

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO EN ELECTRONICA Y CONTROL

" SISTEMA OPTOELECTRONICO  
PARA DETECCION DE COLORES  
EN SOLUCIONES ACUOSAS "

VICTOR HUGO AGUILAR VALENCIA

Quito, agosto de 1995.

## CERTIFICACION.

Certifico que la presente tesis ha sido elaborada en su totalidad por el Sr. Víctor Hugo Aguilar Valencia , bajo mi dirección.

Dr. Hugo Banda Gamboa.  
DIRECTOR DE TESIS.

## **AGRADECIMIENTO.**

- Al Dr. Hugo Banda G. por su valiosa colaboración.
  
- A todas aquellas personas que directa o indirectamente han colaborado en el desarrollo de la presente tesis.

Victor Hugo

## DEDICATORIA.

- A la memoria de mi abnegada madre, quien supo dejarme las más grandes e impercederas enseñanzas.
- A mi esposa Ivonne, a mi tío José y a mi padre.

Víctor Hugo

# INDICE

PAGINA

## CAPITULO I : GENERALIDADES.

1.1.	Introducción .....	1
1.2.	Sensores Opticos .....	3
1.2.1.	Introducción .....	3
1.2.2.	Sistemas de Optoelectrónica .....	3
1.2.3.	Emisión de fotones de energía .....	5
-	Fotodiodos .....	7
-	El control remoto infrarrojo .....	8
1.3.	Los Colorantes y los Alimentos .....	11
1.3.1.	Introducción .....	11
-	Definición .....	13
1.3.2.	Breve reseña histórica de los colorantes .....	13
1.3.3.	Legislación del uso de los colorantes alimenticios .....	14
1.3.4.	Descripción de los colorantes más usados y los permitidos por la Food and Drug Administration ..	15
1.3.5.	Normas de identidad y pureza, toxicidad .....	17
-	Principios que regulan la evaluación toxicológica	18
-	Extrapolación de los datos animales al hombre ...	19
-	Estudio de los colorantes no permitidos .....	20
-	Clasificación de los colores alimenticios según la evaluación de su toxicidad .....	21
1.3.6.	Identificación de los colores .....	24
1.4.	Campo de aplicaciones .....	25
1.4.1.	Introducción .....	25
1.4.2.	Las encuestas .....	25
1.4.3.	Análisis de aplicabilidad .....	26

## CAPITULO II : HARDWARE DEL SISTEMA.

2.1.	Requerimientos del sistema .....	28
------	----------------------------------	----

2.2.	Descripción general del sistema .....	29
2.2.1.	Diagrama de bloques del sistema .....	29
2.2.2.	Descripción del sistema .....	31
2.3.	Diseño del prototipo del tanque .....	35
2.4.	Diseño del sensor optoelectrónico .....	38
2.4.1.	Introducción .....	38
2.4.2.	Circuito Emisor .....	40
-	Oscilador de onda rectangular .....	41
-	Emisor de rayos infrarrojos .....	44
2.4.3.	Circuito Detector .....	47
-	Voltaje de polarización reducido .....	49
-	Convertidor corriente-voltaje .....	50
-	Filtrado .....	50
-	Preamplificación .....	51
-	Filtro pasabanda .....	55
-	Diseño del filtro pasabanda .....	59
2.4.4.	Circuitos impresos de el emisor y el receptor ...	61
2.5.	La adquisición de datos .....	62
2.5.1.	Introducción .....	62
2.5.2.	Acondicionador de señal .....	63
2.5.3.	Tarjeta de adquisición de datos DAS-128 .....	65
2.5.3.1.	Descripción de funciones disponibles .....	65
2.5.3.2.	Asignación de direcciones .....	67
2.5.3.3.	Operación del puerto bidireccional .....	72
2.5.3.4.	Instalación .....	73
2.5.3.5.	Software .....	73
2.6.	Circuitos auxiliares .....	76
2.6.1.	Circuito para señalización .....	76
2.6.2.	Manejo de el motor para el agitador .....	77

### CAPITULO III : SOFTWARE DEL SISTEMA.

3.1.	Requerimientos del programa .....	82
3.2.	Herramientas para el desarrollo del programa ....	83
3.2.1.	Entorno físico (hardware) .....	83
3.2.2.	(Software) .....	84

3.3.	Diseño de los módulos del programa .....	84
3.3.1.	Modulo 1: Presenta.CPP .....	85
3.3.2.	Modulo 2: Sisopto.CPP .....	85
3.3.3.	Modulo 3: Análisis.CPP .....	85
3.3.4.	Modulo 4: Memoria.CPP .....	87
3.3.5.	Modulo 5: Global.H .....	87
3.3.6.	Modulo 6: Salida.CPP .....	88
3.3.7.	Modulo 7: Ventana.CPP .....	88

**CAPITULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES.**

4.1.	Procedimiento experimental .....	99
4.2.	Pruebas de hardware del sistema .....	101
4.3.	Pruebas de software del sistema .....	122

**CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

5.1.	Análisis y discusión de los resultados experimentales .....	127
5.1.1.	Limitaciones del equipo .....	130
5.2.	Análisis y discusión técnico-económico del equipo .....	133
5.3.	Conclusiones .....	136
5.4.	Recomendaciones .....	138

BIBLIOGRAFIA .....	142
--------------------	-----

**ANEXOS**

ANEXO A:	Manual de uso.
ANEXO B:	Fotografías del equipo.

## APENDICES

APENDICE I : Las Encuestas

APENDICE II : Circuitos Impresos

# C A P I T U L O I

## GENERALIDADES.

1.1. INTRODUCCION.

1.2. SENSORES OPTICOS.

1.3. LOS COLORANTES.

1.4. CAMPO DE APLICACIONES.

# CAPITULO I.

## GENERALIDADES.

### 1.1. INTRODUCCION.

Las guerras, sin duda alguna, sirven para desarrollar la electrónica. La guerra por ganar el mercado consumidor, lleva a los fabricantes a buscar productos electrónicos cada vez más eficientes y de menor tamaño. Los CIs (circuitos integrados) efectúan operaciones cada vez más rápidas y están llegando a sus límites. Con este creciente desarrollo de la electrónica y de los sistemas digitales integrados a gran escala, la tendencia actual de la industria es tratar de que sus procesos sean automatizados, reemplazando los anteriores equipos por sistemas electrónicos más versátiles, confiables y de menor tamaño físico.

Sin embargo, no es posible aumentar mucho más la velocidad de procesamiento de los integrados empleados (por ejemplo en las computadoras). No se trata de la falta de capacidad de los ingenieros, sino de las limitaciones impuestas por la misma naturaleza.

Ante esto surgen como gran alternativa los sistemas de origen óptico basados en el transporte de fotones de energía, en vez del tránsito común de electrones utilizado por la electrónica.

Un sistema óptico puede ser tan simple como el encendido de una lámpara, o tan sofisticado como los existentes en las fábricas industriales. Se lo puede aplicar de muchas formas para un sin fin de aplicaciones en las ramas técnicas de la ciencia.

El presente trabajo pretende diseñar y construir un sistema óptico que pueda observar ciertos detalles en una solución colorante-líquido como son el color y su concentración relativa respecto al líquido existente en el recipiente prototipo contruido para el efecto.

Con todo esto, el sector industrial dedicado a actividades como a la alimenticia, y en general de producción, control, uso y distribución de colorantes y anilinas; podrá incorporar este prototipo a sus talleres a bajo costo y con tecnología contemporánea.

En este soporte escrito de la tesis se desarrolla cinco capítulos. En el capítulo I se realiza un análisis general de los conceptos fundamentales referidos al tema, detallando también los resultados de las encuestas realizadas a varias empresas del ramo.

En el capítulo II se analiza el hardware del sistema; así como en el capítulo III se ve el software utilizado para tal efecto.

Las pruebas y resultados experimentales obtenidos, así como el procedimiento experimental a seguirse para realizar las mediciones se indican en el capítulo IV.

Por último, en el capítulo V se analiza y discute dichos resultados, así como el aspecto económico y se incluye las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

Se incluye también la bibliografía utilizada, los apéndices para indicar las entrevistas realizadas y los diseños de los diferentes circuitos impresos utilizados en el desarrollo de la tesis; así como los anexos para mostrar entre otros aspectos a el manual de uso y empleo del equipo y las fotografías del mismo.

## 1.2.        SENSORES OPTICOS.

### 1.2.1.     INTRODUCCION.

En la actualidad, no debe tardar mucho tiempo en salir al mercado la última generación de integrados que tengan cerca de un millar de patitas; bien, ahora nos podemos imaginar el problema que nos va a causar el dibujo de las placas, lo angostas que deberán ser las pistas, los problemas de capacitancia, inductancia, interferencia, emisión de ondas electromagnéticas y otros problemas que se va a tener en esta placa.

La solución está en no usar electrónes pero si fotones para el tremendo tránsito de información. Las pistas para conducir a la luz (fotones) están siendo realizadas con polimeros transparentes y cristales que permiten el paso de fotones con características distintas en la misma pista de conducción. El número de patitas de los integrados se reduce de mil a pocas decenas, sin interferencias ni pérdidas de energía. [Ref. 4] pp - 67

Para que se pueda ubicar de mejor manera al espectro de rayos ópticos, en la figura No.1.1. se muestra todo el rango de frecuencias existentes en la actualidad, donde podemos observar los diferentes espectros, valores de frecuencia y longitud de onda, así como sus respectivos nombres.

### 1.2.2.     SISTEMAS DE OPTOELECTRONICA.

Los sistemas de optoelectrónica encuentran cada día nuevas aplicaciones en el control, medición y regulación de infinidad de procesos. En estos sistemas se utilizan los sistemas de radiación óptica desde las fuentes de radiación hasta los receptores conectados a unidades de control, mediciones y regulaciones.

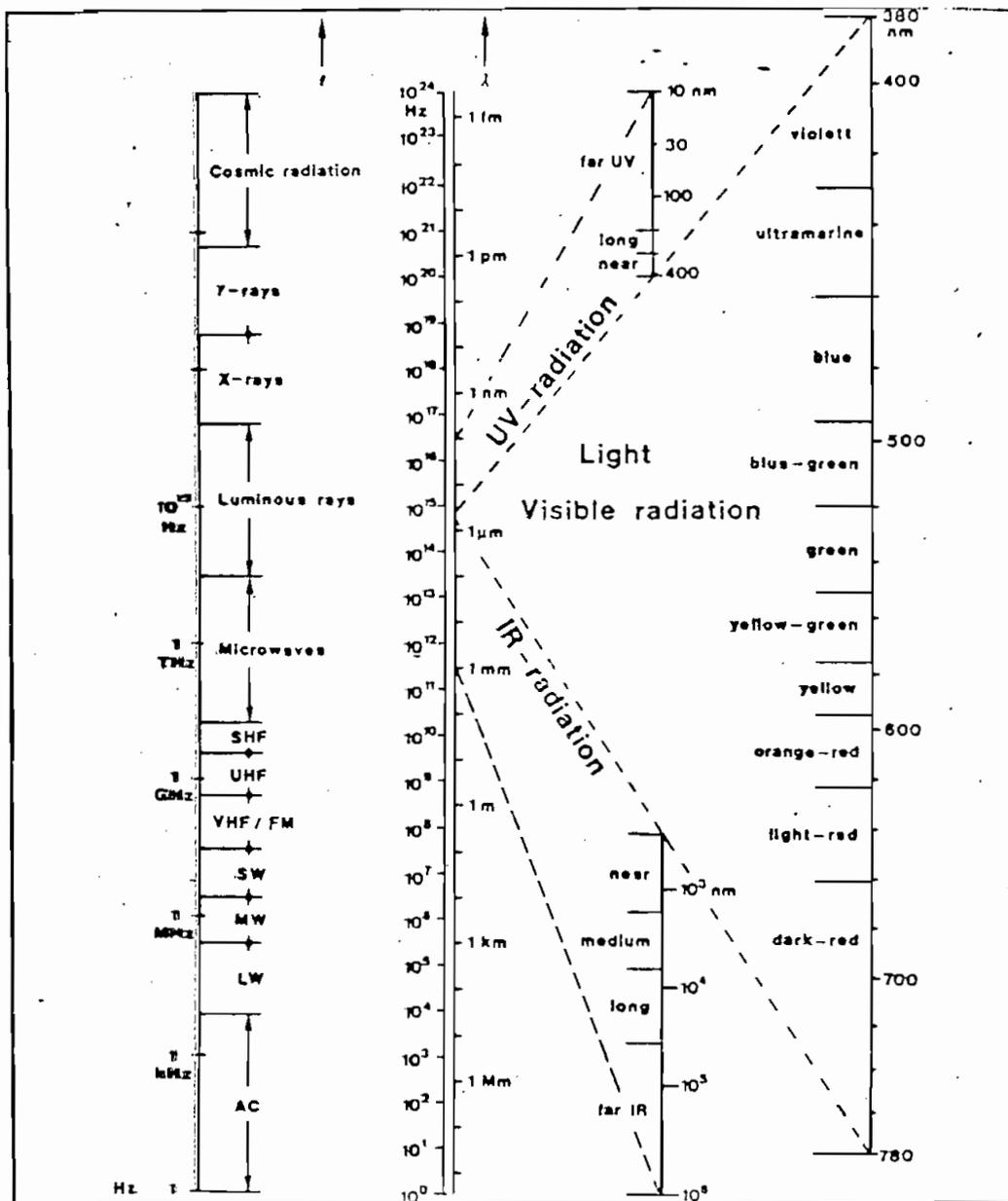
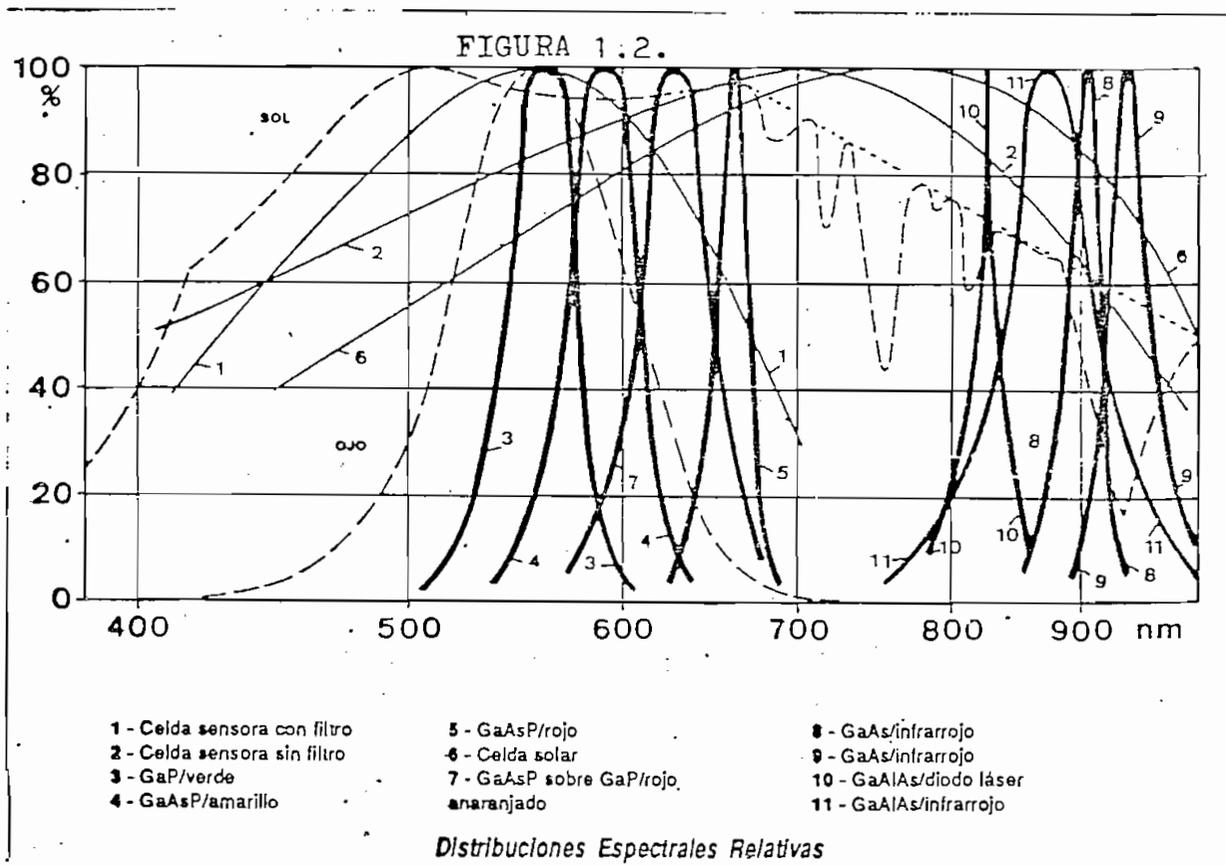


FIGURA 1.1.

