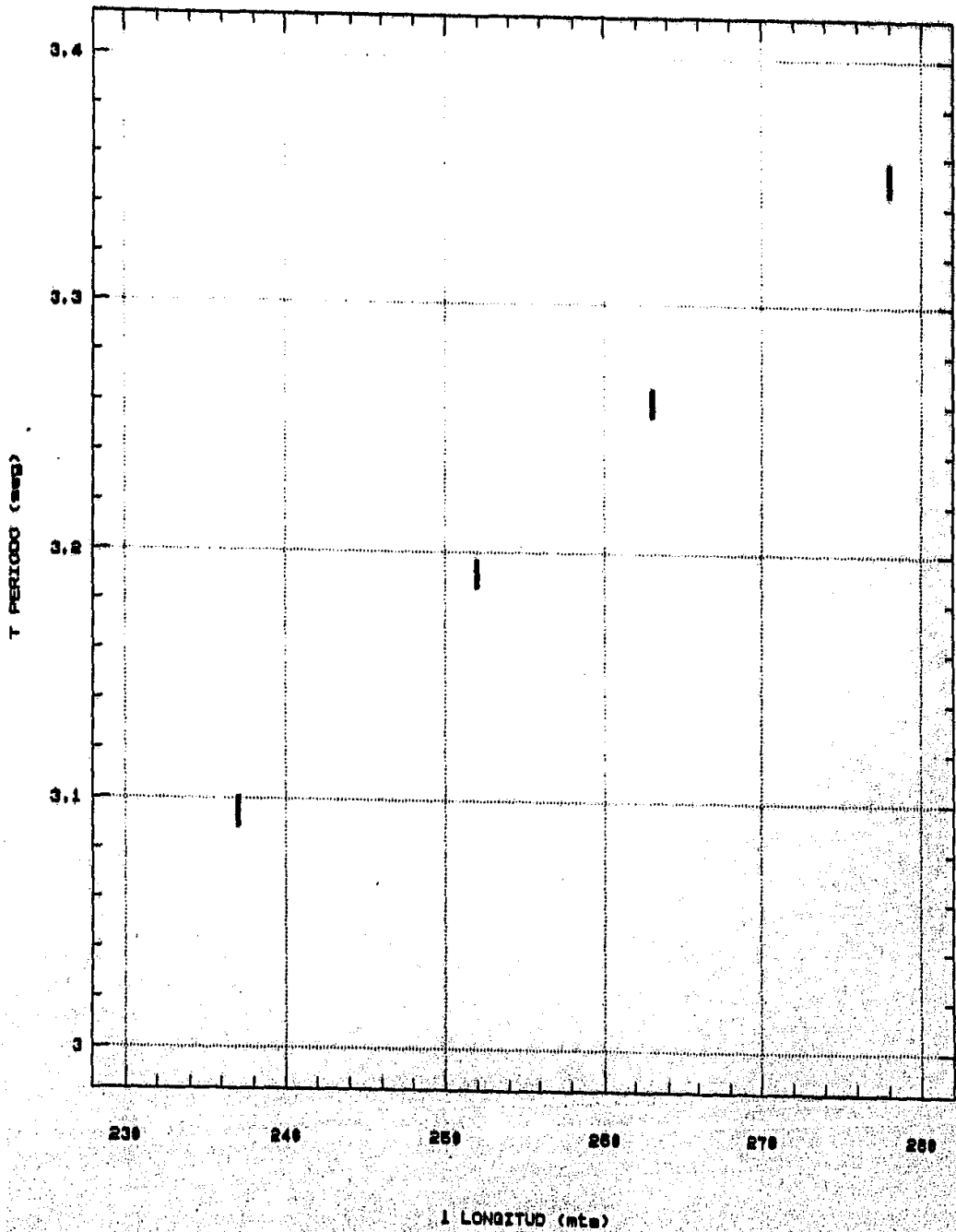
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.0000017	1	.0000017	.000188	.98910
Error	.94999	106	.00896		
Total (Corr.)	.94999	107			

