

Academia de las asignaturas Física Experimental y Fundamentos de Física.

Departamento de Física Experimental

SUGERENCIAS PARA LA IMPARTICIÓN DE LA ASIGNATURA FUNDAMENTOS DE FÍSICA.

TEMA 1. Física e Ingeniería.

Objetivo: El alumno distinguirá su interés por el estudio de la física y valorará la importancia de poseer una actitud crítica y científica como ingeniero; explicará la importancia de la medición en el estudio de la física y aplicará algunos de los procedimientos de obtención y manejo de datos experimentales.

1.1 Concepto de física y su campo de estudio, clasificación de la física: clásica y moderna.

Es muy importante aclarar el concepto de ciencia como un conjunto de conocimientos ciertos y comprobables, metódicamente fundados y sistemáticamente dispuestos y, en especial, el de ciencia natural, así como ubicar dentro de estas a la Física, comentando los aspectos más generales de su campo de estudio, haciendo la distinción con la Biología y la Química. Conviene, para formar en el estudiante una visión útil y suficiente de esta clasificación, el resaltar aquellas partes de esta ciencia que aparecen en los planes de estudio de ingeniería, al menos en la etapa inicial de su formación.

1.2 Conceptos de ingeniería y de tecnología e interacción entre la física y la ingeniería.

Destacar que la ingeniería no es una ciencia, pero sí una actividad humana (disciplina) que para su desempeño pleno, requiere de una formación científica complementada de aspectos empíricos propios de su carrera.

Respecto a la interacción entre la física y la ingeniería es muy importante resaltar que una de las ciencias que más respaldan la labor del ingeniero es la física, de la cual este profesional encuentra y produce aplicaciones diversas. De manera recíproca, la ingeniería ha dado a la física temas que se iniciaron

de manera empírica, de los cuales se han formulado teorías para su mejor comprensión y aplicación como son los casos de las máquinas térmicas y los canales para suministro de agua potable a las poblaciones.

1.3 La observación y el método experimental.

Dar a conocer las fases de este método con explicaciones sencillas, resaltando que no es un método rígido, pero con su guía se han obtenido conocimientos que han favorecido la estructuración de la ciencia. Entre sus fases podemos mencionar: la observación, formulación de hipótesis, experimentación, análisis de resultados (validación o rechazo de hipótesis), formulación de teorías y leyes.

1.4 Proceso de diseño en ingeniería.

En este subtema se debe presentar al estudiante el procedimiento general que se emplea en la ingeniería en la obtención de una solución de un problema. Este procedimiento se denomina: proceso de diseño y lo componen las cinco fases siguientes: formulación del problema, análisis del problema, búsqueda de soluciones, toma de decisión y especificación.

1.5 Mediciones directa e indirecta.

Un aspecto esencial de la física es que su estudio se basa en la observación y análisis de los fenómenos naturales en los que las sustancias no modifican su composición. Para explicar dichos fenómenos se recurre a su modelado a través de experimentos en los que se hace imprescindible cuantificar los cambios que ocurren en las características de las sustancias (propiedades) y de las variables que rodean al experimento y poder determinar a través de las mediciones, la influencia de dichas condiciones en los efectos que provocan.

Es muy útil y conveniente el comentar que al trabajar en el laboratorio, al requerir la medición de alguna cantidad física que no pueda ser comparada directamente con el patrón o unidad (medición directa) resulta necesario obtener dicho valor, tomando como base otras mediciones (indirectas) con magnitudes que se relacionan con la cantidad física requerida en un principio. Es oportuno en este momento del curso el explicar y ejemplificar las características estáticas de un instrumento de medición (rango, resolución y legibilidad) así como sus características dinámicas (exactitud, precisión y sensibilidad).

1.6 Conceptos de error, error sistemático y error aleatorio.

Es indispensable el definir al error de medición como la diferencia entre el valor patrón o de referencia y el valor medido de la cantidad física bajo estudio. Comentar que el error sistemático de un instrumento tiene relación con la falta de exactitud del mismo, al carecer de la calibración adecuada. Los errores aleatorios que se presentan en las mediciones están relacionados con la precisión limitada del instrumento.

1.7 Sensibilidad de un instrumento de medición, obtención experimental de la precisión y de la exactitud de un instrumento de medición y el proceso de calibración.