Es fundamental seleccionar los componentes teniendo en consideración sus capacidades ópticas, eléctricas y espectrales para las diferentes tareas a ser desarrolladas. Frecuentemente se eligen receptores de Silicio debido a su alta sensibilidad en la recepción de radiación emitida por fuentes como lámparas incandescentes o LEDs de Arseniuro de Galio (GaAs). La figura # 1.2. muestra las distribuciones relativas de sus curvas espectrales.



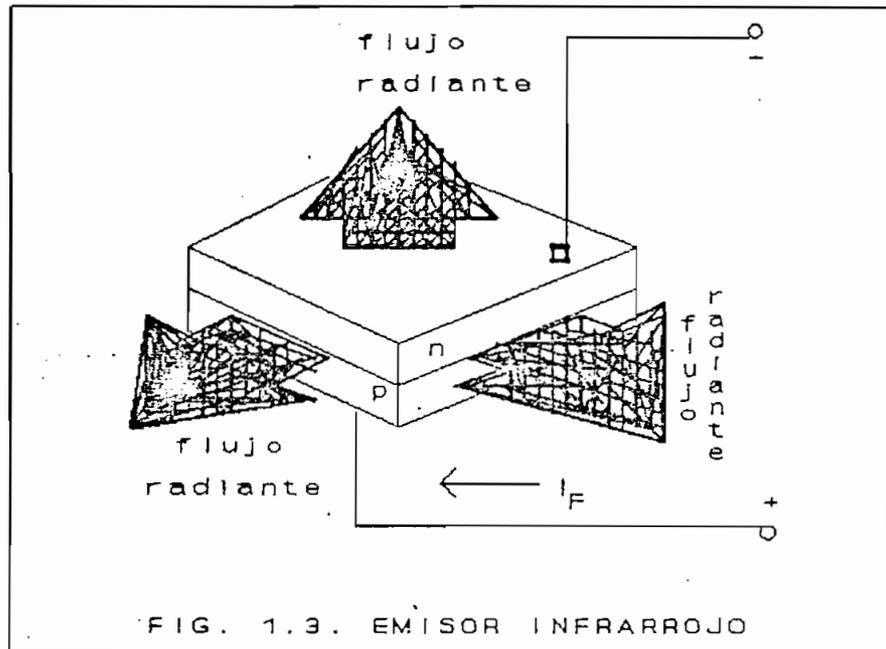
### 1.2.3. EMISION DE FOTONES DE ENERGIA.

Existen dos tipos distintos de semiconductores emisores de fotones: *los diodos emisores de infrarrojo y los láseres de inyección*. Solo nos ocuparemos de los primeros por ser los que vamos a emplear en el desarrollo del sistema.

Los diodos emisores de infrarrojo son diodos p-n en los cuales una fracción de la energía inyectada es desviada a través de transiciones de radiación para el infrarrojo.

Cuando la juntura es separada, electrones de la región "n" son inyectados en la región "p" donde se recombinan con excesos de lagunas. En el proceso radiante, la energía liberada en la recombinación es liberada en la forma de una emisión de fotones. Esos fotones viajan a través de la región de juntura hasta ser ya sea reabsorbidos por el cristal, o bien lograr escapar por la superficie de flujo radiante. [Ref. 6] pp - 60

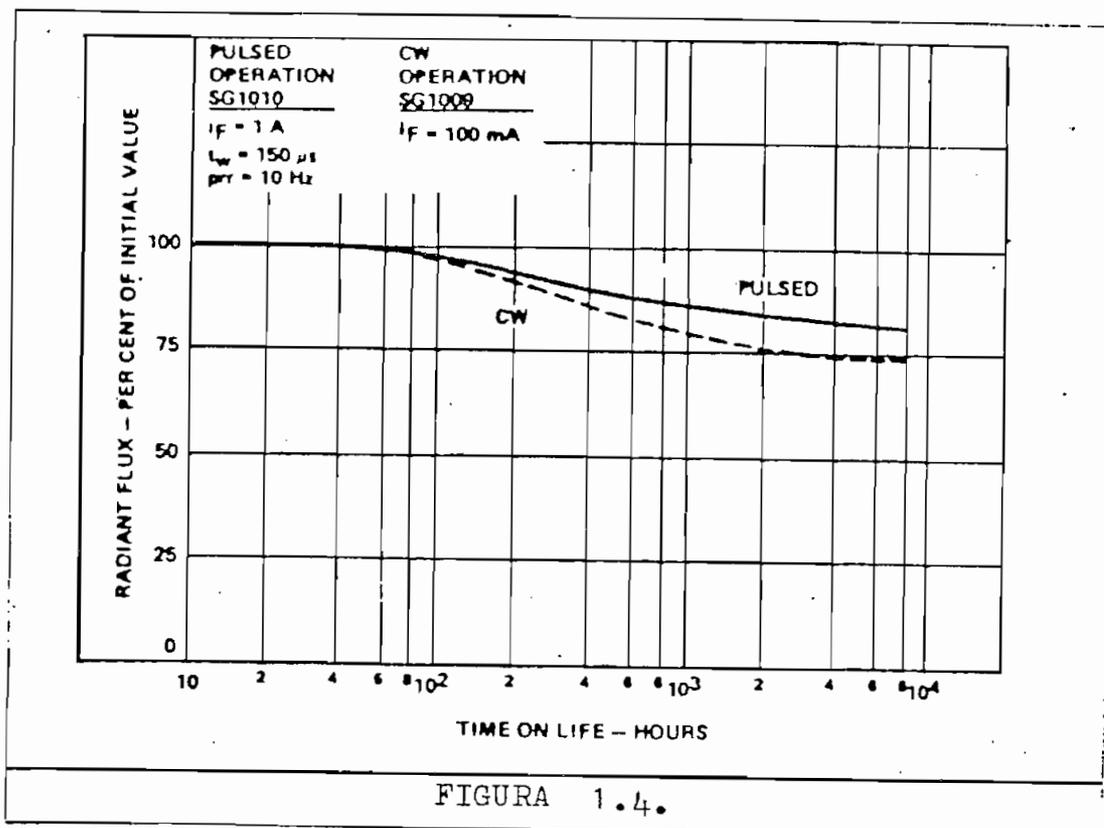
En la figura 1.3. es clara la estructura de un semiconductor emisor infrarrojo (IR-emitting). Este tipo de diodo puede ser operado tanto con corrientes continuas como por pulsantes.



En la estructura clásica de los diodos emisores de IR existen lentes necesarias para controlar la distribución espacial de la energía emitida.

Con el correr del tiempo, todos los diodos y lasers van perdiendo su eficiencia por lo tanto tiene un tiempo de vida útil que es bien definido (estadísticamente). En la figura No.

1.4. están las curvas características de vida de diodos de emisión de infrarrojo para casos de corriente continua (CW) y pulsada. Se puede observar que en el eje horizontal se tiene una escala logarítmica.



Fotodiodos.

[Ref. 9] pp - 62

*de los portadores minoritarios.*

En los fotodiodos el paso de los semiconductores pn existente en todos los diodos, es sensible a la luz. El fotodiodo trabaja en la dirección de bloqueo. La corriente de bloqueo sube bajo la acción de la luz. Sin luz circula una corriente de bloqueo apenas perceptible llamada "corriente de

*oscuridad*". La corriente de bloqueo o también llamada fotocorriente es proporcional a la intensidad luminosa, de forma que los fotodiodos se pueden emplear para medir la luz.

Las cápsulas de los fotodiodos son, o bien de cristal transparente, o bien con una abertura llevando una pequeña lupa a través de la cual puede penetrar la luz sobre la capa de bloqueo sensible a la luz.

En el fotodiodo, a cambio de la fotorresistencia, la corriente de bloqueo y con ello la resistencia interna, siguen sin inercia las variaciones de la luz. Mientras las fotorresistencias sólo se pueden emplear hasta una frecuencia de algunos centenares de Hertz, los fotodiodos se pueden emplear con Gigahertz. El margen de trabajo en funcionamiento de bloqueo va hasta  $-30$  V y en el margen de paso hasta  $+0.2$  V.

A continuación se presentan curvas de corriente del diodo en función de la tensión del diodo para diferentes intensidades luminosas E. (fig. 1.5.) Donde:

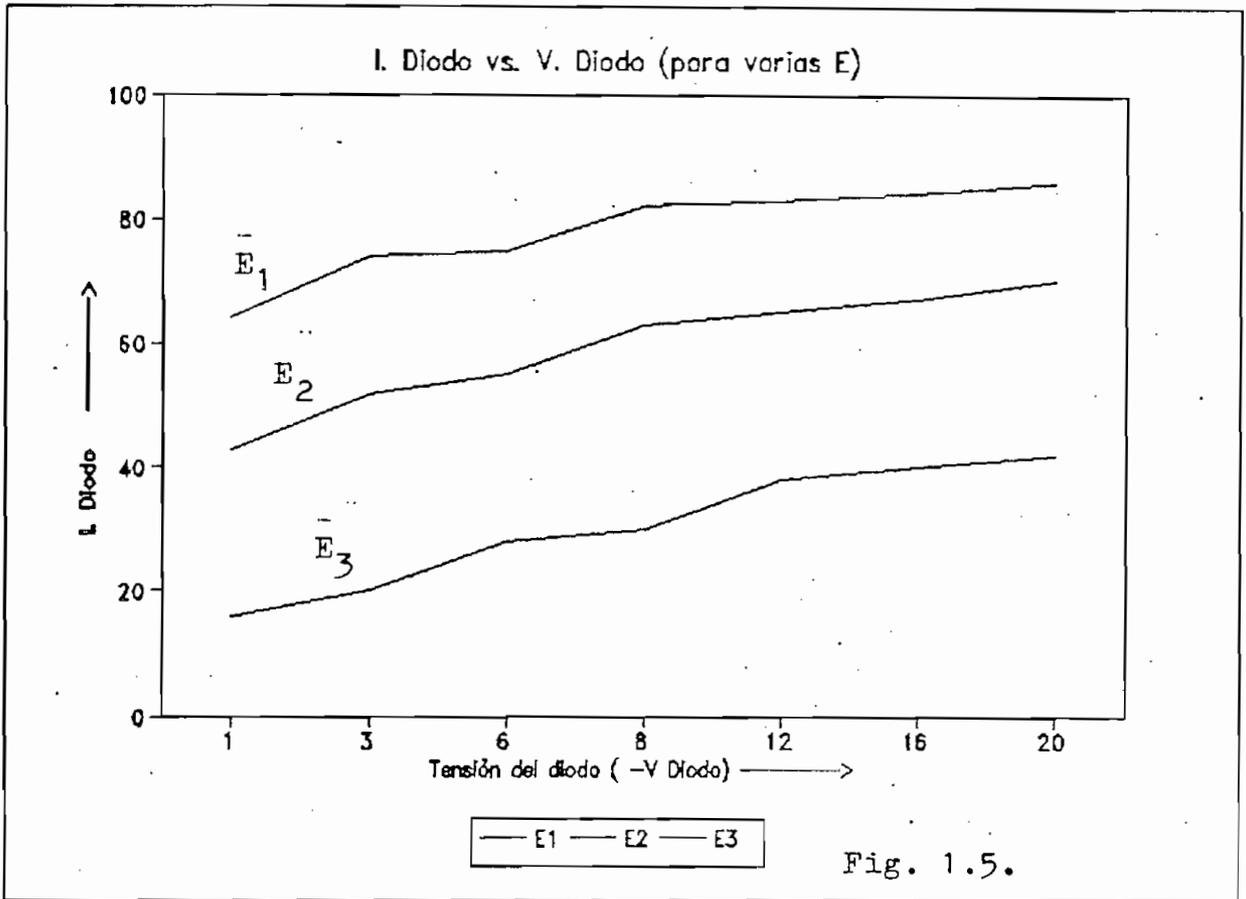
I. Diodo = Corriente del diodo.

V. Diodo = Tensión del diodo.

E = Intensidad luminosa.