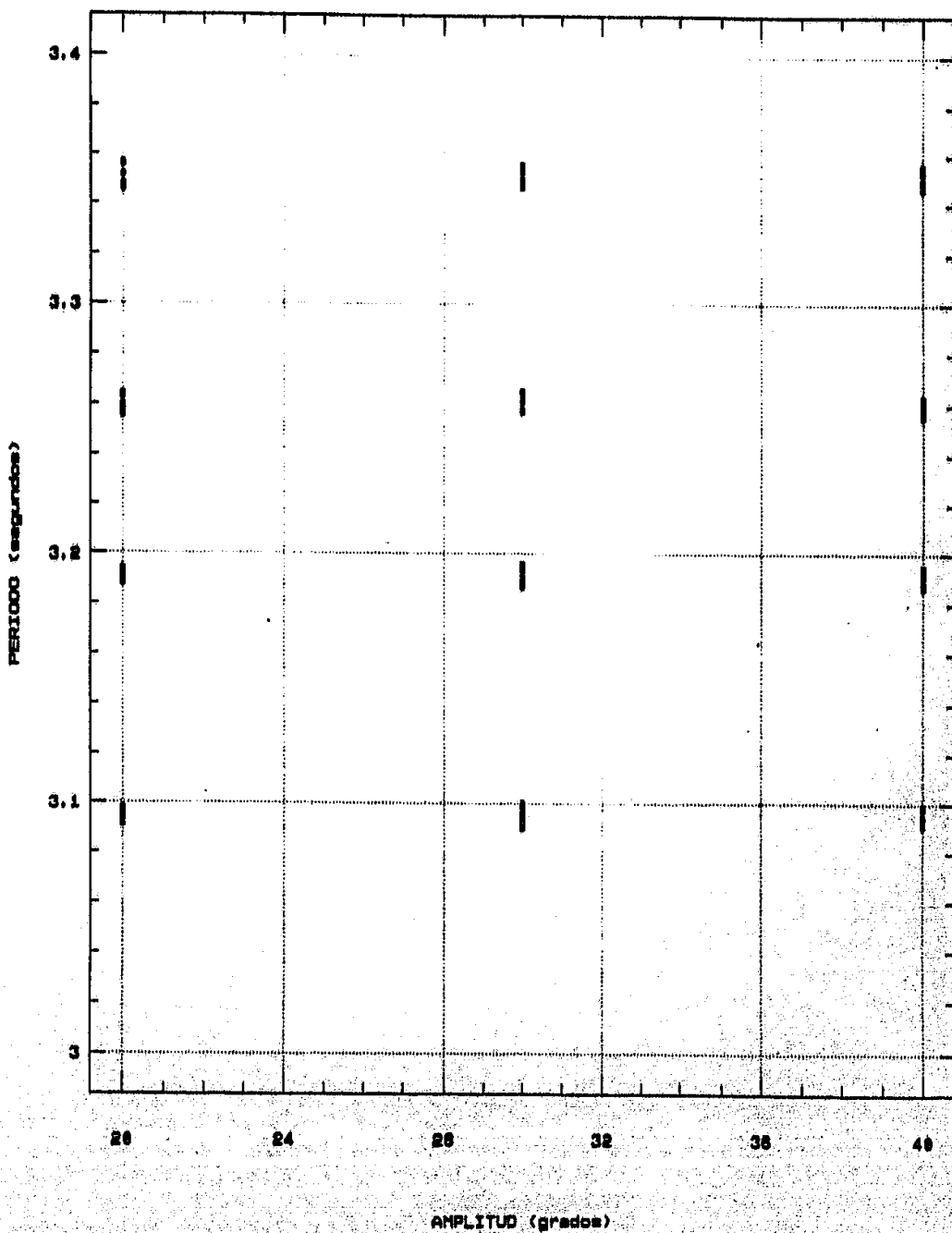
Correlation Coefficient = -1.33005E-3
Std. Error of Est. = 0.0946686