Es necesario comentar la gráfica del comportamiento del instrumento de medición denominada curva de calibración, cuya pendiente nos representa la sensibilidad del instrumento; con el mismo conjunto de valores patrones y sus mediciones repetidas, se puede obtener la precisión y la exactitud para cada valor patrón.

Se sugiere enfatizar la diferencia entre precisión y exactitud, ya que en el habla coloquial suelen utilizarse como sinónimos.

Resaltar la utilidad del proceso de calibración en el instrumento antes de utilizarlo para las mediciones.

1.8 Manejo de datos experimentales e incertidumbre de una medición y análisis estadístico elemental de datos experimentales.

Es conveniente obtener la incertidumbre de una medición con elementos estadísticos sencillos y con ayuda del método del mínimo de la suma de los cuadrados obtener la mejor recta que representa a un conjunto de puntos experimentales con tendencia lineal.

En el caso del análisis estadístico elemental se sugiere trabajar únicamente con los parámetros: media, desviación estándar y error estándar de la media; conviene también enfatizar que no son cantidades adimensionales.

1.9 Elaboración de gráficas experimentales con equipo de cómputo; funciones de una variable.

Es este rubro conviene utilizar cualquier paquete de cómputo que permita elaborar gráficos. Se sugiere Excel por ser una herramienta de muy asequible para el alumnado aunque, si el tiempo y las condiciones lo permiten, se puede utilizar Maple o algún otro programa.

También es conveniente resaltar que las gráficas con las que se trabajarán a lo largo del curso tendrán asociadas funciones de una variable.

1.10 Ajuste de curvas con el método del mínimo de la suma de los cuadrados (método de los mínimos cuadrados).

Para el análisis de datos experimentales con el método del mínimo de la suma de los cuadrados (también llamado método de mínimos cuadrados) se sugiere únicamente comentar en qué se basa dicho método sin demostrar las expresiones matemáticas ya que los elementos necesarios para entender dicha demostración quedan fuera del alcance del nivel de un alumno de primer semestre.

1.11 Concepto de dimensión y de unidad.

Para favorecer la comprensión de la estructura de un sistema de unidades, el estudiante debe tener muy claro que las dimensiones (o magnitudes de base) del sistema son las cantidades físicas que se eligieron para su formación: masa, tiempo, longitud, entre otras, y la unidad es el patrón que se selecciona para compararlo con cada cantidad física; en este caso podrían ser: el kilogramo, el segundo y el metro. Cada sistema de unidades tiene sus dimensiones y sus unidades correspondientes, llamadas de base o fundamentales.

1.12 Definiciones de unidad fundamental o de base y unidad derivada.

Conviene subrayar que las unidades seleccionadas para cada dimensión, o magnitud de base, del sistema se denominan unidades fundamentales o de base; las unidades derivadas se obtienen a partir de las unidades de base (fundamentales) y se expresan utilizando los símbolos matemáticos de multiplicación y división.

1.13 Dimensiones fundamentales, unidades fundamentales y algunas derivadas del Sistema Internacional de Unidades.

Para el análisis de este subtema es muy recomendable apoyarse en la información publicada en el Diario Oficial, con fecha miércoles 27 de noviembre de 2002, referente a la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida. En lo referente a las definiciones de unidades de base, es útil saber que existen pero no se recomienda memorizarlas ya que varias de ellas superan los conocimientos de Física que nuestro alumno promedio posee.

Conviene destacar que las unidades radián y esterradián son unidades derivadas pero son un caso especial ya que son adimensionales (inclusive anteriormente se agrupaban en un tercer grupo: unidades suplementarias).

Conviene en este subtema, comentar brevemente la diferencia entre un sistema de unidades absoluto y uno gravitatorio. Es importante destacar que un sistema de unidades del tipo absoluto es aquel que incluye entre sus dimensiones a la masa pero no a la fuerza para la cual se obtendrá su unidad como derivada. En forma recíproca, un sistema de unidades de tipo gravitatorio incluye a la fuerza entre sus dimensiones, pero no a la masa por lo cual esta cantidad física se medirá con la unidad derivada que se forme con las unidades de base o fundamentales de este sistema. Esta es la distinción esencial entre los sistemas absolutos y gravitatorios.