### *El control remoto infrarrojo.*

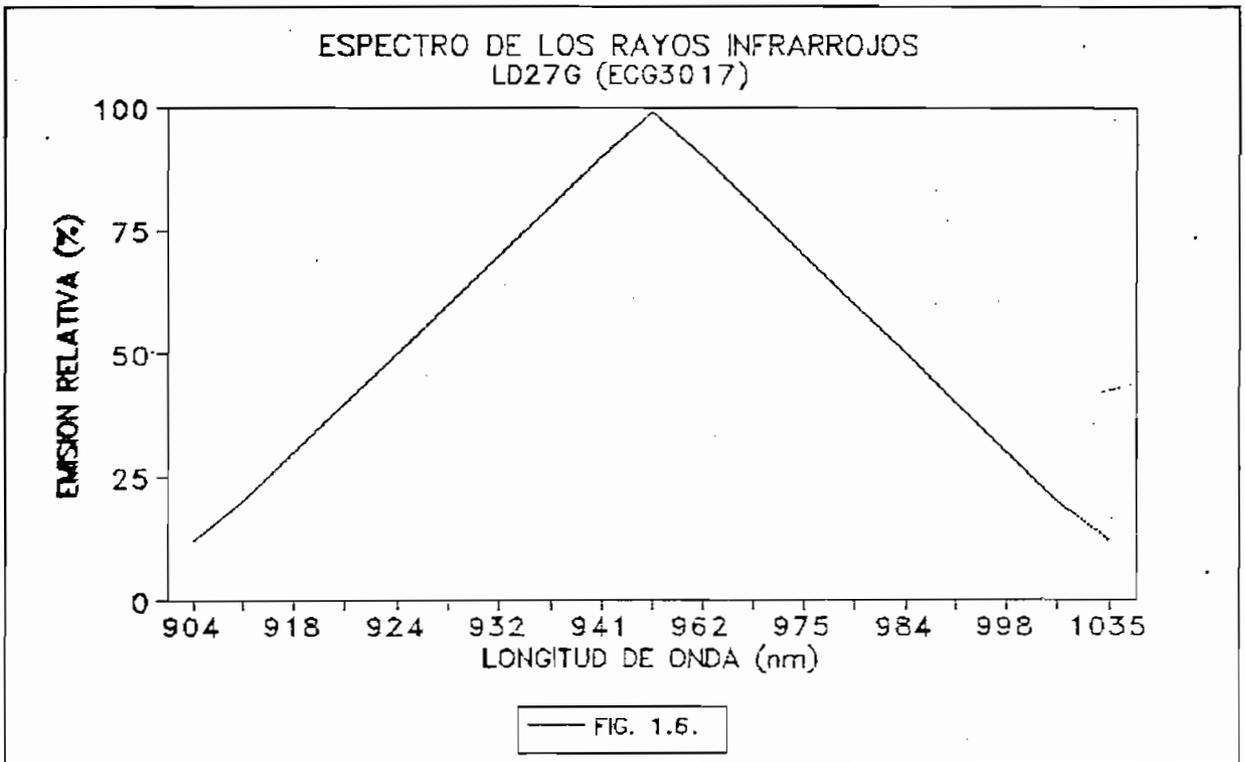
Los rayos infrarrojos fueron adaptados desde hace mucho tiempo como elementos idóneos para dispositivos de control remoto para equipos electrónicos del hogar debido a varias propiedades favorables, que son:



- a) el alcance de los rayos infrarrojos es óptico y por lo tanto confinado a recintos cerrados, sin la posibilidad de interferencia con otros equipos cercanos.
- b) al usar rayos infrarrojos como elemento portador de las señales emitidas por un control remoto, se evita la posibilidad de un accionamiento casual producido por otros equipos o dispositivos, quiere decir que el control remoto infrarrojo no causa interferencias ni es sensible a ellas,
- c) al usar un código de pulsos de carácter digital es posible usar una cantidad casi infinita de funciones, a veces de 30 a 60 funciones diferentes para un mismo equipo.

Estas características han desplazado por completo los anteriores tipos de control remoto, basados en señales de radio frecuencia o ultrasónicas que se usaron durante muchos años en los televisores. En la actualidad se usan sistemas de control remoto no sólo para televisores, sino también para videograbadoras, equipos de audio y de discos compactos.

La base de estos sistemas son los rayos infrarrojos, parte invisible del espectro luminico, que se extiende alrededor de una longitud de onda de 950 nanometros, equivalentes a unos  $3,15 \times 10^5$  Gigahertz de frecuencia. En la figura No. 1.6. se puede observar la curva de respuesta de la emisión relativa en función de la longitud de onda del diodo fotoemisor LD27G (ECG3017), usado en muchos equipos de control remoto infrarrojo.



Estos diodos fotoemisivos, también llamados LED (LIGHT EMITTING DIODE) actúan como transmisores que emiten un haz de rayos infrarrojos que es filtrado por medio de un filtro óptico

adecuado que actúa como circuito resonante y sólo deja pasar determinadas longitudes de onda de acuerdo con las características de cada diodo LED.

Mientras que el diodo LED se encuentra en el lado transmisor, existe del lado del receptor de rayos infrarrojos un diodo o un transistor fotosensible que transforma las señales impuestas sobre la señal portadora infrarroja nuevamente en señales eléctricas.

En la recepción de las señales se usan diodos detectores fotosensibles, o en lugar de ellos se usa un fototransistor que posee una construcción similar y tiene la ventaja adicional de una amplificación de la señal recibida. Tanto en el diodo fotoemisor del transmisor, como en el diodo o transistor fotosensible del receptor, se usan filtros ópticos infrarrojos para evitar el funcionamiento errático por medio de otras fuentes de luz visibles o invisibles. [Ref. 7] pp - 60,61

### 1.3. LOS COLORANTES Y LOS ALIMENTOS.

#### 1.3.1. INTRODUCCION.

Las materias colorantes se incluyen dentro de los aditivos que modifican las características organolépticas, comprendiendo aquellas sustancias naturales o sintéticas empleadas en la variación o fijación del color de los alimentos. [Ref. 2] pp-43

El color juega un importante papel en la evaluación de la calidad de un alimento. Varios métodos oficiales para la evaluación de la calidad hace intervenir al color, que se relaciona con:

- la madurez (los plátanos verdes o las uvas muy verdes se reconocen de inmediato como inmaduros),
- presencia de impurezas;
- principio de deterioro por microorganismos, etc.

Por otra parte, la "saturación" con su propio color influye positivamente en la fisiología de la digestión (Pawlow). [Ref. 2] pp-43. Es por eso que existen una serie de razones válidas para colorear los alimentos.

- 1.- Cuando la coloración natural ha disminuido o desaparecido por motivos del procesado del alimento; así, en la industria conservera (fresas, ciertas cervezas, etc);
- 2.- cuando, debido a las variaciones estacionales o regionales, sea necesario conseguir una cierta uniformidad en los productos; como en la mantequilla, el queso, o en las naranjas que, estando maduras, nos aparecen de color verde por efecto de una formación continua de clorofila;
- 3.- durante el almacenamiento se deterioran los pigmentos naturales (factores varios como: luz, calor, humedad), o a la interacción del producto con el material de empaquetado;
- 4.- algunos alimentos no tienen color, como ciertas confituras (compotas), postres de gelatina, y éstos sin color perderían indudablemente atractivo para el consumidor;
- 5.- por pura tradición, como el caso de colorear de rojo la corteza del queso de bola, o colorear los muchos productos de pastelería para crear una identidad aroma-color-

percepción-vista del gusto.

### **Definición.**

Se describe a los modificadores del color como "aquellas sustancias que se utilizan para fijar o variar el color de los alimentos y bebidas, y las que lo decoloran". [Ref. 2] pp-46

### **1.3.2. BREVE RESEÑA HISTORICA DE LOS COLORANTES.**

Los colorantes ya se usaban en el Antiguo Egipto . Las pinturas en las tumbas faraónicas (1.500 años antes de Cristo) describen la realización de confituras coloreadas. En los tiempos prehistóricos se aprende a obtener las materias colorantes de los frutos, flores y raíces de las plantas. En el siglo III de nuestra Era, (después de Cristo), Apicius ya hace una observación sobre la conservación del color de las verduras en un medio alcalino ("*Nitrum*"). Los escritos del historiador clásico Plinio el Viejo (400 años antes de Cristo) son testimonio de que ya por aquel entonces se coloreaba al vino artificialmente.

Hasta mediados del siglo XIX los colorantes usados en alimentos se obtenían de fuentes naturales. En 1876, Otto N. Witt indica la primera relación estructura molecular-color (cromógenos, cromóforos, auxocromos). En 1856 , Sir W. H. Perkin, discípulo de August W. von Hoffman, descubre casualmente el primer colorante sintético, el púrpura de anilina (al que los franceses llamaron "*mauve*"), que al año siguiente de su obtención se vende al precio semejante del platino. En 1867, Baeyer comienza un programa de investigación que conduce a la síntesis del índigo, que antes se tenía que importar de Bengala. El uso en Europa de estos primeros colorantes es inmediato; en 1860 se colorean los vinos

franceses con fucsina. La famosa ley de patentes hizo que la industria de los colorantes emigrase desde Francia a Alemania y Suiza. Hasta la primera guerra mundial, el monopolio alemán era indiscutible.

Superadas las primeras dificultades, esta industria toma un gran incremento; los colorantes sintéticos habían ganado la batalla a los naturales, que se mostraban inferiores a los sintéticos, entre otras cosas por:

- falta de solidez;
  - decoloración por la luz y el tiempo;
  - decoloración por la acción de determinados enzimas oxidantes.
- [Ref. 2] pp-43

### 1.3.3. LEGISLACION DEL USO DE LOS COLORANTES ALIMENTICIOS.

Podríamos decir que los alimentos se "engalanan", y esto no sólo con el fin de provocar un efecto psico-físico, sino por motivaciones económicas. La proliferación de colorantes sintéticos en el mercado no es más que una consecuencia de la proliferación de aditivos en general, que ha superado la cifra de 3.000. Por citar un ejemplo, en 1971 el mercado de aditivos alimentarios en Estados Unidos representaba una cifra de 635 millones de dólares, en 1980 esta cifra superaba los 1.000 millones de dólares, y en 1990 llegó a los 1.800 millones de dólares. Ante este panorama, ¿qué opinan los representantes de la Sanidad de los distintos gobiernos que se enfrentaban a la ineludible reponsabilidad del control de los aditivos?

A partir de los primeros descubrimientos de Perkin, a fines del siglo XIX, se deja sentir la preocupación

gubernamental. Pero las pautas de preocupación fueron observadas bajo diferentes criterios. Uno de estos criterios, menos exigente, prevaleció en Europa hasta fines del siglo XIX. El criterio opuesto, más restrictivo, es el que impera en Estados Unidos desde el principio, donde se partía del supuesto de que todos los colorantes tienen la posibilidad de ser tóxicos.

Precisamente, el primer país en legalizar el uso de los colorantes orgánicos sintéticos en alimentos, fue Estados Unidos, por un Acta de el Congreso (1896), que se refería a la coloración de la mantequilla.

Aunque un colorante esté en lista de los permitidos, su empleo puede estar restringido a ciertas aplicaciones. Por ejemplo, la eritrosina está permitida en Suiza sólo para la coloración de las frutas y en Checoslovaquia, en cambio, sólo para la coloración de conservas de cereza y fresa.

En Francia los vinos no pueden colorearse con colorantes sintéticos. Jordania no tiene lista de los permitidos, pero prohíbe el empleo de colorantes artificiales.

Por todos estos antecedentes, en el Ecuador, el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN) con muy buen criterio, tiene su propia *"lista de colorantes certificados"*, para evitar el abuso en el empleo de estas sustancias y así disminuir el riesgo de enfermedades crónicas.

#### 1.3.4. DESCRIPCIÓN DE LOS COLORANTES MÁS USADOS Y LOS PERMITIDOS POR LA FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA).

Los colores más usados para colorear alimentos se dividen en tres grupos:

1. *Materias colorantes orgánicas sintéticas o artificiales, comúnmente colores de alquitrán.*
2. *Materias colorantes naturales, que pueden ser de origen vegetal o animal.*
3. *Colores inorgánicos, que pueden ser de origen sintético o mineral.*

Actualmente, los colorantes sintéticos son los más utilizados para la coloración de las diferentes clases de alimentos, aunque en pequeña escala se utilizan también los colorantes naturales.

El uso de los colorantes artificiales es diferente en cada país, debido a su propia legislatura, por tanto, se puede decir que no existe una lista única de colorantes. La Food and Drug Administration de los Estados Unidos ha seleccionado un grupo de colorantes que pueden ser recomendado para personas responsables de colorear alimentos.

Los colorantes orgánicos sintéticos son compuestos químicos que se conocen con el nombre de *colores certificados*. Son derivados del alquitrán de hulla y pueden clasificarse según su constitución química y grupos atómicos de la característica fundamental de cada color (cromóforos), o bien según la manera de comportarse en el teñido; ya que esta división puede realizarse desde diferentes puntos de vista, y estos son los más importantes.

Haciendo una revisión general de los colorantes artificiales, se puede decir que su uso es diferente en cada país, pero es de vital importancia conocer en ellos su solubilidad y propiedades colorantes.

Existen colorantes básicos y colorantes ácidos, los

primeros tienen una estructura catiónica y la basicidad es asignada por el nitrógeno presente; mientras que, los segundos tienen una estructura aniónica y la acidez le confieren grupos sulfónicos y carboxilos. Además, estos últimos son mucho más numerosos que los básicos y los que más se utilizan en los alimentos.

Existen también los colorantes grasos, los cuales no tienen acidez o basicidad. Son solubles en grasas, aceites vegetales o animales, en disolventes orgánicos (como éter de petróleo, benceno, etc.), pero no en el agua.

#### 1.3.5. NORMAS DE IDENTIDAD Y PUREZA, TOXICIDAD

Las materias colorantes sintéticas, casi desde su introducción fueron objeto de discusión por parte de las autoridades sanitarias. En los primeros tiempos de la fabricación se empleaba prácticamente sin reservas el ácido arsénico y el mercurio en la obtención de la *fucsina* y de otros colorantes trifenilmetánicos. Cuando, más tarde, se emplea el método de Coupier, se dio por seguro que los colorantes eran inofensivos. Nada más lejos de la realidad:

- en 1888, Weyl indica del efecto nocivo de ciertos colorantes de síntesis;
- en 1898, Leichtenstein llama, por primera vez, la atención sobre el poder cancerígeno de la beta-naftilamina;
- en 1927, Oppenheimer publicó un informe sobre 200 casos de tumores de vejiga en obreros que manipulaban anilina, bencidina y naftilaminas;

- en 1931, Evans confirma las observaciones de Oppenheimer.

Ensayos toxicológicos minuciosos de colorantes en animales, indican el riesgo de intoxicación a largo plazo. Ya que, estas intoxicaciones son más peligrosas porque no dan señales de alarma, son lentas y dependen de la cantidad total ingerida independientemente del tiempo. Por tanto, los colorantes tóxicos para los animales, han sido eliminados en las listas de los países.

En el Ecuador el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) lleva a cabo estudios a fondo con el objeto de formular las Normas Técnicas de aditivos alimentarios.

#### ***Principios que regulan la evaluación toxicológica.***

Los principios fundamentales sobre los cuales se basa la evaluación de aceptibilidad de los colorantes alimentarios se deben al conocimiento científico y a la experiencia adquirida a través del tiempo.

El Comité mixto F.A.O./OMS de expertos aditivos alimentarios en una reunión de 1956 puso las pautas para la evaluación toxicológica. Podemos distinguir dos fases: recopilación de la información e interpretación y valoración. Las principales cuestiones acerca de las que se buscó información fueron:

- características químicas y físicas;
- estudios de toxicidad aguda;
- estudios bioquímicos;
- estudios de corta duración;

- estudios de toxicidad prolongada;
- estudios especiales: embriotoxicidad y teratogenicidad.