R-squared = .00 percent

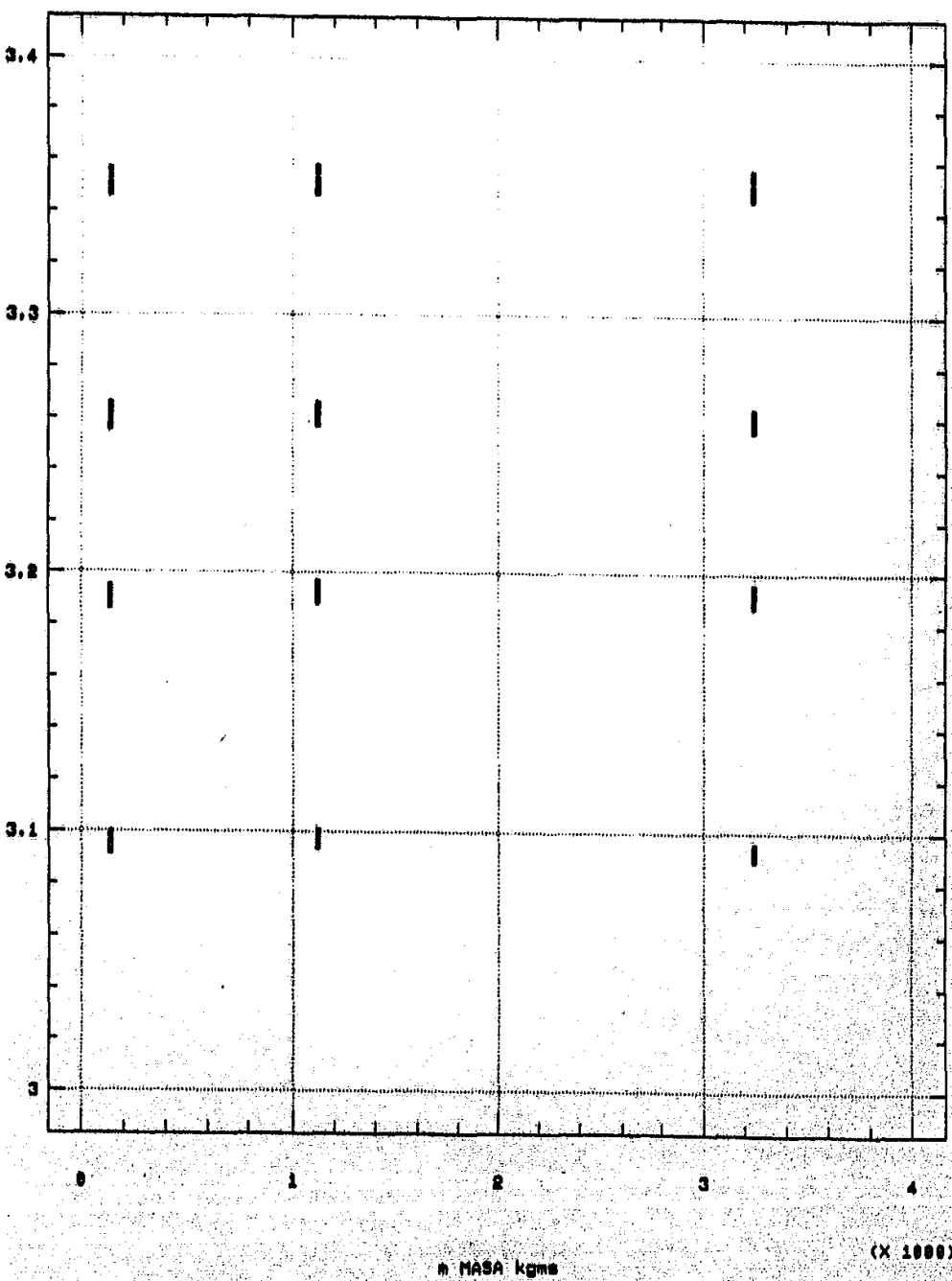
GRAFICA PERIODO vs LONGITUD



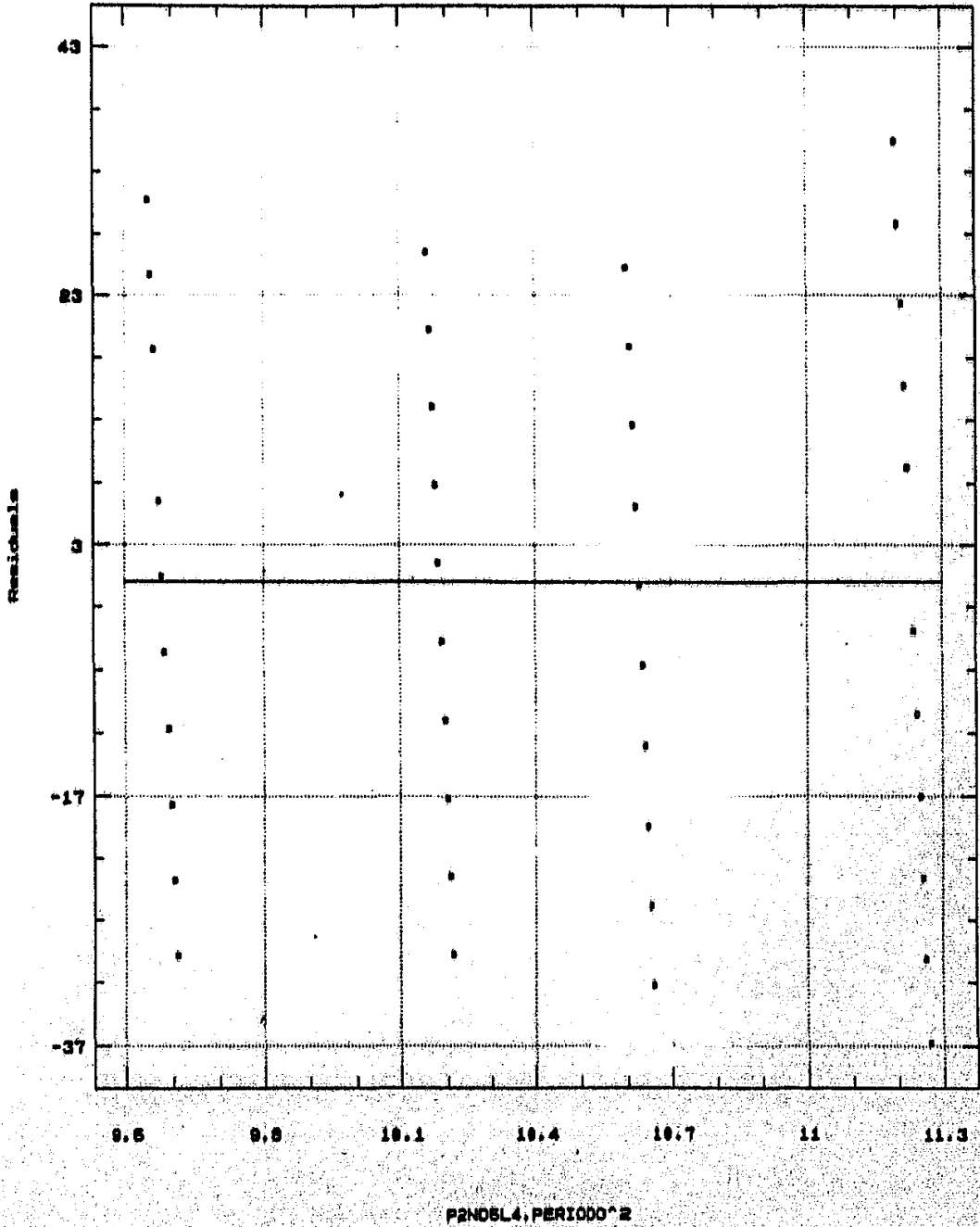
GRAFICA PERIODO vs AMPLITUD ANGULAR



GRAFICA PERIODO vs MASA



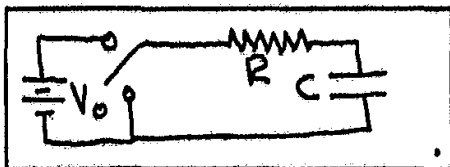
Regression of $39.4384^{\circ}P2N05L4, LONGITUD$
on $P2N05L4, PERIOD0^{\circ}2$



Objetivos

- 1.-Obtener experimentalmente la relación entre el Voltaje y /o la Corriente y el Tiempo.
- 2.-Calcular Observar y medir el efecto de corte a 4τ
- 3.-Establecer una analogía entre el circuito RC y la ley del Decaimiento Radioactivo

Análisis Previo



R resistencia (ohm) C capacidad (farads) V voltaje (volts)

En el digrama anterior, Aplicando la segunda ley de Kirchooff al circuito en la fase de descaraga se tiene que:

$$-RI - q/C = 0$$

en base a la definición de condensador y de la ley de Ohm. De la definición de corriente $I = dq/dt$ sustituyendo se obtiene:

$$dq/dt + (1/RC)q = 0$$

la cual tiene por solución $q = q(t) = CV (1 - e^{-t/RC})$ donde q es la carga en el condensador. y t el tiempo .

La solución anterior para la carga electrica es experimentalmente inmanejable ya que hay serias dificultades para medir la carga eléctrica en el condensador como tal , lo que sí es fácil medir es la corriente eléctrica la cual a su paso por una resistencia

se traduce en un voltaje tambien fácil de medir (Hay que medir lo que los instrumentos permitan)

Por la manera como está definida la corriente queda como:

$I = (V/R) e^{-t/RC}$ y el voltaje a traves de la resistencia como: $V = RI = V e^{-t/RC}$.

Notese que el producto RC da un tiempo ,para que el exponente sea adimensional. A RC se le llama el tiempo de relación del circuito RC y se denota por la letra τ .

Diseño: Para efectos de diseño experimental notese que la corriente maxima a observar es de V/R (para $t=0$) si R es grande entonces $I_{\max}$ es pequeño y habria que ver si se puede medir, si R es pequeña entonces τ es pequeño y el proceso es muy rapido , y no se podría medir como propongo más adelante, con 5 o más puntos se considera que hay suficiente informacion para trazar la curva, por la manera como se van a obtener las mediciones es conveniente que τ sea del orden de 30 seg. ya que a 4τ la corriente y el voltaje se ha reducido a aproximadamente el 81% de su valor inicial es decir del orden de 2 minutos.

Deducción de la Ley de Decaimiento Radioactivo.