1.14 Principio de homogeneidad dimensional.

Se recomienda ejemplificarlo con expresiones matemáticas no tan sencillas pero que el alumno ya haya visto en bachillerato, como por ejemplo la Ley de gravitación universal de Newton.

TEMA 2. Gradiente de presión.

Objetivo: el alumno analizará experimentalmente algunas propiedades de fluidos y obtendrá experimentalmente la ecuación del gradiente de presión.

2.1 Campo de estudio de la mecánica de fluidos; cuerpo sólido y fluido ideal; concepto de medio homogéneo e isótropo.

Conviene discutir los conceptos de masa, volumen, volumen específico, densidad, densidad relativa, peso y peso específico con la finalidad de contar con más elementos para la comprensión del experimento de laboratorio.

Se sugiere establecer para cantidad física analizada: sus unidades en el SI, unidades en otros sistemas así como su expresión dimensional. Se recomienda también clasificar a estas propiedades en intensivas y extensivas, de esta manera será muy sencillo establecer el concepto de medio homogéneo.

2.2 Principios de Pascal y de Arquímedes.

En este subtema conviene primero establecer el concepto de presión, que es el cociente de la magnitud de una fuerza de contacto que actúa en forma perpendicular sobre un área de contacto. Es aconsejable recalcar que, con base en el Principio de Pascal, se trata de una cantidad escalar.

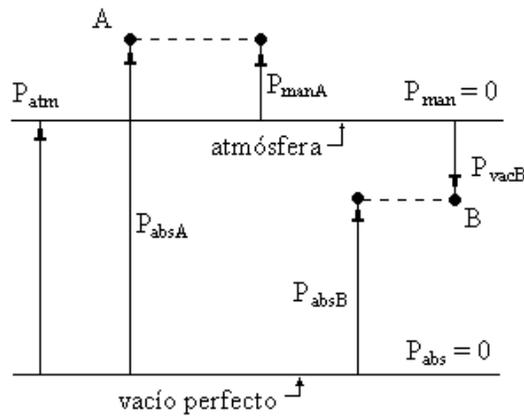
2.3 Ecuación del gradiente de presión para fluidos en reposo.

A partir del concepto de presión y del Principio de Arquímedes tratados en el punto anterior, se sugiere deducir la ecuación del gradiente de presión recalcando que en un líquido en reposo, la variación de la presión es función exclusiva de la variación de altura (o profundidad). Es aconsejable relacionar la deducción del gradiente de la presión con la experiencia física del estudiante.

2.4 Medición de la presión; presiones absolutas y relativas.

En este subtema, conviene resaltar el empleo de otras unidades para medir esta cantidad física además de la unidad del SI; por ejemplo: el bar, la atmósfera, los milímetros de mercurio, libra fuerza sobre pulgada cuadrada, etc.

Por otra parte, conviene apoyarse en un gráfico como el siguiente para que se comprenda la relación entre la presión absoluta, la relativa y la manométrica:



Aquí también conviene recalcar que un manómetro mide con respecto a su entorno el cual no siempre es aire a la presión atmosférica.

2.5 Presión atmosférica y el experimento de Torricelli.

En este rubro es importante destacar que el barómetro de Torricelli mide una presión absoluta ya que su referencia es el vacío absoluto.

2.6 Registro, tabulación y representación gráfica de la presión en función de la profundidad en un líquido en reposo, su modelo matemático e interpretación física de la pendiente de la recta obtenida.

En este punto conviene recalcar que la profundidad puede considerarse como una altura negativa y que la presión que se medirá será manométrica. En el experimento de laboratorio conviene enfatizar que la lectura que arroja el manómetro, al medir la presión atmosférica del lugar, es cero (no marca desnivel alguno); por otra parte, conviene también hacer evidente que la lectura del manómetro no cambia cuando el sensor se desplaza en el plano horizontal, a diferencia de lo que sucede cuando se desplaza en una línea vertical.

También resulta bastante ilustrativo resaltar que si la gráfica fuera de la presión absoluta en función de la profundidad, la pendiente se mantiene pero la ordenada al origen representa el valor de la presión ambiente.

TEMA 3. Capacidades térmicas específicas.

Objetivo: El alumno determinará e inferirá experimentalmente la capacidad térmica específica de algunas sustancias mediante la aplicación de la primera ley de la termodinámica para sistemas cerrados y aislados.