Las características ideales de un colorante, para ser usado en la alimentación, podrían resumirse en las siguientes:

1. no ser nocivo,
2. ser hidrosoluble (liposoluble),
3. poseer marcado poder tintóreo, para ser utilizado en la mínima cantidad posible,
4. debe ser una especie química, pura y definida,
5. completamente estable, sin que la luz y el calor lo alteren en forma sensible,
6. indiferente a los oxidantes, reductores y al PH,
7. compatible con los productos que debe teñir,
8. no debe ser absorbido por materias en suspensión, y
9. económico. [Ref. 3] pp-13

#### ***Extrapolación de los datos animales al hombre.***

El objetivo de todas las pruebas es el de conseguir una razón de seguridad con relación al uso valedero de los colorantes. El procedimiento general adoptado es el de establecer una *ingesta diaria admisible (IDA)* para cada colorante o grupo de colorantes, que sólo podrá asignarse si se han efectuado investigaciones toxicológicas de corta y larga duración y además, se dispone de información bioquímica y de destino metabólico. La IDA puede ser temporal, condicional o incondicional. Si bien es sólo un valor orientativo, proporciona un margen de seguridad suficientemente amplio al consumidor.

Los estudios directos en el hombre sólo son posibles en casos muy concretos como (riesgo laboral, ingestión accidental, tendencias étnicas). Lo normal, es la extrapolación de los

datos obtenidos con animales al hombre. Esto requiere la adopción de un factor de seguridad. Aunque no muy exacto, la expresión de la IDA en mg/kg de peso corporal ha resultado ser satisfactoria. Por otro lado, se acepta ampliamente un factor de seguridad de 100, aunque:

- puede ser más bajo, si se dispone de datos toxicológicos derivados de experiencias con seres humanos;
- puede aumentarse, si la cantidad y/o la calidad de la información toxicológica son limitadas.

#### ***Estudio de los colorantes no permitidos.***

La Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos realiza las pruebas a los colorantes para que ingresen o no a la "*lista permitida*". Todo colorante para ser introducido en el mercado tiene que ser sometido a la FDA, a fin de probar su pureza y toxicidad. Si la pureza está conforme, el permiso es extendido y se puede utilizar el colorante; ante lo cual la casa elaboradora paga estos servicios.

Es por tanto, aconsejable interrumpir gradualmente el uso y consumo indiscriminado de los colorantes sintéticos, por cuanto ellos en los alimentos no tienen ningún valor nutritivo, sin justificar su empleo ya que sirven únicamente para dar un efecto estético y de atracción al producto.

Estudios recientes realizados por el Comité Mixto F.A.O./OMS dieron la lista provisional de colores alimentarios, en los cuales se ha logrado establecer cuatro categorías que son:

1. Colores alimentarios para los que el Comité tiene preparado normas.
2. Colores alimentarios para los que el Comité no estaba en condiciones de preparar normas, puesto que estaba en marcha estudios de toxicidad.
3. Colores alimentarios para los que los datos químicos de que disponía el Comité no eran adecuados para elaborar una norma completamente satisfactoria.
4. Colores para los que el Comité no intentó preparar normas, ya porque faltaba totalmente los datos sobre su toxicidad, ó ya porque se conocía que tales colores eran perjudiciales.

*Clasificación de los colores alimenticios según la evaluación de su toxicidad.*

Se han establecido las siguientes categorías:

*Categoría A.*- Colores aceptables para emplearlos en alimentos. Para estos colores se ha establecido una ingestión diaria admisible (IDA).

La inclusión de un color en esta categoría no indica de que no necesita de más investigaciones. Si el progreso científico lo permite serán necesarias nuevas investigaciones para disponer de datos más reales y exactos.

*Categoría B.-* Pertenecen a este grupo los colores para los cuales los datos de que se dispone no son totalmente suficientes para poder incluirlos en la categoría A, pero que existen en el mercado.

*Categoría CI.-* Colores para los cuales los datos de que se dispone son inadecuados para evaluar la toxicidad y carcinogenicidad.

*Categoría CII.* Colores para los cuales los datos de que se dispone son inadecuados para evaluar la toxicidad, pero que indican la posibilidad de efectos perjudiciales.

Felizmente, en nuestro medio no disponemos de este tipo de colorantes.

*Categoría D.-* Colores para los cuales prácticamente no se dispone de datos sobre toxicidad. No tenemos en nuestro mercado.

*Categoría E.-* Colores que se ha visto son perjudiciales y que no deben usarse en alimentos; ventajosamente tampoco tenemos en nuestro país. [Ref. 3] pp - 28

A continuación, se presenta la clasificación actual de colores alimenticios:

CLASIFICACION DE LOS COLORES			
Nombre común	Número de código	Clasificación química	Clasificación toxicológica
Tartrazina	19140	I	A
Amarillo ocase FCF	15985	I	A
Amaranto	16185	I	A
Rojo FD&C No. 40	16035	I	A
Eritrosina	45430	I	B
Azul FD&C No.1	42090	I	A
Azul FD&C No.2	73015	I	B
Verde FD&C No.3	42053	I	B
Rojo Citrus No. 2	12156	I	A
Naranja B	19235	I	A

CLASIFICACION DE LOS COLORES (Continuación)			
Punzó 4R	16255	I	CI
Carmoisina (azorubina)	14720	I	CII
Rojo sólido E	16045	I	CII

### 1.3.6. IDENTIFICACION DE LOS COLORES.

La identificación positiva de un colorante es a menudo bastante difícil, especialmente si los colorantes son complejos o se derivan de varios compuestos. El mejor método de efectuar la identificación es comparando las propiedades observadas con las sustancias de la estructura conocida, obtenidas sintéticamente a partir de materiales conocidos por procedimientos de preparación inequívocos.

Los procedimientos principales en uso actual son la cromatografía y la espectrofotometría; frecuentemente se precisan ambas técnicas. Así, la presencia de colorantes auxiliares puede influir de tal modo en los espectros observados que resulte imposible la identificación positiva del componente principal. Por esta razón, conviene cromatografiar los colorantes, ya sea por cromatografía sobre papel o por cromatografía en columna, antes de recurrir a otros medios de identificación. La cromatografía sobre papel es frecuentemente muy útil y no exige aparatos muy caros.

A su vez, los métodos espectrofotométricos de análisis

constituyen uno de los medios más útiles de identificación de colorantes. Se emplean tres regiones del espectro de rayos: ultravioleta, visible e infrarrojo. Los espectros de absorción de infrarrojo son a menudo el mejor medio de identificación de diversos componentes, pero la realización práctica de los mismos entraña ciertas dificultades.

El estudio detallado de la interpretación de estos métodos de identificación del color por cromatografía o por espectrofotometría de absorción infrarroja del colorante, se sale de los límites de este trabajo, pero solamente los enunciaremos para tener conocimientos de aquellos.

#### 1.4. CAMPO DE APLICACIONES.

##### 1.4.1. INTRODUCCION.

Con el objeto de tener una mayor información sobre las industrias donde podía aplicarse el desarrollo del sistema optoelectrónico de detección del color diseñado para el efecto, se optó por realizar un formulario de encuesta para varias empresas que presumiblemente estaban vinculadas con el tema.

Es así que se envió un oficio a cada una de ellas por parte de el Decanato de la Facultad de Ingeniería Eléctrica en la cual se solicitaba dar las mayores facilidades para la recopilación de la información requerida para el efecto.

##### 1.4.2. LAS ENCUESTAS.

Los formularios de las encuestas con sus respectivos resultados se detallan en el APENDICE I.

A más de estas empresas, se presentó oficios a empresas como Tintes Ecuatorianos S.A. (TINTESA), donde nos indicaron de que no disponían de colorantes sino de pigmentos de colores como pigmento blanco (óxido de Titanio), pigmento negro (negro de humo), pigmento azul (Taleoxantinas, beta, alfa), pigmento amarillo (Bencidinas), pigmento verde (Taleoxantinas), pigmentos rojos (rubí, laca, escarlata); es decir todos aquellos colorantes que se utilizan en las ramas de Litografía, Serigrafía, Flexografía, Xerografía.

Se mando también comunicación a la empresa de mermeladas SNOB. S.A. de la cual no se obtuvo respuesta favorable por cuanto nos indicaron de que no utilizan colorantes en la elaboración de sus productos.

Se envió también comunicación a la empresa de Extractos Andinos S.A. (GLOBE), pero la cual no pudo ser efectuada por falta de tiempo de las personas de dicha compañía.

La solicitud a empresas como La Fruit, Bebidas y Refrescos de Quito, Embona (Embotelladores Nacionales S.A.), Coca Cola Company, Orangine S.A. fueron negadas rotundamente, por indicar que ello les perjudicaba a sus intereses.

#### 1.4.3. ANALISIS DE APLICABILIDAD.

De las empresas encuestadas podemos observar de que se tiene al menos una empresa de cada ramo, esto es de Bebidas y Refrescos, Confitería, Tinturación de textiles, Tintas.

La industria de confites no sería tan aplicable para nuestro trabajo por cuanto la posible aplicación de el sensor no sería tan recomendable ya que en la mezcla de los bombos

(tinajas) se utiliza gran cantidad de azúcar y la determinación del color se vería alterada por la viscosidad de la solución.

Los pigmentos utilizados en las industrias de tintes no serían tan observables por el sensor a diseñar porque estos pigmentos por lo general son muy concentrados e impedirían dejar pasar los rayos ópticos que se utilizan, y además porque los recipientes modelos de análisis tendrían que limpiarse rápido y continuamente cada cambio de solución a analizar.

La aplicabilidad del sensor a diseñar en las industrias dedicadas a la rama de tinturación textil se ve limitada por el volumen de tinajas empleadas en la elaboración de los hilos tinturados. Estas tinajas a más de estar a una temperatura de 80 grados centígrados de temperatura, tienen una concentración de productos nocivos para la salud como son el ácido acético, el hidrosulfito y la sosa caústica. Además esta concentración de ingredientes es muy densa y perjudica su observación por medios ópticos.

Las industrias de bebidas y refrescos serían las más óptimas para ser aplicadas por este trabajo, por cuanto la concentración del color puede ser observable, los ingredientes no son tóxicos, los colores empleados son fáciles de remover de cualquier recipiente de prueba. Y además existe una innumerable cantidad de industrias dedicadas a esta actividad alimenticia.

# C A P I T U L O     I I

## HARDWARE DEL SISTEMA.

- 2.1.     REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.
- 2.2.     DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA.
- 2.3.     DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL TANQUE.
- 2.4.     DISEÑO DEL SENSOR OPTOELECTRONICO.
- 2.5.     LA ADQUISICION DE DATOS.
- 2.6.     CIRCUITOS AUXILIARES.

# CAPITULO I I

## HARDWARE DEL SISTEMA.

### 2.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.

El diseño de este sistema tratará de dar a conocer de una mejor manera información del tipo y cantidad de color en un recipiente de solución colorante-líquido. Para ello se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se diseñará y fabricará un prototipo de sistema de detección del color aprovechando la facilidad que hoy en día nos proporcionan los sistemas ópticos mediante la manipulación de fotones de energía de rayos de longitud de onda del espectro infrarrojo; y no utilizando el transporte común de electrones como en la electrónica. Además, no se emplearán otros espectros de emisión de energía como el visible o cercano al visible para evitar perturbaciones del medio ambiente. Tampoco se trabajará con rayos ultravioleta por el peligro que éstos presentan para la salud humana.
- Podremos determinar las características de un solo color en la solución, si existieran más colores el sistema ya no será aplicable o simplemente nos puede conducir a resultados erróneos.
- Debido a que se va a manipular señales sumamente pequeñas, del orden de los milivoltios, será necesario que las polarizaciones de los circuitos y elementos tengan un fusible de entrada y una fuente switching de energía regulada lo más exacta, confiable y barata posible.
- El sistema deberá ser de fácil utilización y tendrá la señalización necesaria con indicaciones luminosas para

prendido o apagado de el equipo; así como, envío y recepción de señales.

- La observación de los datos y resultados será mostrada en la pantalla de un computador I.B.M. o cualquier computador compatible con I.B.M. gracias a la ayuda de un programa de computación.
- El peso y tamaño del sistema deberán ser lo más reducido posible, en la medida que el prototipo lo permita.
- Habrá que asegurarse de que los materiales y elementos a utilizar sean de fácil adquisición en el mercado local para que su costo sea lo más económico, así como su construcción sea rápida.
- Se proporcionará un manual del usuario para que el prototipo sea bien entendido y pueda aplicarse sin ningún problema por cualquier persona.

## 2.2. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA.

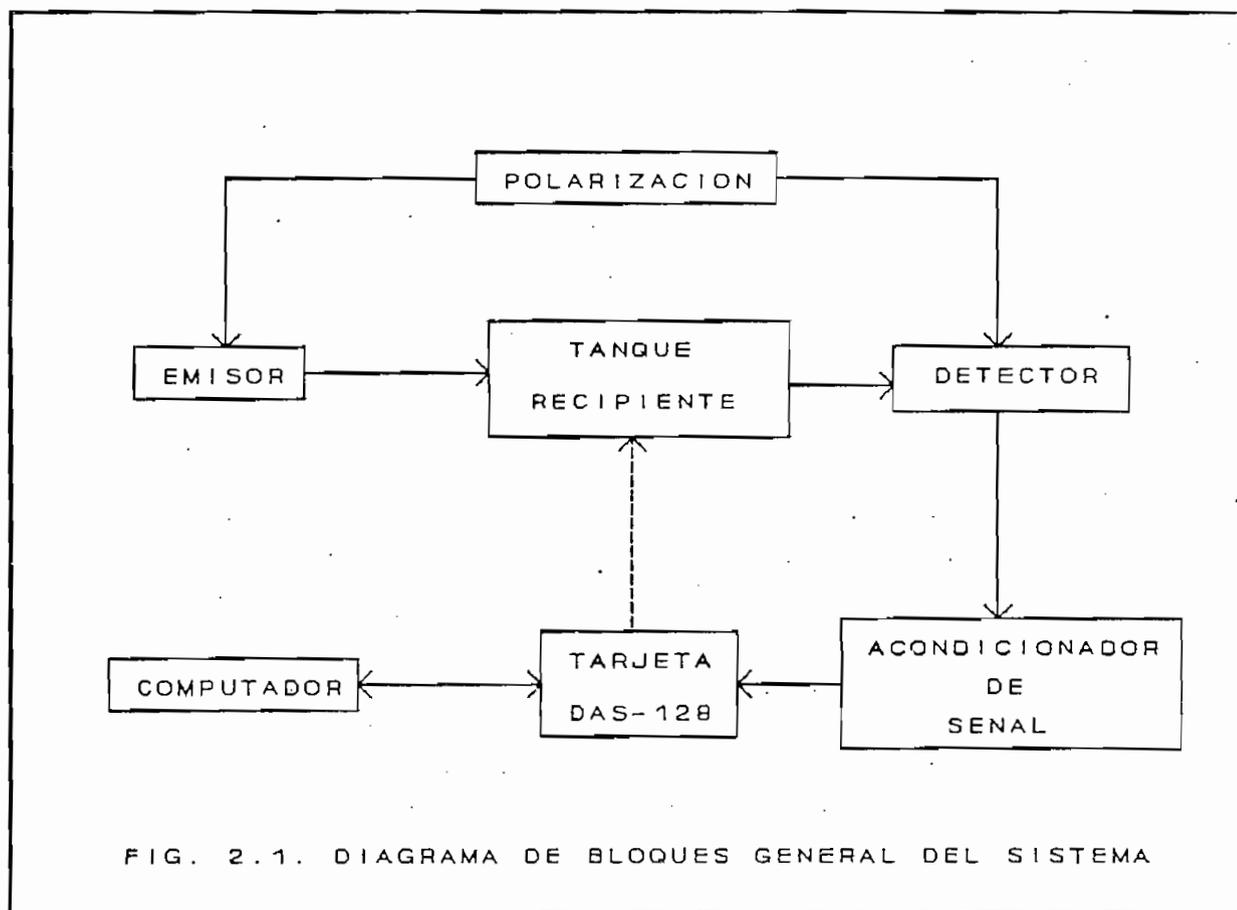
### 2.2.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.