Existen en la naturaleza materiales llamados radioactivos que tienen la característica de emitir energía de manera espontanea ésta emision la realizan con un ritmo característico.

La emision se trato de acelerar por muy diversos mecanismos como esfuerzos mecánicos, termicos, ataques químicos etc. y el ritmo de emision radioactiva no se alteraba lo que planteó un

verdadero enigma en el comportamiento del material.

Pierre Curie propuso un modelo teórico que esencialmente consistía en una interpretación NUCLEAR del fenómeno "El ritmo de emisión de energía no se altera por que la energía procede de los núcleos atómicos los cuales están blindados por los electrones orbitales y por eso lo inútil de los intentos de activación , espontáneamente un núcleo atómico se rompe y emite energía (desintegración) y el número de núcleos que se desintegran por unidad de tiempo es directamente proporcional al número de núcleos que haya" lo anterior se puede expresar como:

$$dN/dt = -\lambda N$$

donde λ es la constante de proporcionalidad llamada constante de decaimiento radioactivo y es una característica del material.

N es el número de átomos y t es el tiempo.

Método: Hacer pasar una corriente a través de una resistencia y un condensador electrolítico ambas en serie.

Técnica: Estadísticas de correlación , Regresión Lineal Simple

Descripción: Se conecta en serie a una batería un amperímetro, una resistencia y un condensador electrolítico , un switch de dos polos un tiro . La resistencia tiene conectado en paralelo un multímetro en función de voltmetro así como el condensador. Se acciona el switch y se mide voltaje y/o corriente y tiempo.

Instrumentos de Medición y Equipo

Multímetro Analógico (Amperímetro)

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
TMK	500	depende de la escala

Cronómetro

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
Casio	500	1/100 seg

Resistencia

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
Sin marca	Cerámica	

condensador

MARCA:	MODELO:	PRECISION:
Sin marca	Electrolítico	

Preparación:

1.- Ajuste el cronómetro en la función de Timer a que se dispare cada 5 seg (al dispararse produce un bip) y colóquelo en la mano derecha donde sostiene un plumón suave.

2.- Cargue el condensador ,e invierta la polaridad de los medidores

Procedimientos

1.-Arranque el cronómetro y al oír el primer bip .Accione el switch a la descarga, y marque con el plumón sobre la caratula la posición de la aguja indicadora.

2.-Siga la aguja con el plumón y al oír el bip del cronómetro marque sobre la caratula la posición de la aguja.

3.-Repita 2 tantas veces como sea posible.

Observaciones Operacionales

Realice varias pruebas antes de hacer la corrida definitiva .

Cuadro de resultados

bip	I	V
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

Diagramas de Dispersión

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Análisis Gráfico

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Tratamiento Estadístico de Datos

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Mediciones Indirectas

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Fuentes de Error

El procedimiento requiere de mucha habilidad manual , el grueso del trazo del plumon y el movimiento rapido al inicio de la aguja del medidor pueden provocar errores de medición.

Errores

Se realizó en un paquete estadístico (Statgraphics) y el resultado aparece en las páginas siguientes

Evaluación

-9- la practica

Conclusiones

En el circuito RC la corriente y/o el voltaje decaén de manera exponencial en el tiempo , con lo que se justifica la analogía , el circuito RC por lo anterior resulta una excelente simulación (barata y segura) del fenómeno del decaimiento radioactivo ,

permitiendo realizar el estudio del comportamiento de los materiales radioactivos , los cuales presentan serias dificultades de manejo (seguridad radiológica) .

Recomendaciones.

Las marcas del final del proceso se van a encimar y por lo mismo no las tome en cuenta.

Variable:	voltajer	tiempo
Sample size	11	11
Average	1.87273	50
Median	1.1	50
Mode	0.8	40
Geometric mean	1.12258	
Variance	3.54218	1100
Standard deviation	1.88207	33.1662
Standard error	0.567465	10
Minimum	0.2	0
Maximum	6	100
Range	5.8	100

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: RC.tiempo

Independent variable: RC.voltajer

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	80.1884	6.15535	13.0274	.00000
Slope	-16.12	2.37319	-6.79254	.00008

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	9204.5247	1	9204.5247	46.139	.00008
Error	1795.4753	9	199.4973		
Total (Corr.)	11000.000	10			

Correlation Coefficient = -0.914754
Std. Error of Est. = 14.1243

R-squared = 83.68 percent

Regression Analysis - Exponential model: $Y = \exp(a + bX)$

Dependent variable: RC.voltajer

Independent variable: RC.tiempo

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	1.80159	0.0145058	124.198	.00000
Slope	-0.0337192	2.45192E-4	-137.522	.00000