3.1 Campo de estudio de la termodinámica.

Es imperativo que el estudiante se forme un concepto sobre el campo de estudio de la termodinámica que incluya el análisis de las formas de energía de una sustancia y las propiedades con las que están asociadas dichas energías. Aclarar que las únicas formas que se conocen para modificar la energía de una sustancia es a través de las energías en tránsito: calor y trabajo que no son propiedades de la sustancia. En otras palabras, destacar que la Termodinámica estudia las interacciones térmicas (calor), las interacciones mecánicas (trabajo) así como el cambio en el valor de las propiedades de las sustancias al efectuarse dichas interacciones.

3.2 Equilibrio térmico; la ley cero de la termodinámica y el concepto de temperatura.

El concepto de temperatura debe incluir el hecho de que es una propiedad termodinámica de tipo macroscópico y ligada de manera directa con el equilibrio térmico y la Ley cero de la termodinámica cuyo mensaje es “todo cuerpo tiene una propiedad llamada temperatura la cual tiene el mismo valor cuando dos sustancias están en equilibrio térmico y viceversa”.

Conviene enfatizar que un sistema está en equilibrio termodinámico si mantiene el equilibrio térmico, mecánico, de fase y químico.

3.3 Medición de la temperatura; temperatura empírica: escala de Celsius y temperatura absoluta: escala de Kelvin.

Conviene resaltar que la escala de Kelvin se basa en una referencia impuesta por la naturaleza por lo que no podemos tener valores negativos de temperatura en dicha escala. También es importante enfatizar que un cambio de temperatura en la escala de Celsius equivale a uno en la escala de Kelvin; es decir: $1 \Delta K = 1\Delta^{\circ}C$.

3.4 Concepto de energía, energías en tránsito: calor y trabajo.

En este aspecto es importante resaltar la clasificación de la energía dependiendo de cómo se manifiesta, además de recalcar que tanto el calor como el trabajo son energías en tránsito y que no son propiedades de una sustancia.

3.5 Descripción del fenómeno de transmisión de calor por conducción, convección y radiación.

Para este curso, conviene únicamente describir en forma general dichas formas de transmisión de calor sin entrar en detalle en modelos matemáticos asociados a dichos fenómenos.

3.6 Conceptos de capacidad térmica y de capacidad térmica específica.

Una propiedad relevante en los cambios de temperatura al proporcionar o retirar energía en forma de calor es la capacidad térmica específica (llamado también en forma incorrecta *calor específico* ya que el calor no es propiedad) la cual podemos asociar a la cantidad de energía en forma de calor requerida para que una unidad de masa logre un cambio unitario en su temperatura; es decir:

$$c = \frac{\text{energía transferida en forma de calor}}{(\text{masa unitaria})(\text{variación unitaria de temperatura})}$$

Es importante destacar en este concepto que se trata de una propiedad que no depende de la cantidad de masa, sólo depende de la sustancia analizada y mientras no haya cambio de fase se puede considerar constante.

Puede citarse como ejemplo la capacidad térmica específica del agua en su fase líquida: $c = 4\,186 \text{ [J/(kg}\cdot\Delta\text{K)]}$; esto indica que dicha sustancia requiere 4 186 [J] para que 1 [kg] modifique su temperatura 1 [K]. Apoyándose en el subtema 3.3 de este curso, resulta muy adecuado resaltar que, dado que $\Delta\text{K} = 1 \Delta^\circ\text{C}$ entonces para la capacidad térmica específica de cualquier sustancia tenemos: $[\text{J}/(\text{kg}\cdot\Delta\text{K})] = [\text{J}/(\text{kg}\cdot\Delta^\circ\text{C})]$.

3.7 Concepto de sistema termodinámico y su clasificación y la primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado y aislado.

Ayuda a comprender el concepto de sistema termodinámico la analogía con un diagrama de cuerpo libre en el cual se aísla un objeto del resto del universo para analizar las fuerzas que actúan en él; para el caso del sistema termodinámico, se aísla la sustancia del resto del universo para considerar las transferencias de energía que recibe o que cede el sistema para analizar de qué manera se modifican los valores de sus propiedades.

Para la clasificación de sistemas termodinámicos resulta útil mencionar ejemplos de cada caso y resaltar que el sistema aislado es un caso particular del sistema cerrado.

