

LABORATORIO DE FISILOGIA PARA LA ENSEÑANZA
DE LA INGENIERIA BIOMEDICA

Martínez A. Frost G. Rodríguez I. Herrera J.

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Área de Ingeniería Biomédica

RESUMEN

Se describe un laboratorio de apoyo a la enseñanza de la Ing. Biomédica en los campos de Fisiología e Instrumentación, en donde se pretende integrar en lo posible dichos campos. Se describen los avances que ha tenido este proyecto así como sus metas.

INTRODUCCION

La Ingeniería Biomédica es una disciplina de la ciencia y la tecnología que involucra la aplicación de los principios y teorías de la Ingeniería a la Biología y al campo Médico. Los ingenieros biomédicos pueden ubicarse en diversas áreas: desde la investigación en ciencias básicas, instrumentación hospitalaria, diseño de órganos artificiales, simulación de sistemas fisiológicos etc.

Es obvio que, con este rango tan amplio de posibilidades, la educación en ingeniería biomédica puede dirigirse a un amplio espectro de conocimientos, que van desde electrónica, mecánica de fluidos, transferencia de calor y masa, materiales, óptica, radiación, termodinámica, microprocesadores, instrumentación, biomecánica, etc. Así pues, para integrar un Ingeniero Biomédico, además de lo anterior, debe tener conocimientos de anatomía, bioquímica, biofísica, medicina y fisiología. (1), (2), (3).

Un programa de educación formal no puede cubrir las disciplinas citadas extensivamente (Es por ello que algunas Universidades proponen que la I.B. (Ingeniería Biomédica) no puede darse a nivel de licenciatura, sino a nivel posgrado). Sin embargo, puede concentrarse sobre las ciencias básicas y la tecnología, es-

timulando la creatividad e innovación del estudiante.

Los programas de I.B. de licenciatura, empiezan a desarrollarse a principios de los 70's, debido a la necesidad de emergencia para producir ingenieros altamente calificados. (2).

En los programas de enseñanza de esta licenciatura, se enfoca más a los conocimientos técnicos que a la información específica médica o biológica. Sin embargo, la familiaridad y la experiencia en estos conceptos son una característica que el profesional de esta área debe manejar. La integración de la tecnología con las ciencias biológicas en un paquete educacional es una necesidad importante que debe considerarse. (Ver Tablas I, II).

La educación de la I.B. de licenciatura es tan deseable como válida. La aplicación de principios de la ciencia e ingeniería a biología y medicina es sustancialmente diferente que para otros campos ingenieriles para garantizar una disciplina especializada. (2).

El ingeniero biomédico puede ubicarse en diferentes áreas, entre las cuales están las siguientes:

- 1) Diseñar y construir instrumentos y dispositivos médicos tales como, marcapasos cardíacos, vasos sanguíneos artificiales, prótesis de válvulas cardíacas, riñones artificiales, articulaciones, brazos y piernas.
- 2) El uso de micro y minicomputadoras para monitorizar pacientes en una cirugía o en una unidad de cuidados intensivos.
- 3) Diseño y construcción de instrumentos no invasivos para la medición de signos vitales.
- 4) Docencia y asesoramiento.
- 5) Diseño de laboratorios clínicos y hospitales.
- 6) Aspecto del estudio de la conducta de animales y humanos usando sistemas técnicos ingenieriles.

Como una pregunta de didáctica es: ¿Cómo la bioingeniería está clasificada? Se podría clasificar de acuerdo con la interrelación entre el paciente y el dispositivo médico. Esta interrelación está caracterizada por un flujo-energía, eléctrica o no,

T A B L A II

DATOS ESTADÍSTICOS EN LA COMPOSICIÓN DEL CURRÍCULO DE I.B. EN LAS UNIVERSIDADES
DE LA TABLA I

	CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES.	MATEMÁTICAS	CIENCIAS NATURALES	MEDICINA	ING. OPTATIVA TECNICA.	OPTATIVA LIBRE	TOTAL DE CRÉDITOS- HORA.
Media	21.6	17.0	16.3	11.9	50.5	7.8	130.9
Desviación Estandar.	6.0	2.8	3.6	5.9	13.2	9.6	5.8
Rango	3.31	9.22	8.23	0.23	29.76	0.38	5.8
Porcentaje.	16.5	13.0	12.5	9.1	38.5	5.9	4.4

Fuente: (?)