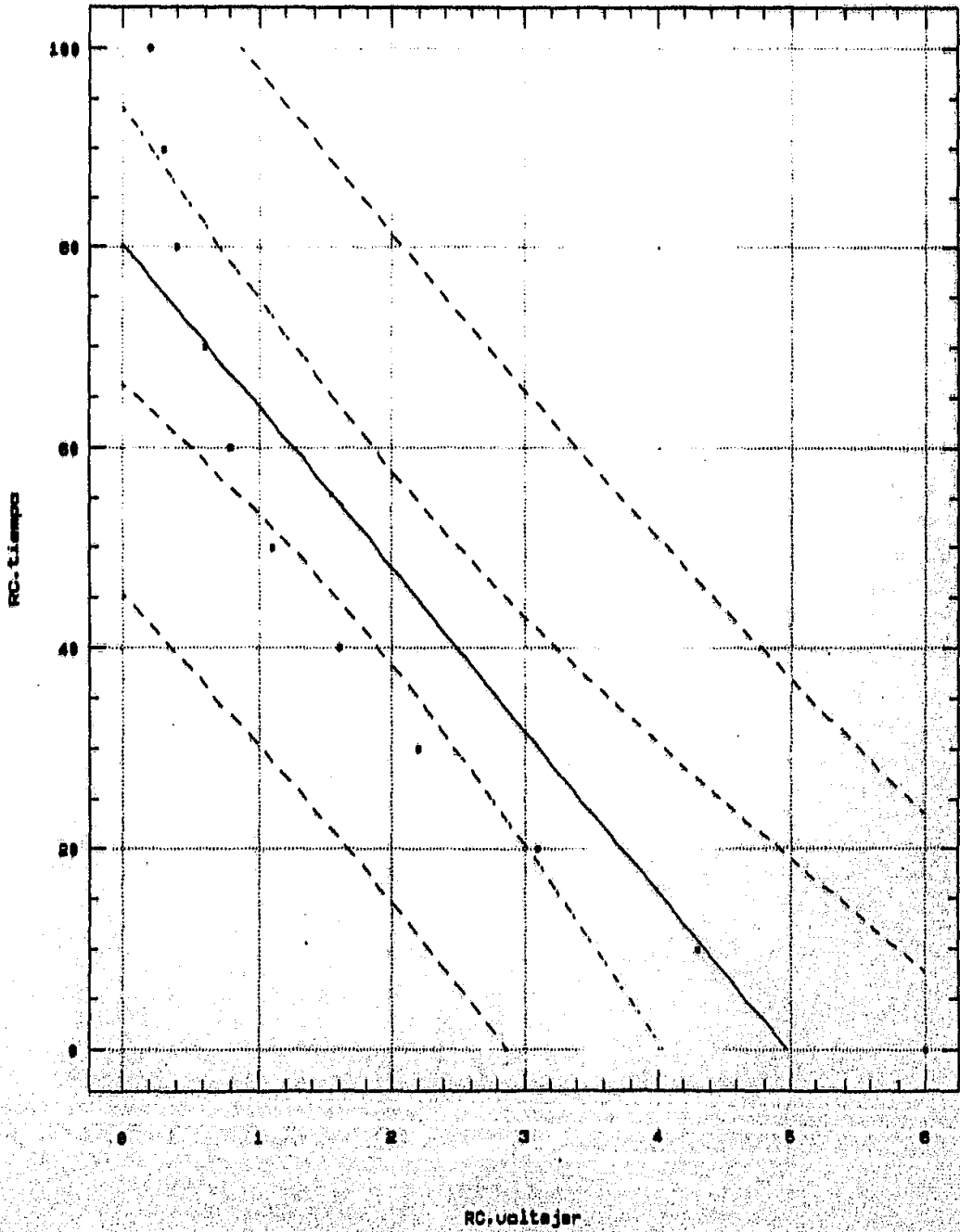
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	12.507	1	12.507	18912.21	.00000
Error	.0059518	9	.0006613		
Total (Corr.)	12.512787	10			