3.8 La primera ley de la termodinámica, concepto de energía interna y balance de energía para un sistema termodinámico cerrado y aislado.

Con base en el subtema 3.4 de este curso, es importante resaltar que el calor no es una propiedad y que es un tipo de energía en tránsito (al igual que el trabajo); es decir, tanto el calor como el trabajo son mecanismos de transferencia de energía que nos permiten modificar la energía del sistema. Conviene entonces resaltar que podemos modificar la temperatura de un cuerpo sin necesidad de una interacción térmica. Si bien no existe una definición única de energía interna, se puede considerar para este curso que es la energía propia del sistema, cuya variación está asociada al cambio de temperatura.

Como ejemplo se puede considerar una cuenta bancaria en la que se tiene un saldo (energía interna del sistema) y varios mecanismos para disminuirlo o aumentarlo (calor o trabajo) como por ejemplo retiros en cajero automático, expedición de cheques, depósitos en ventanilla, transferencias electrónicas, etc. En este aspecto conviene apoyarse en la primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado (masa constante) en la que:

Transferencias de energía	=	cambio de energía termodinámica del sistema
---------------------------------	---	---------------------------------------------------

Es decir: $\text{Calor} + \text{Trabajo} = \Delta E_T$

donde $\Delta E_T = \Delta E_{\text{cinética}} + \Delta E_{\text{potencial grav.}} + \Delta E_{\text{interna del sist.}} = \Delta E_c + \Delta E_p + \Delta U$

Si es despreciable el cambio de energía cinética y el de energía potencial gravitatoria, entonces se puede escribir:

$$Q + W = \Delta U$$

En este subtema es útil resaltar que lo anterior no es más que el Principio de conservación de la energía para un sistema cuya masa permanece constante y se puede considerar despreciable el cambio de energía mecánica (suma de energía cinética y potencial gravitatoria).

3.9 Registro, tabulación y representación gráfica de la temperatura en función del tiempo de transferencia de energía en forma de calor a una sustancia, su modelo matemático e interpretación física de la pendiente de la recta obtenida.

Para entender adecuadamente el contenido de este subtema, conviene recordar con los estudiantes los conceptos de potencia, diferencia de potencial eléctrica y corriente eléctrica así como la relación entre estas cantidades físicas.

Con base en el balance de energía para la primera ley de la Termodinámica para un sistema cerrado y considerando que no hay transferencia de energía en forma de trabajo, tenemos que:

Calor	=	Variación de la
(Q)		energía interna
		del sistema (ΔU)

Como, además en este caso la sustancia no cambiará de fase, el calor transferido se puede calcular como:

$$Q = m c \Delta T ; \text{ por lo tanto: } Q = m c (T - T_{\text{inicial}}) = m c T - m c T_{\text{inicial}} ;$$

Por otra parte, sabemos que la energía se relaciona con el tiempo a través de la potencia; es decir:

$$Q = P t ;$$

donde la potencia eléctrica P se puede evaluar como el producto de la diferencia de potencial por la corriente eléctrica $P = V_{ab} I$.

De esta manera de manera natural se puede establecer el significado físico de la pendiente del modelo matemático que relaciona la temperatura de la sustancia en función del tiempo de transferencia de energía en forma de calor.



en la que la pendiente es: $m = \frac{P}{C} t + T_{\text{inicial}}$, donde P es la potencia eléctrica, C la capacidad térmica de la sustancia y T_{inicial} la temperatura inicial de dicha sustancia.

TEMA 4. Movimiento Ondulatorio.

Objetivo: El alumno describirá y analizará el fenómeno ondulatorio estudiando experimentalmente algunas variables físicas relevantes asociadas a dicho fenómeno y obtendrá experimentalmente la rapidez de propagación de una onda.

4.1 Concepto de onda, ondas longitudinales y transversales; ondas estacionarias y viajeras.

Es conveniente iniciar el tema con el concepto más general y claro de lo que es una onda; con base en éste explicar los conceptos de onda viajera, ondas longitudinales, transversales y estacionarias. En el concepto de onda conviene recalcar que lo que se propaga es energía y no materia. Conviene

señalar ejemplos de ondas longitudinales y transversales, además de resaltar que el sonido es un ejemplo de las primeras y la luz de las segundas.