T A B L A I

Porcentajes relativos de contenido técnico y biológico en el curriculum de Ingeniería Biomédica.

UNIVERSIDAD	PORCENTAJE TECNICO	PORCENTAJE BIOLÓGICO
Marquette	60	40
Michigan Technological	60	40
Syracuse	65	35
Rensselaer Polytechnic Ins titute.	68.5	31.5
Pennsylvania	75	25
Brown	80	20
Case Western Reserve	80	20
Tulane	86	14
California State	90	10
Purdue	90	10
New México	90	10
Duke	95	5
MEDIA:	78.3	21.7

FUENTE: (2).

a un cambio de flujo-información y la dirección del flujo, por ejemplo, del paciente al dispositivo, en el caso del equipo de diagnóstico, o en dirección opuesta en el caso del equipo terapéutico. La dirección de la interrelación puede ser determinada también en el caso de dispositivos que no hacen contacto directo con el paciente, como es el caso de los dispositivos de laboratorio usados con muestras del paciente. Fig.1.

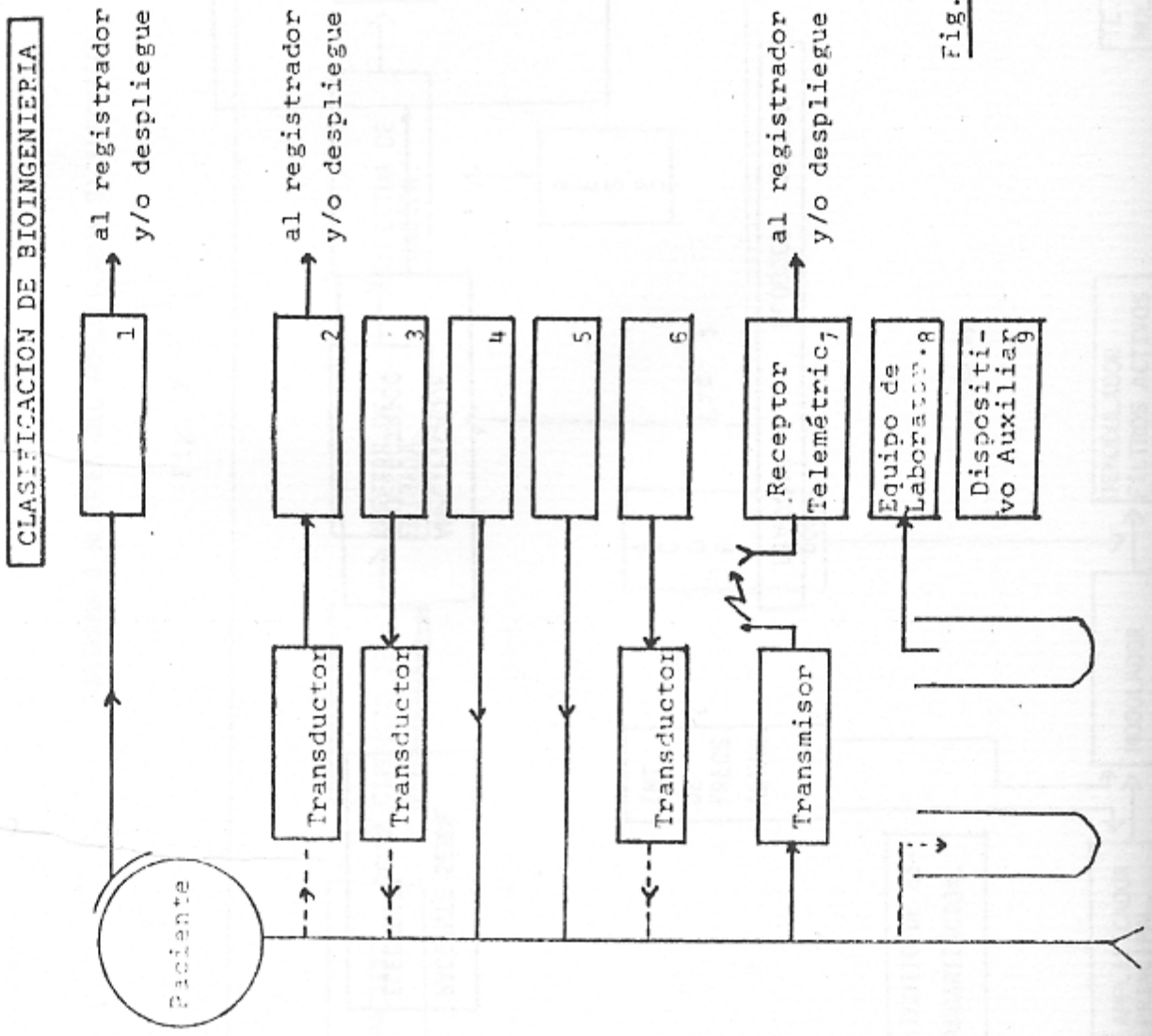
Arnet (7) reporta un programa de instrucción en instrumentación biomédica en el cual se imparten diez prácticas que incluyen medición de biopotenciales, electrodos, y transductores de presión, así como también, ultrasonido y gasto cardíaco por dilución térmica. BeMent y colaboradores (5), (6) presentan un curso similar pero con aplicación de computadoras además de plantear que el estudiante, a través de este curso, se prepare para que realice investigación en estos campos.