Los propósitos de desarrollo de el diagrama de bloques del sistema son, por un lado definir claramente el funcionamiento del equipo y las partes que lo componen, y por otro dividir el diseño en varias etapas que pueden ser analizadas individualmente.

En el diagrama de bloques generalizado del sistema de la figura No. 2.1. se pueden visualizar las diferentes etapas necesarias para lograr el diseño del sistema optoelectrónico de detección de colores, los cuales realizan las siguientes

funciones:

La etapa de polarización sirve para alimentar con los diferentes valores de voltaje continuo a los circuitos y elementos electrónicos tanto del emisor como del detector del sistema. Para ello es necesario que la fuente de polarización proporcione valores de voltaje precisos y esté bien filtrada para evitar alteraciones de ruido eléctrico o perturbaciones que puede transmitirse a las otras etapas del proceso.



En el emisor se generará y enviará las señales de tipo infrarrojo, las cuales traspasarán el recipiente lleno de solución color-líquido; para ser receptadas por el detector.

La etapa detectora es muy importante por cuanto sirve para recoger las señales infrarrojas enviadas por la etapa emisora. Debe ser realizada cuidadosamente para evitar fallas que puedan presentarse en el transcurso del viaje de la señal óptica y que conducirían a resultados erróneos ó a la pérdida de información para las siguientes etapas.

Posteriormente, viene el proceso de acondicionamiento de la señal proveniente de el detector para que pueda ser interpretada y recogida por la tarjeta de Adquisición de Datos (utilizaremos la tarjeta DAS-128 que fue diseñada y elaborada como tesis de grado por el Sr. Ing. Fausto Cevallos); la cual nos permitirá enviar el flujo de información directamente con el microcontrolador del computador disponible.

El tanque o recipiente construido para el efecto es el que contiene la solución de líquido-colorante a analizar. Este aditivo colorante deberá ser disuelto lo mayormente posible en el líquido con la ayuda de un agitador controlado directamente por el computador.

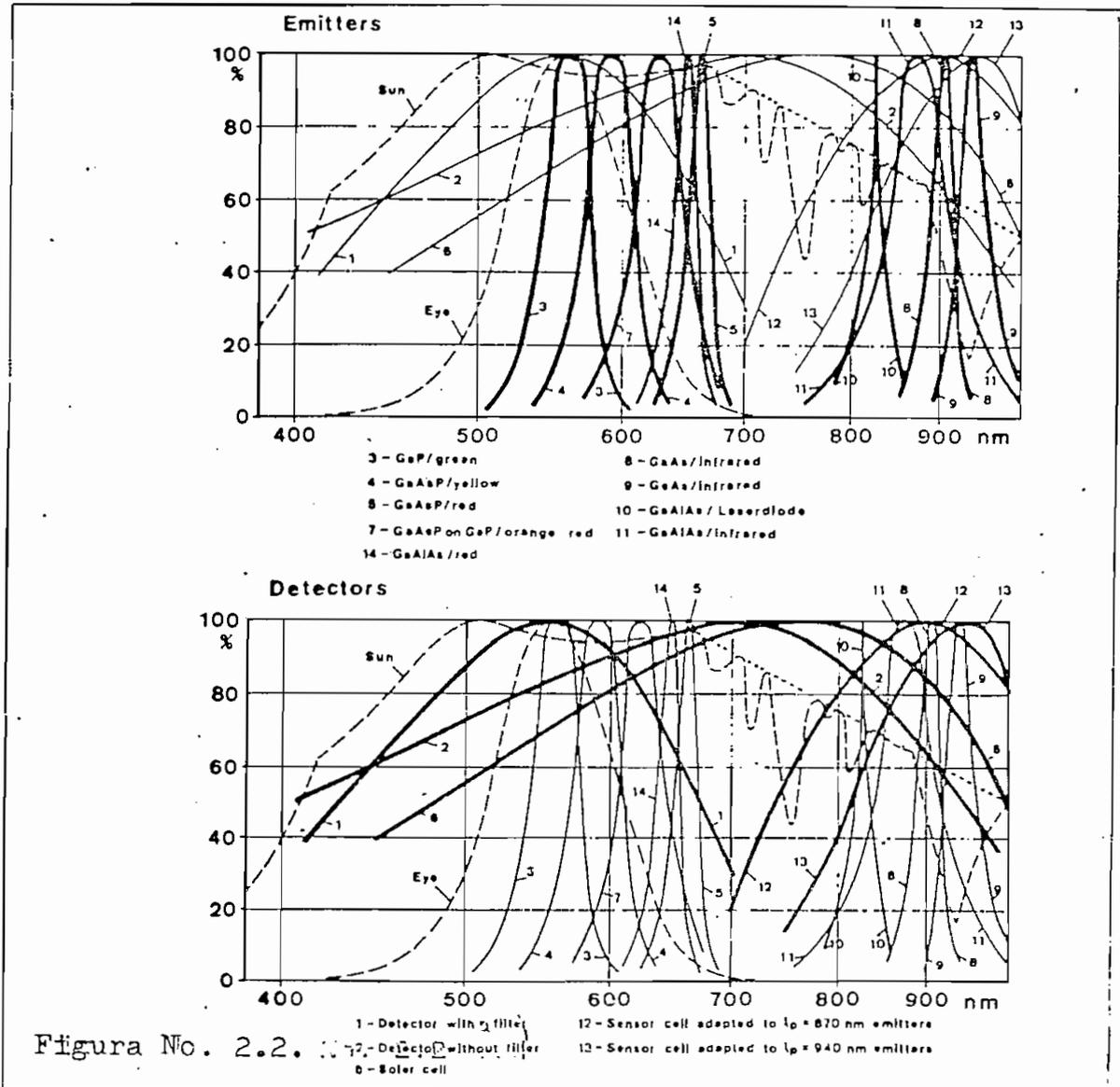
Es necesario que esta mezcla ocurrida en el recipiente sea bien diluida para evitar los fenómenos de refracción o difracción, dispersión, abultamientos, etc. ocasionados por el material residual sin diluir de colorante y que afectan notablemente a las medidas que se tomarán.

### 2.2.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA.

El requisito más importante que se debe cumplir, es el de detección del color en la solución contenida en el recipiente, para lo cual se ha diseñado el sistema optoelectrónico basado en la emisión-recepción de fotones de energía de longitud de onda infrarroja *"alrededor de los 900 nanómetros"*.

Naturalmente, si se escoge un elemento emisor de energía, su frecuencia de emisión tiene que estar conforme con la frecuencia de recepción del elemento detector, En la figura 2.2. para emitir y recibir señales se trabaja con las dos gráficas: emisores y receptores respectivamente.

Es conveniente que en los receptores se usen filtros seleccionadores de frecuencias. Por ejemplo si se escoge el emisor # 8 de infrarrojo y longitud de onda aproximada a 900 nanómetros, tenemos que elegir forzosamente el receptor # 8, para que otras frecuencias no lo afecten.



Analizando los diferentes elementos optoelectrónicos con que se cuenta en el mercado local, y comprobando luego en forma experimental, se llegó a la conclusión de que el diodo emisor de infrarrojo ECG3017 utilizado en los televisores de control remoto, y el diodo detector de infrarrojo ECG3033 o diodo detector PIN ofrecen excelentes características de compatibilidad y aplicabilidad para nuestro requerimiento en cuanto al hardware.

En la figura No. 2.3. se puede observar en forma detallada los elementos y las etapas necesarias para el diseño.

En la etapa de polarización se presenta un fusible protector de entrada dimensionado convenientemente, que sirve para proteger de los transitorios de voltaje que son muy frecuentes en nuestra red de energía eléctrica. A su vez se ha adquirido una fuente switching de bajo costo, marca TECTROL INC. que proporciona los voltajes necesarios, al amperaje apropiado y rizado pequeño (alrededor de 50 milivoltios pico A.C.) necesarios para nuestro diseño.

El circuito emisor consta de un oscilador de onda rectangular obtenido mediante un timer 555 trabajando como a estable y con frecuencia fija pero manejable que servirá para enviar señales rectangulares a través del elemento emisor de rayos infrarrojos implementado.

La detección es la etapa más trascendental del sistema por cuanto es la encargada de recibir la información que viene del emisor y que ha traspasado el recipiente que contiene la solución a investigar. Esta información deberá ser lo más confiable, precisa y manejable.

La señal es detectada por el diodo PIN detector de infrarrojo, posteriormente se desacopla la impedancia que puede

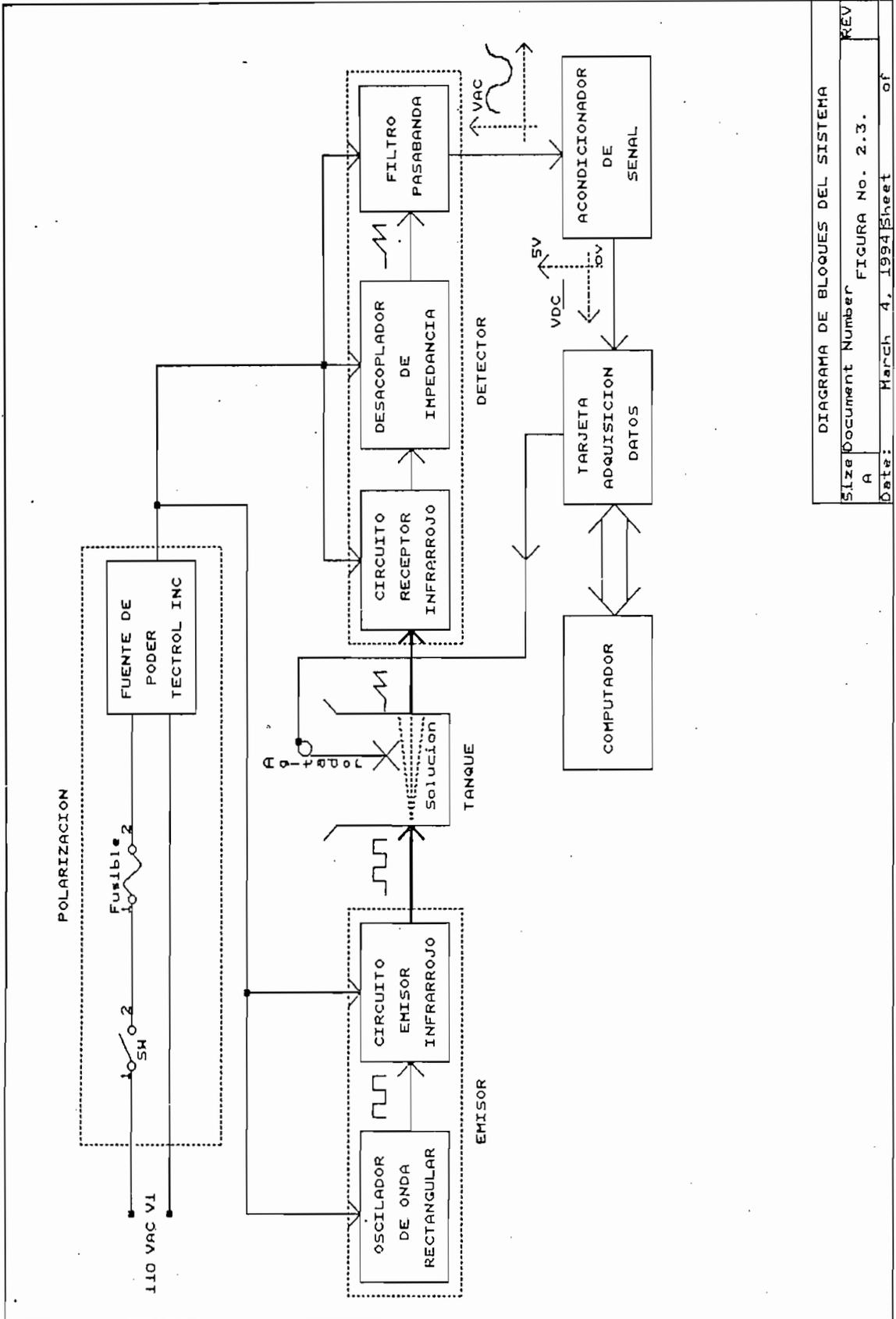


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA  
Size Document Number FIGURA No. 2.3.  
A REV  
Date: March 4, 1991 Sheet of

presentar esta señal para evitar cargar al resto del circuito: luego es preamplificada, filtrada y amplificada.

En el Acondicionador, esta señal filtrada y amplificada de forma sinusoidal con la que viene de la etapa detectora, es convertida a una señal de voltaje rectificadas para que pueda ser interpretada por la entrada analógica de la tarjeta de Adquisición de Datos y siga su camino, ya digitalizada al computador.

El computador se encargará de ejecutar las instrucciones necesarias para comparar los datos recogidos de la solución a analizar con los datos almacenados de valores patrones extraídos de los colorantes sintéticos ó artificiales empleados.

De esta manera se puede conocer si los datos pertenecen o no a un determinado tipo de colorante; además se podrá averiguar la cantidad de colorante relativo al líquido que existe en el recipiente.

El computador también envía una señal a la tarjeta de Adquisición de Datos para el encendido o apagado de un pequeño motor de D.C. que controla el movimiento del agitador en el tanque prototipo. Con lo cual se logra al mismo tiempo que el colorante se diluya convenientemente en el líquido y el dato almacenado por el computador sea confiable. Una excesiva turbulencia en el líquido coloreado provoca variaciones grandes en la recolección de datos.