Para las ondas estacionarias es muy conveniente comentar que dependiendo del número de nodos y antinodos que presentan estas ondas, por ejemplo en una cuerda tensa, se identifican los diferentes modos de vibración como se obtendrán experimentalmente en el Laboratorio.

4.2 Ondas mecánicas y ondas electromagnéticas.

Se sugiere incluir la clasificación de las ondas dependiendo de la necesidad de un medio de propagación o no; es decir, en ondas mecánicas y ondas electromagnéticas. Como ejemplo del primer caso conviene mencionar al sonido y como ejemplo del segundo la luz.

4.3 Naturaleza de la luz y del sonido.

Con base en el subtema anterior, se sugiere establecer una descripción breve de las características principales de la luz y del sonido.

4.4 Concepto de amplitud, longitud de onda, frecuencia, frecuencia angular y rapidez de propagación.

La obtención de la función de onda para una onda armónica unidimensional, prototipo de onda periódica, permite definir e identificar fácilmente los conceptos: amplitud, longitud de onda, periodo, frecuencia, rapidez de propagación, frecuencia angular y número de onda (también llamado constante de propagación). Para la relación entre frecuencia (f) y frecuencia angular (ω); es decir para $\omega = 2 \pi f$ debe quedar claro al estudiante que las unidades del factor 2π son [radianes/ciclo].

4.5 Función de onda.

Se sugiere describir brevemente la función de onda (y) en forma matemática y apoyarse en la función sinusoidal (función seno o coseno) que se analiza en el curso paralelo "Cálculo y Geometría Analítica". Resaltar que dicha función de onda depende de dos variables: la posición (x) y el tiempo (t); por el alcance del curso, se sugiere limitarse únicamente a la descripción de la onda

de la forma: $y(x, t) = A \cos(kx - \omega t)$ donde A es la amplitud, k es el número de onda y ω es la frecuencia angular. Para este apartado, se sugiere apoyarse en una breve descripción del movimiento armónico simple.

4.6 Registro, tabulación y representación gráfica de la longitud de onda en función de la frecuencia, su modelo matemático e interpretación física de la pendiente de la recta obtenida.

En la realización del experimento de la cuerda tensa, es recomendable que la cuerda sea inextensible y que la masa m_s que se suspenda en la cuerda para tensorla sea de 100 [g] o menos, dicha masa será constante y como resultado de esto, la tensión F en la cuerda no cambiará. Si la cuerda es inextensible, su densidad lineal $\mu = \frac{m_c}{\ell_c}$ será constante, ya que m_c (masa de la cuerda) y ℓ_c (longitud de la cuerda) serán fijas. De esta forma la rapidez de propagación v de las ondas en la cuerda será fija, por que $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, para todos los modos de vibración. Para obtener cada uno de los modos de vibración posibles con el equipo disponible, se variará la frecuencia del impulsor de ondas hasta obtener el modo 1, el 2, ..., etc. y se medirá la longitud de onda $\lambda_1, \lambda_2, \dots$, etc. Con los valores de las frecuencias para cada modo de vibración: f_1, f_2, \dots , etc. como abscisas y las longitudes de onda $\lambda_1, \lambda_2, \dots$, etc. como ordenadas se puede construir un modelo gráfico, su inconveniente es que no es un modelo lineal. Si se realiza un cambio de variable y en lugar de las frecuencias se calculan los periodos correspondientes a cada modo, se puede obtener una distribución de los puntos experimentales de forma muy aproximada a una recta.

Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales.

M. I. Rigel Gámez Leal.

Semestre 2016-1, enero de 2016.

Se agradece la participación de los profesores de la asignatura que durante el semestre 2016-1 asistieron a las Reuniones de Academia y enriquecieron la primera versión de este documento.

Martín Bárcenas Escobar

Eduardo Bernal Vargas

Violeta Luz María Bravo Hernández
Juan Carlos Cedeño Vázquez
José Rafael Cuellar Lara
Esther Flores Cruz
Rigel Gámez Leal
Gabriel Alejandro Jaramillo Morales
M. del Carmen Maldonado Susano
Catarino Fernando Pérez Lara
Luis Enrique Quintanar Cortés
Luis Andrés Suárez Hernández
Manuel de Jesús Vacio González
Alfredo Velásquez Márquez