DESCRIPCION

El tipo de información previa nos hizo reflexionar sobre los siguientes aspectos. En primer lugar ¿Qué tanta carga de Medicina y Biología tienen las licenciaturas en nuestras Universidades en donde se imparte I.B.?. En segundo lugar, es el hecho de que se dan desligadas, una de otra, la ingeniería y la medicina. En tercer lugar, si se tiene un laboratorio en donde se puedan hacer registros médicos y además se aplique el aspecto ingenieril y, en el mismo laboratorio por separado, en donde se aprenda prácticamente el uso y caracterización de ciertos transductores.

El cuestionamiento de cuánta teoría o, si la teoría que se imparte, respecto a Medicina, es la necesaria, no es tema de este escrito, sin embargo, consideramos que se debe tener por lo menos el 20% de créditos de carga médica. Además, el temario de ciencias médicas se debe abordar desde un punto de vista físico (mecánico, eléctrico etc.) y continuar con la parte médica en sí, sin llegar a detalles que sólo al médico le conciernen.

Aquí se hace hincapie del aspecto práctico del laboratorio, como un apoyo a la teoría. Sin dejar de considerar, que el laboratorio está en función de ésta.



- 1) Dispositivo de amplificación de potenciales de acción.
- 2) Amplificador de la señal transducida.
- 3) Dispositivo de Audiología.
- 4) Estimulador.
- 5) Dispositivo de termoterapia.
- 6) Ultrasonido.
- 7) Biotelegrafía.
- 8) Dispositivo de laboratorio.
- 9) Dispositivo Auxiliar (por ejem. línea de T.V. para educación.

— efecto eléctrico.
 - - - - - efecto no eléctrico.
 ↔ al paciente.
 → del paciente.

Fig. 1.- Interrelación entre el paciente y el equipo electrónico biomédico. La dirección de interrelación puede ser del paciente al dispositivo o del dispositivo al paciente.

Realizando un estudio de las materias que se imparten en la licenciatura de I.B. se observa que, en cierta manera están divorciadas la medicina de la ingeniería, lo que ocasiona que el estudiante tenga que integrar estos dos tópicos.

El laboratorio que se propone contempla mediciones de biopotenciales, que siguiendo el razonamiento de la Fig.1, la interrelación se da del paciente al dispositivo, es decir de tipo diagnóstico. También se contemplan medición de muestras de pacientes y la caracterización de transductores. Por ejemplo, se toma el registro de un potencial bioeléctrico, se analiza desde el punto de vista físico y biológico y se conocen las características, uso y manejo del equipo.

Para el registro de las señales mencionadas con anterioridad, el laboratorio cuenta con el siguiente equipo:

1) Tres amplificadores bioeléctricos H.P., los cuales tienen como características principales las siguientes:

a) Selector de frecuencias de corte superior e inferior que varían de 150 a 0.5 Hz., para conformar el filtro pasabanda.

b) La ganancia del amplificador puede variarse de 50 a 100,000 en el modo EEG; de 5 a 10,000 en ECG y AC y de 0.5 a 1000 en el modo de DC.

c) El tiempo de respuesta, después de hacer un 'reset' es de 1.5 seg.

2) Un fisiógrafo Narco-Biosystems, el cual se utiliza en dos modalidades:

A) Como registrador, cuando se utiliza como amplificador el módulo H.P.