### 2.3. DISEÑO DEL PROTOTIPO DEL TANQUE.

El tanque está construido de material de acrílico transparente poly-glass de 2 mm de espesor en las paredes laterales y en la pared de la base. Se ha escogido el material

de acrílico transparente convencional disponible en el mercado común para la construcción del recipiente por cuanto, si bien es más costoso, es liviano, comparando con el vidrio transparente común. Además presenta beneficios como:

- Maleabilidad y facilidad para poder pegarse entre sí.
- adecuada reflexión de las paredes cuando incide sobre éste el haz de rayos infrarrojos,
- refracta o difracta convenientemente los rayos incidentes infrarrojos a través de las paredes. Ver figura 2.4.

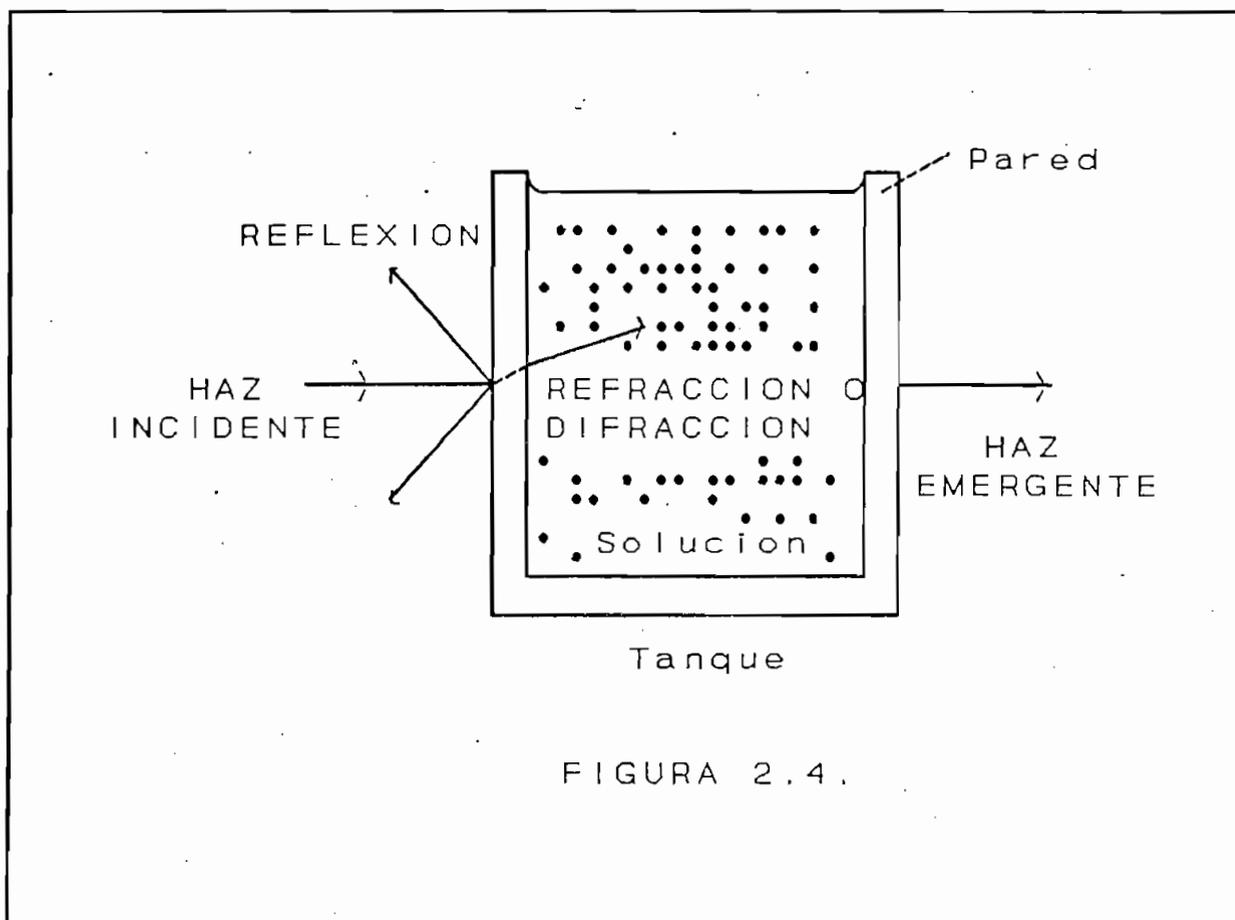
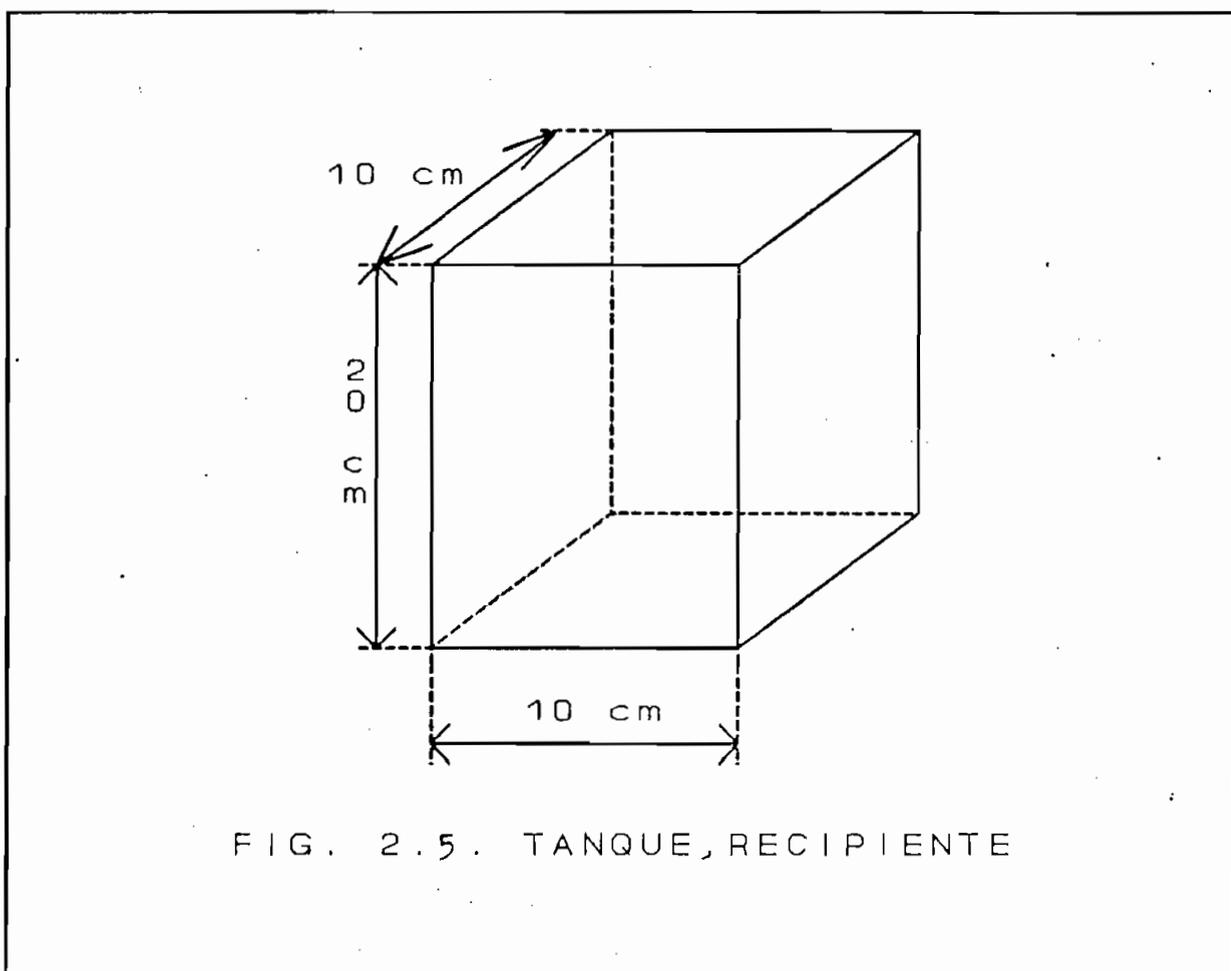


FIGURA 2.4.

Las dimensiones del recipiente prototipo que se empleará para las pruebas de análisis de la solución colorante líquido se exponen en la figura 2.5.

En él se indicará el nivel de volumen de líquido que contiene en una escala de valores adecuado.



La solución color-líquido contenido en el tanque será mezclada convenientemente con el agitador, el cual va adherido al recipiente de pruebas con la ayuda de un soporte.

## 2.4. DISEÑO DEL SENSOR OPTOELECTRONICO.

### 2.4.1. INTRODUCCION.

En la figura 1.1. del capítulo anterior se puede observar todo el rango del espectro electromagnético existente. La luz visible representa solamente una parte muy pequeña del espectro electromagnético y generalmente se considera que se extiende de 380 a 780 nanómetros de longitud de onda.

La región ultravioleta se extiende de 185 nanómetros hasta la región visible. La región infrarroja se extiende desde los 780 hasta los  $2 \times 10^5$  nanómetros de longitud de onda.

Las longitudes de onda más cortas son consideradas como la región más lejana (o de vacío) ultravioleta. El extremo inferior ultravioleta se sobrepone a la región suave de rayos X del espectro.

Es fundamental seleccionar los componentes teniendo en consideración sus capacidades ópticas, eléctricas y espectrales para las diferentes tareas a ser desarrolladas.

El sensor de tipo óptico que se va a desarrollar tiene que ser capaz de sensar y diferenciar los *colores básicos* de la zona de región visible del espectro electromagnético dado por:

REGION DE LONGITUD DE ONDA (nm)	COLOR TRANSMITIDO	TONO COMPLEMENTARIO
< 380	Ultravioleta Violeta	Verde amari- lento.
380 - 435	Azul	Amarillo
435 - 480	Azul verdoso	Anaranjado
480 - 490	Verde azuloso	Rojo
490 - 500	Verde	Púrpura
500 - 560	Verde amarelo	Violeta
560 - 580	Amarillo	Azul
580 - 595	Anaranjado	Azul verdoso
595 - 650	Rojo	Verde azuloso
650 - 780	Cerca infra- rojo	

Ahora, la habilidad de nuestro ojo humano para discriminar el color es función tanto de la longitud de onda de la luz como de su intensidad luminosa.

La sensibilidad espectral del ojo humano es mejor para las longitudes de onda centradas alrededor de los 500 nanómetros. Bajo condiciones de buena iluminación, la comparación visual del color no tiene una sensibilidad mayor que del 1-2%, en condiciones de poca iluminación, esta sensibilidad es mucho más pobre. [Ref.10] pp - 84

Todo esto nos lleva a indicar que si bien nosotros podemos fácilmente determinar visualmente el color de una solución

color-líquido, este veredicto es válido siempre y cuando exista una buena iluminación del ambiente; el color tenga una aceptable intensidad luminosa y la longitud de onda observada esté cercana a los 500 nanómetros.

¿Qué pasa ahora con la determinación del color en forma visual cuando cualquiera de estos tres aspectos no sea el adecuado? La detección del color verdadero en tal caso es errónea o simplemente imposible de efectuarlo.

Al ver esta dificultad propia de la naturaleza de averiguar el color con nuestros ojos, nos incita a la construcción del siguiente sistema optoelectrónico.

#### 2.4.2. CIRCUITO EMISOR.

Se ha descrito anteriormente de una manera muy general el procedimiento que se empleará en el diseño de la emisión de la información; pero para poder implementarlo es necesario que se consideren ciertos factores que rodean al Sistema Emisor-Detector.

Es necesario diseñar una forma de emisión tratando de que el ruido no afecte a los datos que se va a enviar, y de esta manera se pueda hablar de una transmisión confiable.

Los LEDs de emisión y de recepción van a trabajar con rayos del espectro electromagnético perteneciente a los infrarrojos, es decir alrededor de los 900 a 950 nanómetros de longitud de onda.

Por otro lado, el envío de la información va a requerir de que la frecuencia de trabajo tenga una velocidad de transmisión alta, pero ésta no debe sobrepasar la velocidad de respuesta (respuesta de frecuencia), de los elementos del emisor y del

receptor.

Se tendrá que escoger una frecuencia de trabajo lo suficientemente alta respecto a 120 Hertz, que es la frecuencia de ruido múltiplo de la frecuencia de red de 60 Hertz que provoca los mayores inconvenientes, especialmente cuando se tiene un ambiente iluminado por luz de lámparas fluorescentes o focos de origen fosforescente ; pero no se debe sobrepasar la velocidad de respuesta en frecuencia de los elementos.

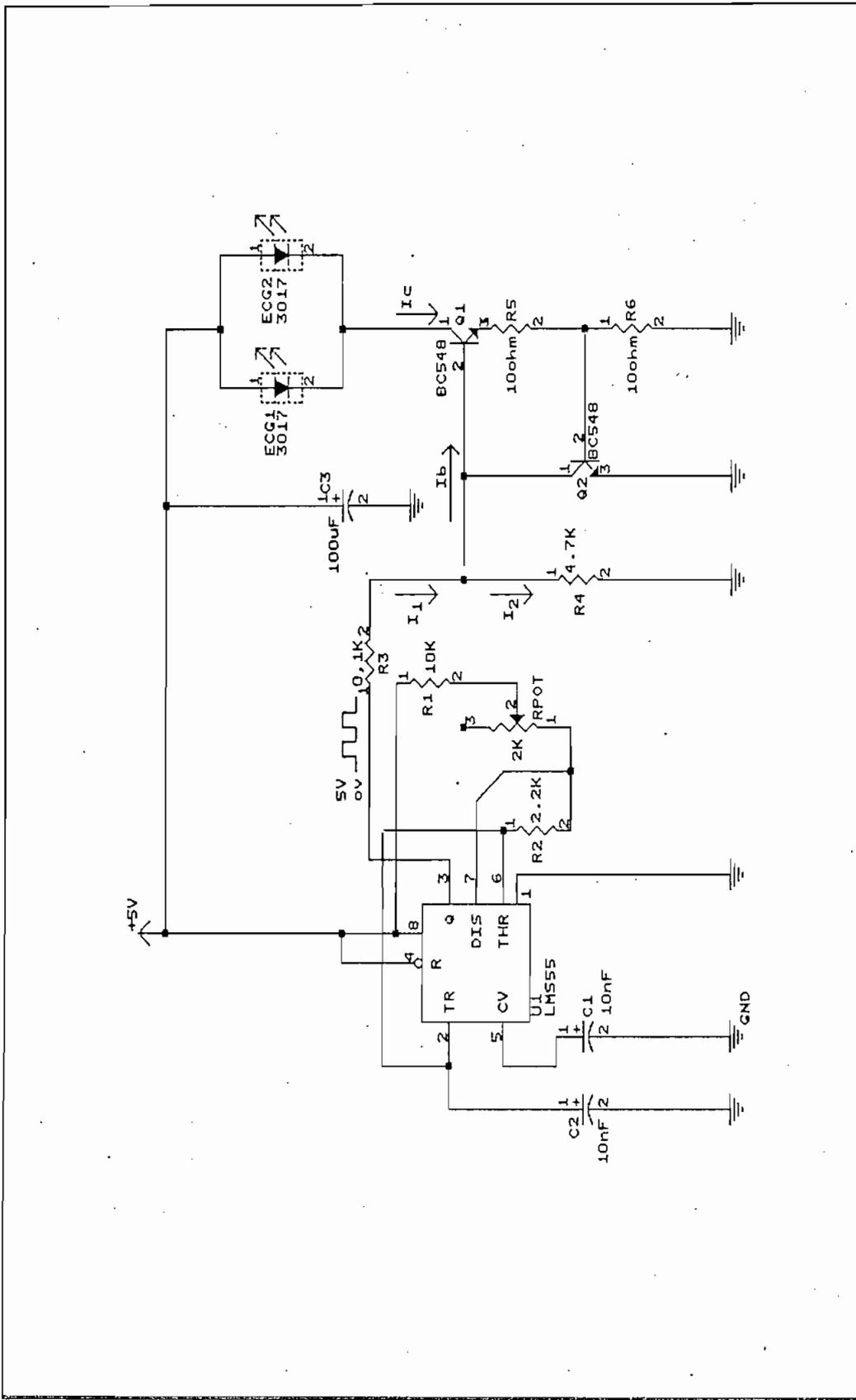
Después de una serie de pruebas realizadas con frecuencias que van desde los centenares de hertz a las decenas de kilohertz , se ha escogido experimentalmente la frecuencia de trabajo de 10 KHz, a la cual todos los componentes trabajan adecuadamente y se obtienen resultados idóneos.