Correlation Coefficient = -0.999762
Std. Error of Est. = 0.025716

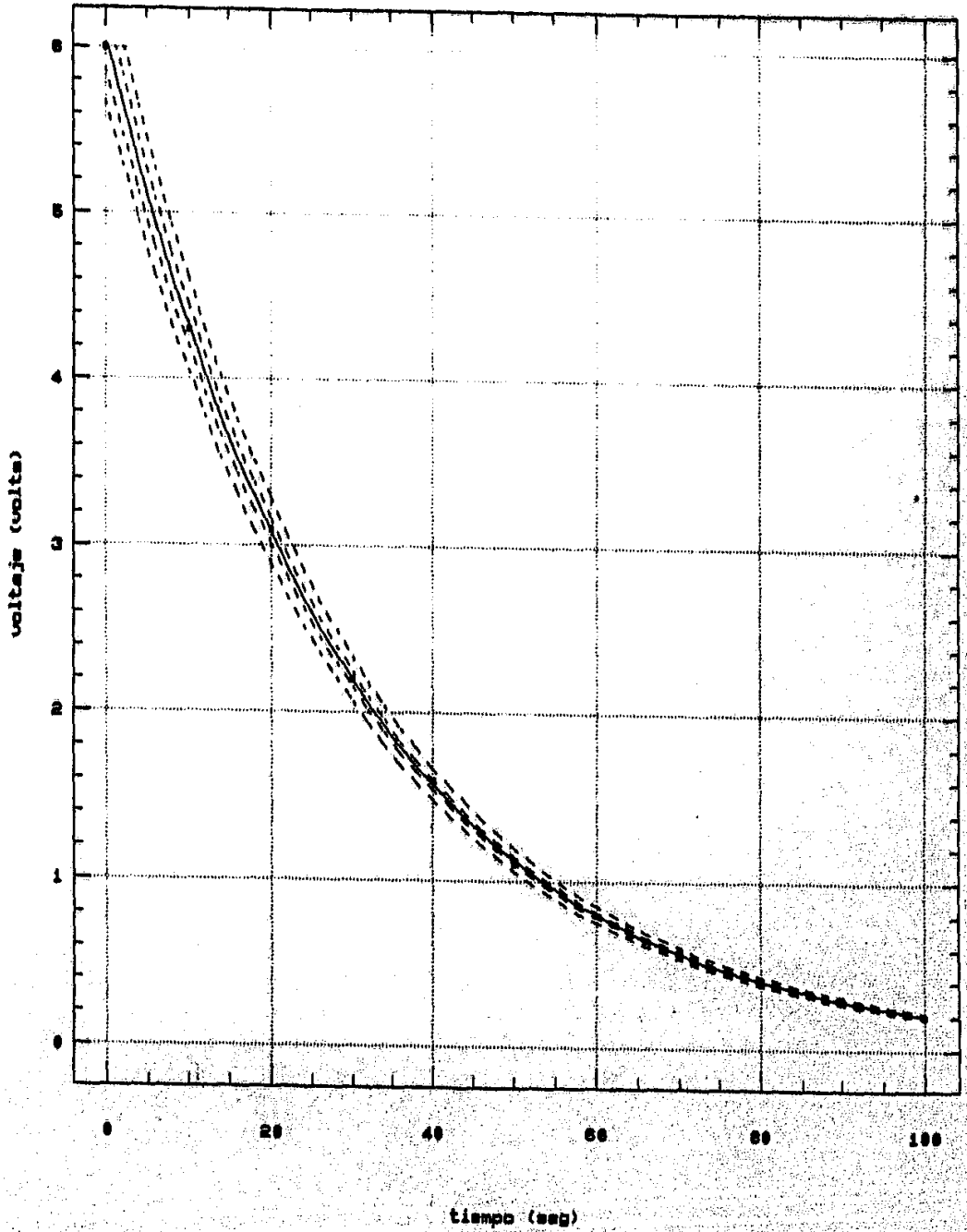
R-squared = 99.95 percent

Regression of RC.tiempo on RC.voltaje



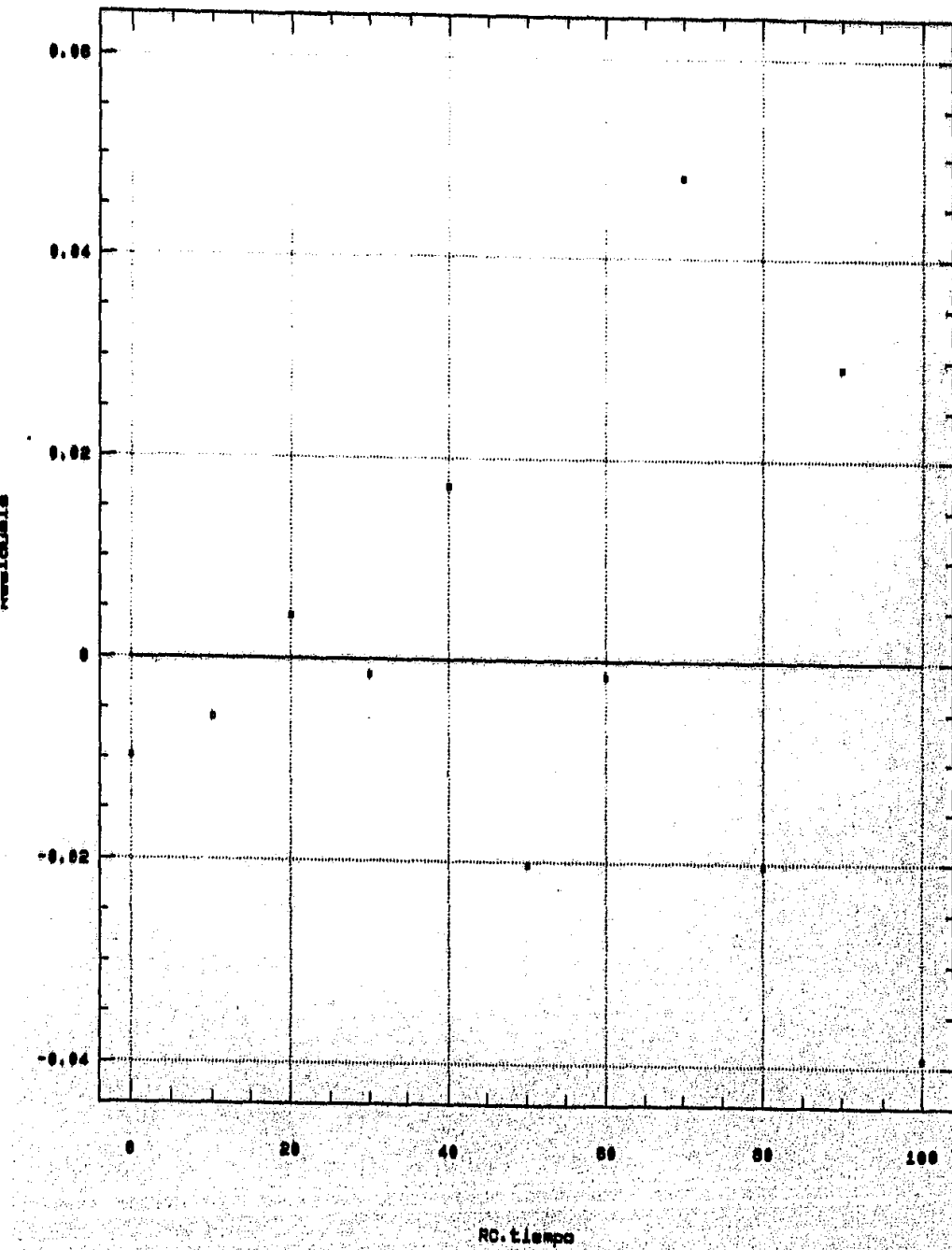
REGRESION EXPONENCIAL

VOLTAGE VS TIEMPO



Regression of RC.voltaje

on RC.tiempo



En los experimentos antes descritos se puede observar que el origen de las grandes Teorías en la Física Clásica fueron grandes experimentos los cuales llegaron a resultados irrefutables por ser observacionales y validados por la Estadística.

Estos resultados viene a ser los puntos de apoyo para los Teóricos de la Física cuyo trabajo consiste principalmente en explicar los resultados experimentales . Historicamente así ha sucedido , sin embargo el estudiante del Laboratorio de Física tiene la idea equivocada de que es el experimento para la Teoría

Se ha dado el caso de que primero se ha dado la Teoría y fué necesario esperar el experimento para validar la Teoría misma pero estos casos son los menos (No hay que olvidar que la Ciencia es flexible) como sucedio con la Teoría de la masa Relativista de los Fotones o la existencia del Neutrino predicciones Teórica que se verificarón más adelante experimentalmente .

En base a los experimentos antes descritos , al estudio de la Historia de la Física y más generalmente Al estudio de la Ciencia se observa que la Estadística ha jugado un papel fundamental en la obtención e interpretación de resultados experimentales así como en el diseño del experimento mismo.

El Ensayador	Galileo Galilei	SARPE 1984
Experimental College Physics	White and Manning	McGraw Hill 1952
Física Práctica	G.L. Squire	McGraw Hill 1972
Física	R. Resnick & D. Halliday	C.E.C.S.A. 1989
Basic Electronics for Scientists	J.J. Brophy	McGraw Hill 1989
Fundamentos de Eléctricidad y Magnetismo	Arthur F. Kip	McGraw Hill 1986
El Protocolo de Investigación Lineamientos para su elaboración y análisis	I. Méndez Ramírez y colaboradores	Trillas 1988
Estadística Matemática	Kreysyg	
Estadística Matemática con Aplicaciones	Mendenhall\Sheaffer \Wackerly	Grupo Editorial Iberoamerica 86