B) Como amplificador bioeléctrico, teniendo las siguientes características:

a) Consta de cuatro canales de registro simultáneo.

b) Consta de filtros activos, de segundo orden pasabajos, cuyo rango de frecuencias de corte, es de 1 a 10 KHz.

c) La sensibilidad de la amplificación varía en el intervalo 2 a 1000 mv/cm.

3) Osciloscopio de memoria H.P. de 10 MHz., con una sensibilidad de 0.1 mv/div, el cual es un sistema alterno de registro.

Ver figuras 2, 3, 4.

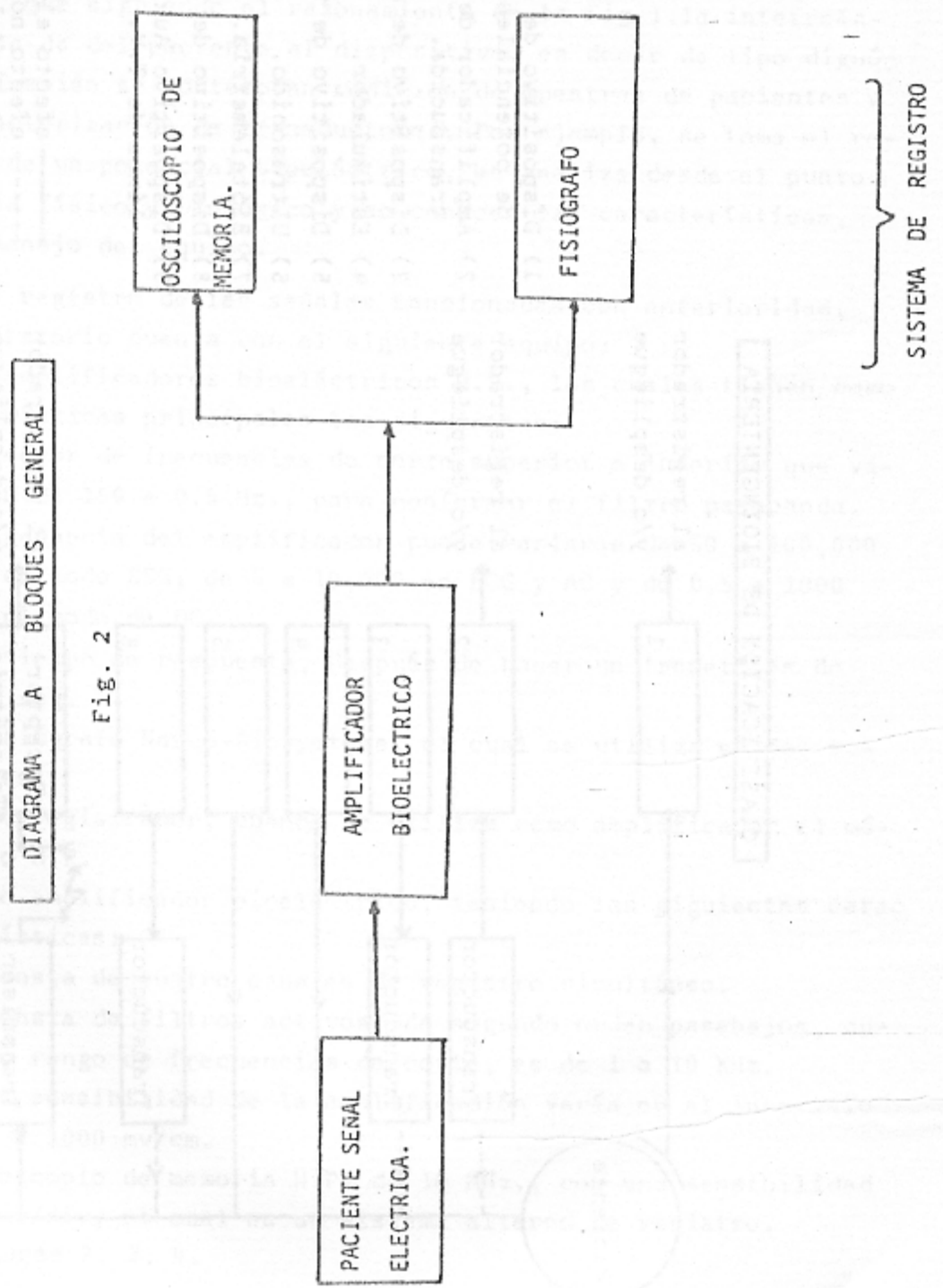
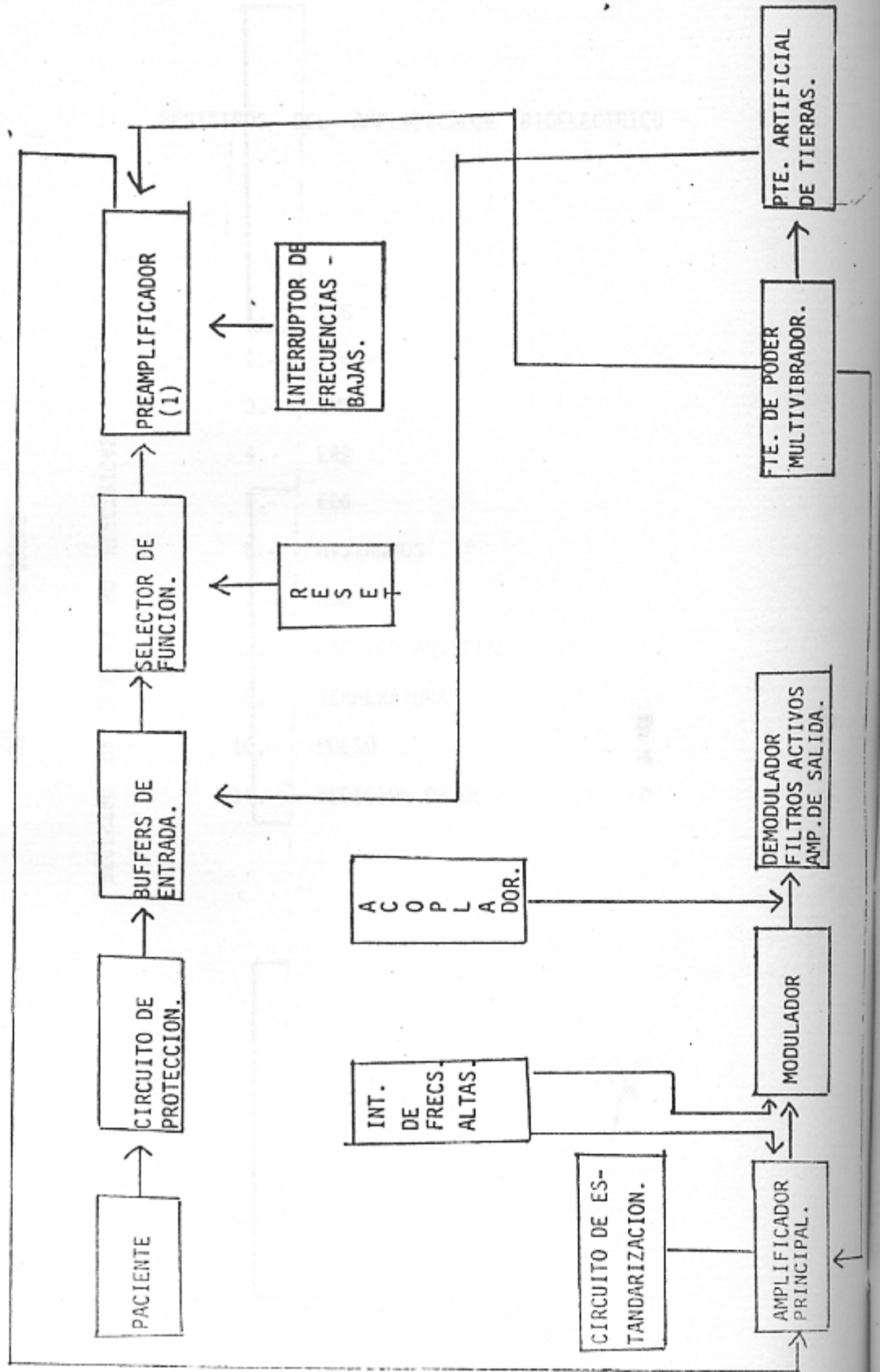
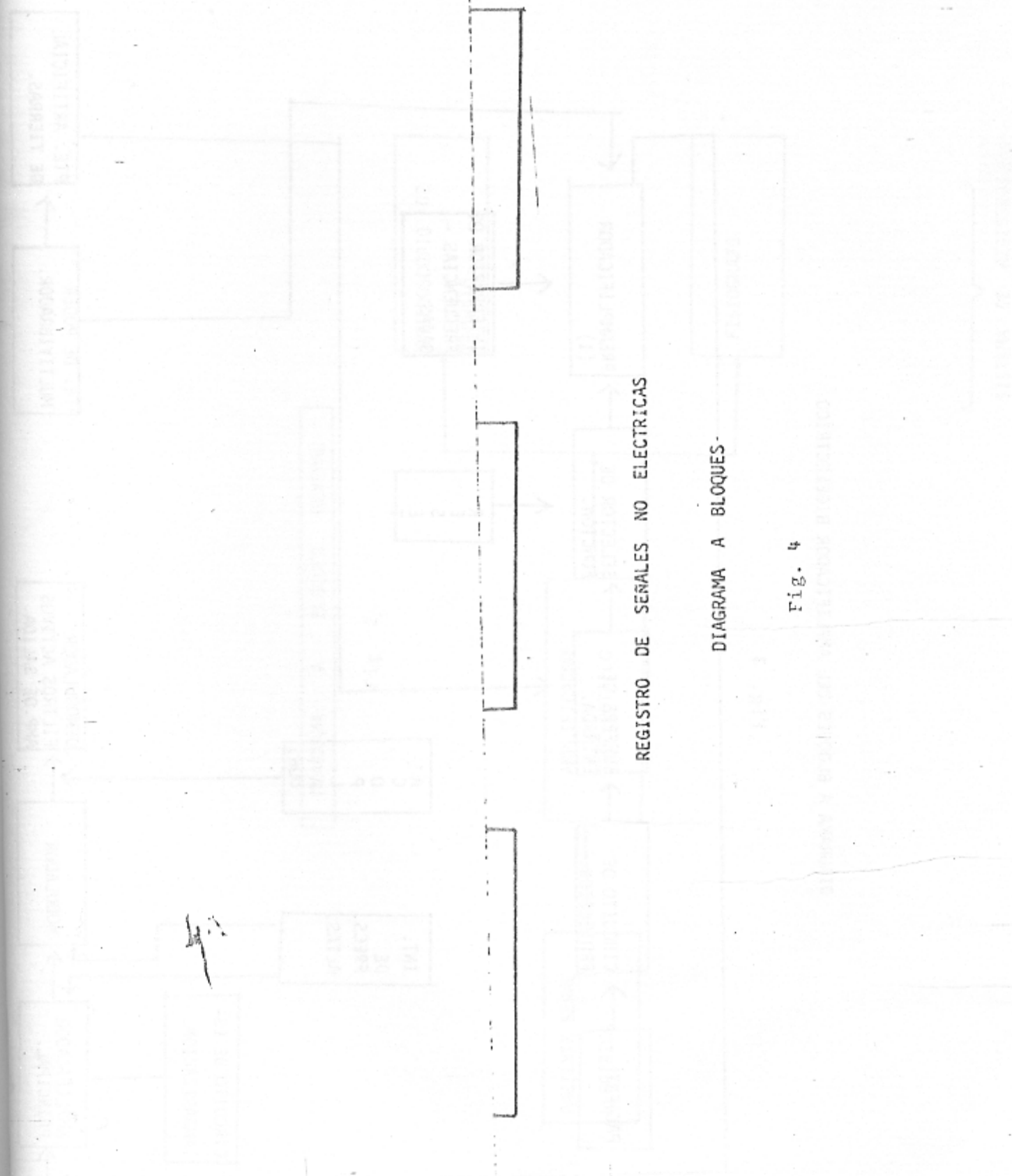