En la figura 2.6. se puede observar el circuito electrónico de la etapa emisora, compuesto por un oscilador de onda rectangular y el circuito emisor de rayos infrarrojos.

#### *Oscilador de Onda Rectangular.*

Para generar las ondas rectangulares se utiliza al timer 555 montado en su configuración aestable habitual. A la salida de) el pin 3 de este integrado se va a tener los dos niveles lógicos de Vcc y GND (en nuestro caso 5V y 0V) claramente diferenciados y correspondiente a la onda rectangular deseada.

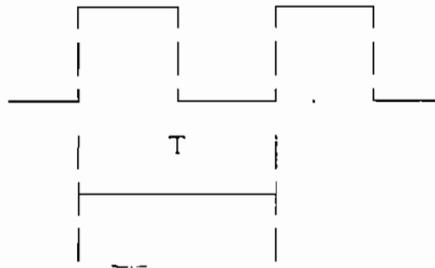
Si bien se puede emplear un Vcc que va de 5 a 15V, para nuestro caso solo utilizaremos un Vcc = 5V. El único inconveniente de este integrado es de que no se puede conectar circuitería alguna que su consumo total sea superior a los 100 mA para el Vcc específico de 5V, pues este integrado no lo puede soportar.



CIRCUITO EMISOR	
Size	Document Number
A	FIGURA 2.6.
REV	
Date:	June 7, 1994
Sheet	1 of 1

El pin 4 (reset) se conecta al positivo de la alimentación para que el integrado funcione correctamente.

La frecuencia de oscilación viene dada por la siguiente fórmula:



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2 * R_2) * C_2}$$

Donde para diseñar los elementos se debe considerar:

$$R_1 + R_2 = 3.3 \text{ Mohms (MAXIMO)}$$

$$R_1 \text{ o } R_2 \text{ (MIN)} = 1 \text{ Kohm}$$

$$C_2 \text{ (MIN)} = 500 \text{ pF.}$$

El pin 5 se emplea para modificar las tensiones de referencias de conmutación de los ciclos, retrasándolas o adelantándose dicha conmutación; en nuestro caso no se lo utiliza; pero para evitar inestabilidades y para fijar la tensión de referencia a dos tercios de la de alimentación en el pin número 6 (THRESHOLD), se coloca un capacitor  $C_1$  de 10nF entre el pin 5 y la masa (tierra).

$$\text{Sea } C_2 = 10 \text{ nF} = 0.01 \mu\text{F}$$

$$\text{y } R_2 = 2.2 \text{ Kohm}$$

$$f = 10 \text{ KHz}$$

$$T = \frac{1}{f} = 0.693 * (R_1 + 2 * R_2) * C_2$$

$$0.1 * 10^{-3} = 0.693 * (R_1 + 2 * 2.2 * 10^{-3}) * 10 * 10^{-9}$$

$$R_1 = 10030.01 \text{ ohms}$$

Se coloca una resistencia  $r_1 = 10 \text{ Kohm}$  en serie con un Potenciómetro de  $2.0 \text{ Kohm}$ , tal que:

$$R_1 = r_1 + P$$

Con ello tenemos la posibilidad de ajustar la frecuencia de emisión a ~~el~~ verdadero valor a trabajar en el circuito.

$$R_1 = 9.9 \text{ Kohm}$$

$$P = 2.0 \text{ Kohm}$$

### *Emisor de Rayos Infrarrojos.*

Para la emisión de los rayos de longitud de onda infrarroja (alrededor de los 900 nanómetros) se utiliza el circuito indicado en la figura 2.6. Se trata de un circuito que permite modular las señales del emisor a partir de las señales TTL que son introducidas a la base del transistor NPN (Q1). El circuito tiene recursos que permiten una conmutación rápida, logrando así el mantenimiento de la forma de onda de la señal de entrada (en nuestro caso señales rectangulares) incluso con frecuencias relativamente elevadas.

Para la emisión se utiliza un arreglo de 2 diodos emisores

de rayos infrarrojos con el fin de dar una mayor potencia a la transmisión; y cuya característica es la siguiente:

ECG Tipo:	ECG 3017
Descripción:	Diodo Emisor de Infrarrojo para control remoto de TV, 15 mW @ $I_T = 100$ mA
Min. Potencia Salida $P_o$ :	15 mW
Máx. Voltage Transmisión: $V_F$ (V):	1.28
Voltage Inverso $V_R$ (V):	6.0
Corriente de Transmisión DC $I_F$ (mA):	100
Potencia Disipación P/Case (m/W):	170
Longitud de onda pico de emisión (nanómetros) :	900
Tiempo de respuesta (nanosegundos):	400
Angulo Emisión de HI (Deg):	60

En la figura 2.6. :

$$\text{Sea } I_c = I_T = 100 \text{ mA}$$

$$V_F = 1.7$$

$$V_{CE(sat)} = 0.2$$

$$(R_5 + R_6) = \frac{V_{CC} - 2 V_F - V_{CE(sat)Q1}}{I_c}$$

$$R_5 + R_6 = \frac{5 \text{ V} - 2 * 1.5 - 0.2}{100 \text{ mA}}$$

$$R_5 + R_6 = 14 \text{ ohm}$$

$$R_5 = R_6 = 10 \text{ ohm}$$

$$h_{FE} \text{ typ. } Q1 = 200$$

$$I_B = \frac{I_c}{h_{FE}} = \frac{100 \text{ mA}}{200} = 0.5 \text{ mA}$$

Considerando que  $I_c$  es mucho menor que  $I_B$ , se tiene:

$$R_4 = 4.7 \text{ Kohm}$$

El transistor NPN Q2 sirve para que el transistor NPN Q1 que trabaja en corte o en saturación realice la conmutación en forma más rápida y la señal rectangular tenga sus flancos más definidos.

$C_3$  sirve para filtrar a la alimentación de 5 Volt. y tiene un valor de 100 uF.

$R_3$  constituye una protección para el circuito oscilador de

onda rectangular ya que se fija un voltaje a la entrada del transistor NPN Q1 que trabaja en conmutación, su valor es de 100 ohm.

### 2.4.3. CIRCUITO DETECTOR.

No cabe duda de que el éxito de la correcta operación del equipo está centrada en la adecuada recuperación de la señal enviada desde el emisor, debido a que el receptor está afectado por señales ambientales de fuentes de luz naturales y artificiales que siempre provocarán señales indeseables en el receptor, por cuanto ningún fotodetector responde a una única longitud de onda.

Como la transmisión se desarrolla utilizando una señal infrarroja modulada a frecuencia constante, lógicamente en el receptor está un elemento fotosensible cuyo pico de sensibilidad está alrededor de la longitud de onda que posee la señal de emisión, y como ya enunciamos anteriormente se ha utilizado en el receptor el fotodiodo ECG3033 (diodo detector PIN) que tiene una respuesta de frecuencia adecuada y tiene además las siguientes características:

ECG Tipo: 3033

Descripción: Diodo Detector Infrarrojo PIN

Voltaje Inverso  $V_R$  : 30 V

Corriente Máxima Desconocida  $I_D$  : 50 nA

Mínima Corriente de luz  $I_L$  : 35 uA

Potencia de Disipación  $P_D$  : 100 mW

Tiempo de subida ( $t_r$ ) : 50 nS

Angulo de Detección: 65° typ.

Longitud de onda de Detección: 900 nm. typ.



En la figura No. 2.7. se puede observar el diagrama circuital completo, con todos los elementos que constituyen la etapa detectora de los rayos infrarrojos.

***Voltaje de polarización reducido.***

El voltaje de polarización positivo de +12V es reducido a +3.2V y posteriormente filtrado con la ayuda de un desacoplador de impedancias compuesto por un amplificador operacional (AO1) colocado como seguidor de voltaje, todo esto para tener un voltaje de polarización pequeño hacia el diodo detector PIN, con el que trabaja en mejores condiciones y la señal receptada es recogida con mucho menor ruido. El capacitor  $C_1$  solo sirve como ayuda para filtrar de mejor manera a esta fuente de polarización reducida de +3.2V., como puede observarse en la figura No. 2.8..

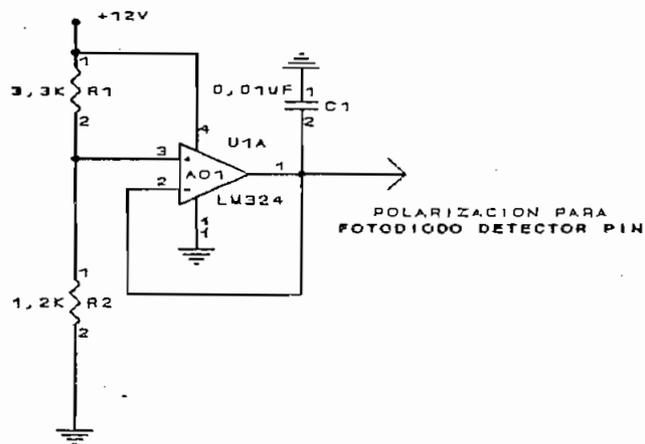


FIGURA No. 2.8.

REDUCCION DEL  
VOLTAJE DE POLARIZACION

### *Convertidor Corriente - Voltaje.*

En la Figura 2.7. se incluye la resistencia  $R_{\Sigma}$  conectada al ánodo del fotodiodo, y a un filtro constituido por una red RC, para posteriormente conectarse a un seguidor de voltaje. La resistencia  $R_{\Sigma}$  y el seguidor de voltaje dado por el amplificador operacional A02 vendrían a constituir el conversor de corriente a voltaje. Esta resistencia debe ser lo suficientemente grande para que su voltaje sea apreciable, pero hay que tener en cuenta que al aumentar la resistencia, disminuye la respuesta de frecuencia del fotodiodo detector. Se debe llegar a un compromiso entre estos dos aspectos para fijar a un valor adecuado de resistencia, lo cual experimentalmente se determinó que es de:

$$R_{\Sigma} = 100 \text{ Kohm}$$

### *Filtrado.*

El filtro lo conforma una red RC dispuesta como filtro pasa altos con el objeto de eliminar las componentes continuas y señales de baja frecuencia producidas por fuentes ambientales como la componente de 120 Hz derivada de la red de 60 Hz que se hace presente cuando existe la transmisión de datos y que pueden saturar al detector y provocar que la señal transmitida sea ignorada. A su vez este filtro, sí debe dejar pasar la frecuencia de trabajo de 10 KHz que es la frecuencia con la que realizamos la transmisión de la información.

En la figura No. 2.9. se indica la red RC, cuya frecuencia de esquina está alrededor de 150 Hz.

La salida de la red RC, vendría a ser la entrada del

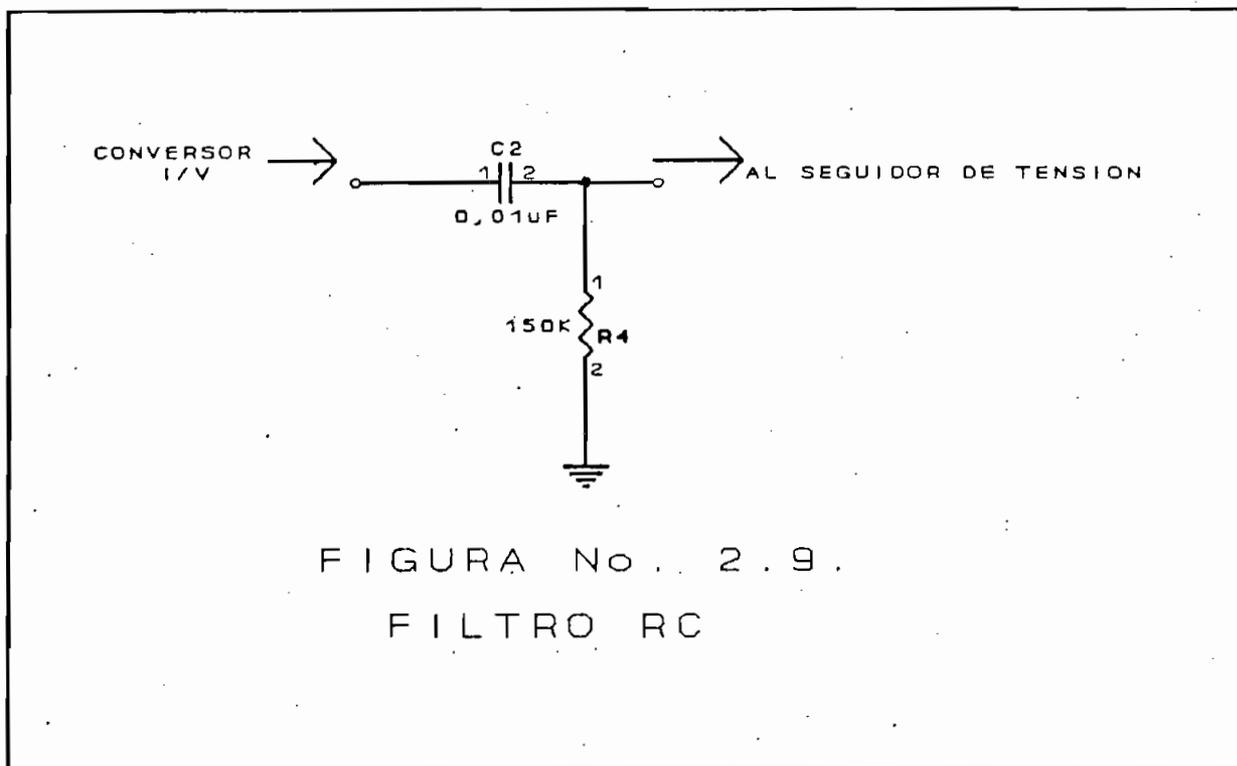


FIGURA No. 2.9.  
FILTRO RC

amplificador A03 que es parte de el preamplificador y que será detallado en el siguiente literal.