DIAGRAMA A BLOQUES DEL AMPLIFICADOR BIOELECTRICO

Fig. 3





REGISTRO DE SEÑALES NO ELECTRICAS

DIAGRAMA A BLOQUES

Fig. 4

REGISTROS DEL AMPLIFICADOR BIOELECTRICO

- 1.- ECG
- 2.- EEG
- 3.- EMG
- 4.- ERG
- 5.- EOG
- 6.- NYSTAGMUS
- 7.- GSR
- 8.- PRESION ARTERIAL
- 9.- TEMPERATURA
- 10.- PULSO
- 11.- MEDICION DE DC

Además de esto se cuenta con balanzas, tanto analítica como gravimétrica; baño María, espectrofotómetro, centrífugas, cámaras de Neubauer, multímetro digital, generador de funciones etc.

El laboratorio cuenta con 16 prácticas que comprenden: adquisición de señales bioeléctricas, caracterización de transductores y laboratorio clínico. Los registros que se obtienen tienen un sentido académico, no se pretende que estos sirvan para apoyar un diagnóstico.

RESULTADOS

Este laboratorio ha tenido que implementarse, en lo concerniente al equipo, con partes de otros o con equipos incompletos, los cuales no estaban en uso o se encontraban subutilizados. El trabajo consistió en repararlos, en su caso, y acoplarlos lo cual se logró a plena satisfacción, a pesar de las dificultades que se presentaron.

Las prácticas diseñadas han cumplido su cometido, es decir, reforzar el conocimiento teórico adquirido, experimentar personalmente determinados fenómenos fisiológicos, comprenderlo y manejar el equipo utilizado.

Se ha trabajado con alumnos de pre y posgrado de I.B., a los cuales se les ha tratado de fomentar una conciencia de investigación necesaria para su formación.

METAS A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.

El objetivo final de este laboratorio, es implementar una infraestructura tal que el alumno de pre y posgrado tengan los elementos suficientes para reafirmar sus conocimientos teóricos y que puedan realizar proyectos de investigación en el campo de la medicina.

La meta a corto plazo, es obtener todo el provecho posible al equipo ya existente en el laboratorio.

A mediano plazo. Adquirir microcomputadoras para simular sistemas biológicos.

A largo plazo. Análisis en tiempo real de las señales adquiridas.

Finalmente, desarrollar un laboratorio en donde a base de módulos, el alumno decida qué filtro usar, qué amplificación necesita etc. de tal manera que construya el equipo para poder registrar la señal que desea.

DISCUSION

El diseño y la infraestructura del laboratorio aquí planteado, no pretende en ningún momento ser algo innovador, en realidad se puede realizar en forma simple, por ejemplo, en las escuelas de medicina cuentan con el equipo tal, que pueden realizar los registros de biopotenciales aquí planteados sin ningún problema. Pero, el enfoque aquí dado es la multidisciplinaridad de su filosofía que es muy importante, ya que en nuestras universidades no se tiene algo parecido o está parcializado.

Finalmente se concluye que en nuestras instituciones hay equipo que no es utilizado o es subutilizado y se puede rescatar para poder ser integrado a la docencia e investigación.

El costo de un laboratorio de este tipo es muy relativo, ya que si se adquiere todo en unidad cada equipo, podría evaluarse alrededor de \$50 millones. Con lo que hasta ahora se cuenta en este laboratorio, ha tenido un costo de aproximadamente de \$6 millones, sin contar el equipo rescatado. Para complementar este sistema se requieren de aproximadamente \$ 5 millones divididos en microcomputadores y equipo y materiales adicionales.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Katona, Z. Position of bioengineering education in Hungary.
J. Med. Eng. and Tech. Vol. 3, No. 3, May 1979.
 - 2.- White J. and Plonsey R. Does undergraduate Biomedical Engineering Education produce real Engineers?
I.E.E.E. Trans. Biomed. Eng. Vol. BME-29, No.5, May 1982.
 - 3.- Scott, R.N. Education and certification of biomedical Engineers in Canada.
J. Med. Eng. and Tech. Vol. 3, No.4, July 1979.
 - 4.- Potvin, A., Long, F., Webster, J. Biomedical Engineering Education: Enrollment, Courses, Degrees, and Employment.
I.E.E.E. Trans Biomed. Eng. Vol. BME-28, No. 1, Jan. 1981.
 - 5.- BeMent, S., Owins, C. Bioelectric Measurements: Research preparation with experimental Realism.
I.E.E.E. Trans. Educ.. Vol. E-15, No.1, Feb. 1972.
 - 6.- BeMent, S., Owins, C. A Senior-Graduate level course in Biomedical Instrumentation and Computing.
I.E.E.E. Trans. Educ. Vol. E-19, No. 4, Nov. 1976.
 - 7.- Arnett, D. Development of Modular Laboratory Equipment for Instruction in Biomedical Instrumentation.
I.E.E.E. Trans. Biomed. Eng. Vol. BME-25 No. 5, Sep 1978.
-