#### *Preamplificación.*

Debido a que la intensidad de la señal detectada será función de la distancia existente entre el emisor y el receptor, la señal que recibe el detector es muy pequeña, en el orden de los milivoltios, razón por la cual es necesario una etapa de amplificación, la cual permita recuperar la señal a niveles convenientes para su posterior procesamiento cuando tenga que enviarse los datos al computador.

Para ello, se coloca un conjunto de amplificación diferencial típico para instrumentación desde la entrada

positiva del amplificador operacional A03 hasta la salida del amplificador A05.

En la figura 2. 10. se puede observar que se utilizan 3 amplificadores operacionales sacados de un solo integrado (el TL084CN) que consta de 4 amplificadores operacionales tipo JFET, esto nos ayuda a reducir la tendencia en la variación del voltaje de entrada offset de los operacionales.

En los amplificadores operacionales A03 y A04 se realiza la preamplificación. La amplificación en sí se efectúa en el amplificador operacional A05. En la preamplificación se trata de tener una ganancia moderada para evitar saturación de los operacionales, lo que se trata entonces es de cuidar por todos los medios posibles que ingrese ruido al circuito.

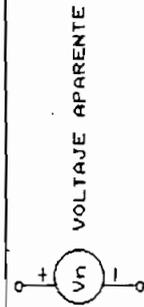
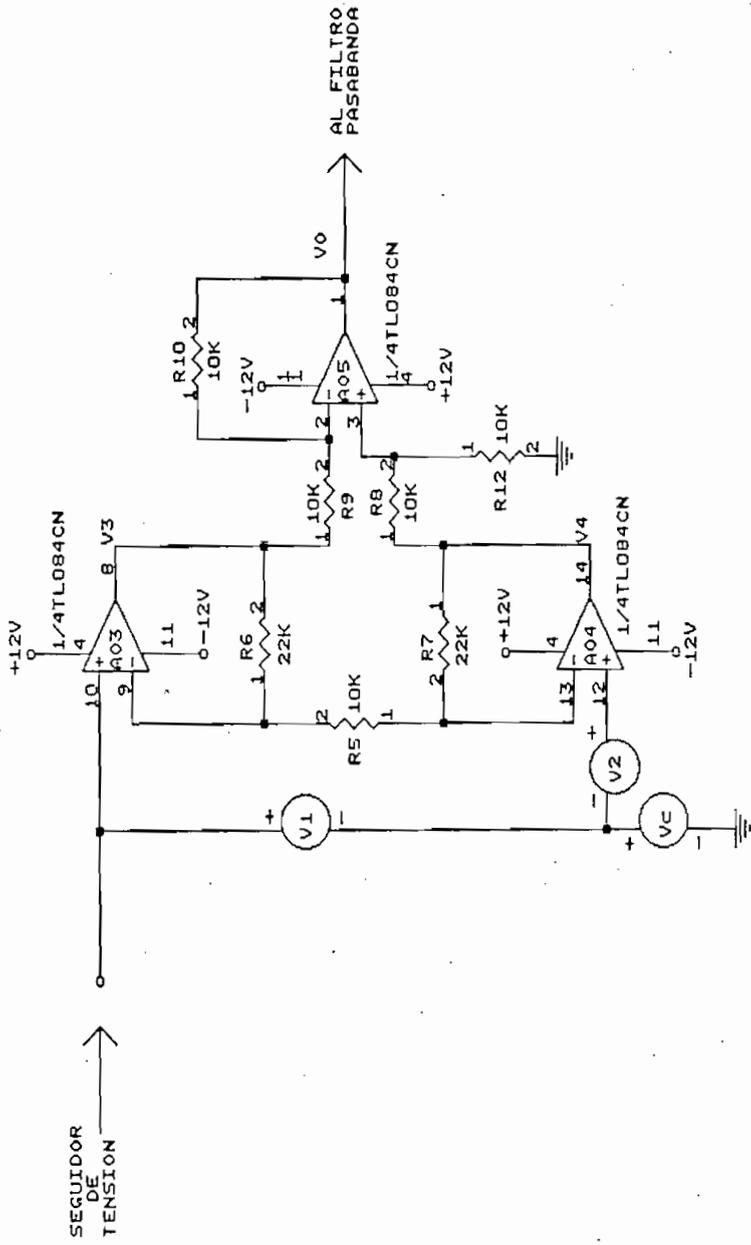
Se ha escogido estos amplificadores especiales haciendo un compromiso entre 4 parámetros importantes que son:

- Rin : Impedancia de entrada.
- A<sub>d</sub> : Ganancia diferencial del circuito
- CMRR<sub>e</sub> : Relación de rechazo en modo común del amp. op.
- AV<sub>o</sub> : Voltaje offset de salida del circuito.

Generalmente se escoge a los amp. op. que tengan una alta impedancia de entrada, una baja amplificación de ruido, un alto CMRR, y un bajo voltaje offset de salida.

En la figura No. 2. 10. se pueden observar que las señales de entrada van a las entradas no invertidas de los operacionales. Los voltajes de salida de las etapas A03 y A04 son:

FIGURA No. 2.10.  
PREAMPLIFICADOR



$$V_3 = \left[ 1 + \frac{R_6}{R_5} \right] * V_1 - \frac{R_6}{R_5} * V_2 + V_c$$

$$V_4 = \left[ 1 + \frac{R_7}{R_5} \right] * V_2 - \frac{R_7}{R_5} * V_1 + V_c$$

donde  $V_c$  es el voltaje de entrada en modo común.

[  $V_c = (V_1 + V_2)/2$  ]. Si la etapa de salida es perfectamente balanceada, entonces:

$$\frac{R_{10}}{R_9} = \frac{R_{12}}{R_8}$$

$$V_o = \frac{R_{10}}{R_9} (V_4 - V_3) = \frac{R_{10} * (R_5 + R_6 + R_7) * [V_2 - V_1]}{R_5 * R_9}$$

Si  $R_6 = R_7$  y  $R_8 = R_9 = R_{10} = R_{12}$ ,

$$A_d = \frac{V_o}{V_2 - V_1} = 1 + \frac{2 * R_6}{R_5} \quad \text{[Ref. 11] pp - 9-9}$$

Las etapas de entrada A03 y A04 pueden diseñarse para altas ganancias, pero sin embargo causan un excesivo offset de DC. En la etapa de salida A05 puede utilizarse resistencias de bajo valor para minimizar el offset de DC.

La impedancia de entrada en las entradas no invertidas del operacional es típicamente mayor que  $10^{10}$  ohm, mientras que la impedancia de  $R_6$  y  $R_7$  son cercanas a cero.

La ganancia del circuito completo es usualmente controlada solamente con ajustes a  $R_5$ .

En este amplificador diferencial básico, el CMRR del circuito depende del CMRR de A05 ya que se cumple perfectamente que  $R_{10}/R_9 = R_{12}/R_8$ , y además porque  $R_5$ ,  $R_6$  y  $R_7$  solo afectan a la ganancia diferencial  $A_d$  y no a la ganancia en modo común [ $A_c = V_o/V_c$ ].

### *Filtro Pasabanda.*

Finalmente utilizaremos un amplificador operacional (A06) para implementarlo como filtro pasabanda. Como se puede ver en las figura No. 2.7. el circuito va desde la salida del amp. op. A05 hasta la salida del amp. op. A06, el esquema tiene diferentes nombres alternativos como:

- Filtro pasabandas de doble realimentación.
- Resonador activo.
- Filtro activo.
- Amplificador activo de pasabandas.
- Filtro RC activo.

Este filtro (figura No. 2.11.) es comúnmente empleado por las siguientes razones: [Ref. 11] pp - 12.1 a 12.4

1. El circuito requiere únicamente de un solo amplificador operacional.
2. El ajuste de la frecuencia de resonancia ( $f_0$ ) puede ejecutarse solo con una resistencia  $R_2$ .
3. Si el Factor de calidad del circuito ( $Q$ ) es menor que 10, la sensibilidad de  $Q$  y  $f_0$  a variaciones de los componentes no es grande.
4. Si  $Q$  es menor que 10, los cálculos de los valores de los componentes no son largos.
5. Una resistencia,  $R_3$ , puede utilizarse para ajustar tanto a  $Q$  como a la ganancia de mediabanda  $H$ . Esta resistencia también afecta a  $f_0$ , a  $Q$  y a  $H$  y debería siempre ser ajustada antes de  $f_0$ .

Este es un circuito de inversión con una función de transferencia expresada como:

$$A_{vc} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-As}{s^2 + Bs + C}$$

donde:  $A_{vc}$ : es la ganancia de voltaje en lazo cerrado del circuito como una función de frecuencia.

$$A = \frac{1}{R_1 C_1}$$

$$B = \frac{1/C_1 + 1/C_2}{R_2}$$

$$C = \frac{1/R_1 + 1/R_2}{R_2 C_1 C_2}$$

Los capacitores son los más difíciles de encontrar en el mercado, por ello es que el diseño empieza a menudo asumiendo los valores de  $C = C_1 = C_2$ , donde  $C$  es un valor que existe en la práctica. Ahora vamos a analizar el efecto que producen las tres resistencias en  $f_0$ ,  $H$ , y  $Af$  ( $Af = f_0/Q$ )

$$R_1 = \frac{1}{2 * \pi * Af * H * C}$$

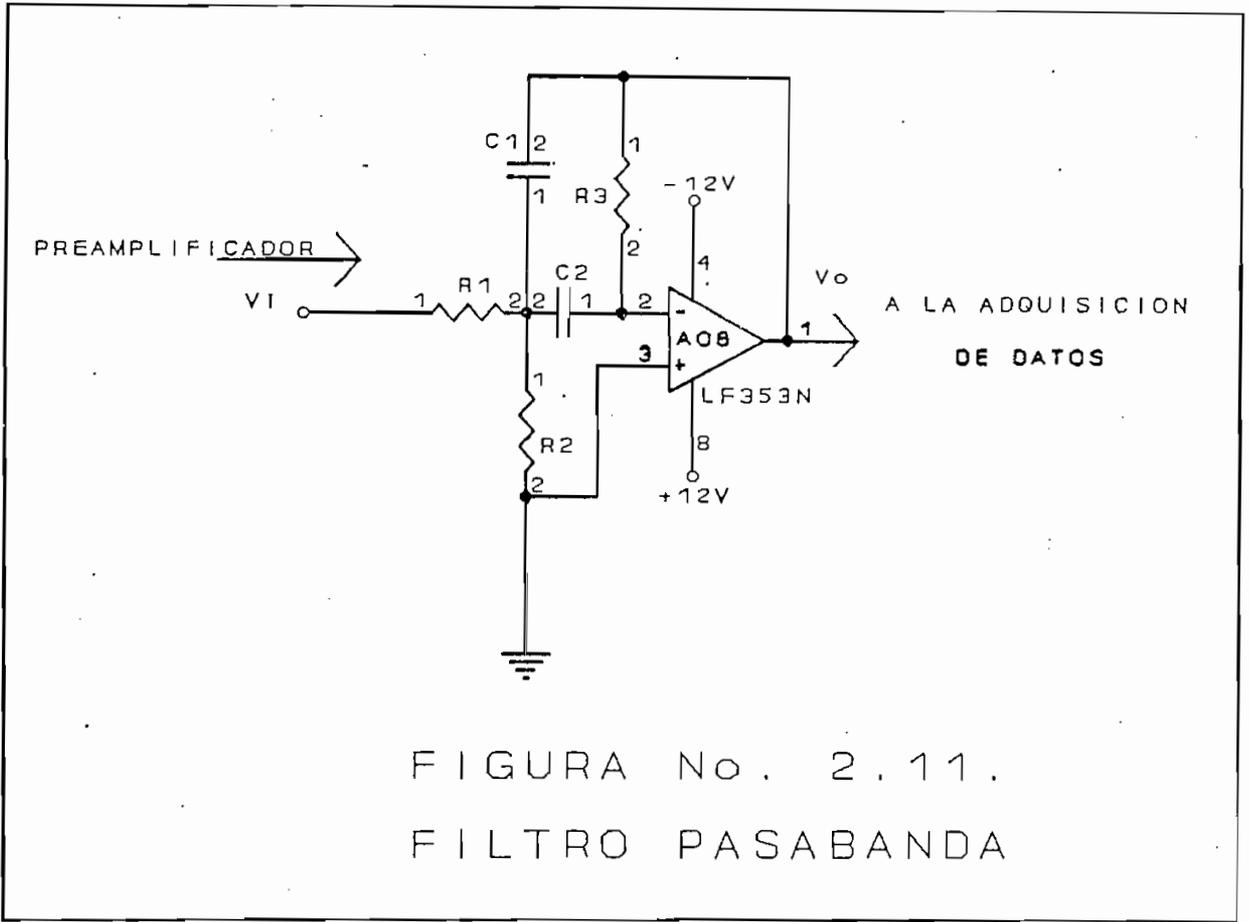
$$R_2 = \left[ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{c} 2 * f_0^2 \\ \hline Af * H \\ Af \end{array} \right] \right]^{-1/2}$$

$$R_3 = \frac{1}{\pi * Af * C}$$

Se puede observar que:

- $R_1$  afecta a  $Af$  y  $H$ .
- $R_2$  afecta a  $f_0$ ,  $Af$ , y  $H$ ; sin embargo, el efecto de  $Af$  y  $H$  es pequeño.
- $R_3$  afecta solamente a  $Af$ .

Invirtiendo estas tres últimas ecuaciones, se tiene:



$$f_o = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[ \frac{1}{R_3 C_1 C_2} \left[ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right] \right]^{1/2}$$

$$Q = \frac{f_o}{A_f} = \frac{R_3 \left[ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right]^{1/2}}{\left[ \frac{C_2}{C_1} \right]^{1/2} + \left[ \frac{C_1}{C_2} \right]^{1/2}}$$

$$H = \frac{R_2 C_2}{R_1 (C_1 + C_2)}$$

### Diseño del Filtro Pasabandas.

Para diseñar a los componentes de el filtro tenemos que establecer los siguientes valores:

$f_o = 10$  KHz      Frecuencia de trabajo.

$H = 10$       Ganancia de voltaje del circuito a la frecuencia de resonancia  $f_o$ .

$Q = 4$       Factor de calidad del circuito.

$\Delta f = f_o/Q = 2,5$ KHz      Ancho de banda de la curva de respuesta del circuito.

Escojo:  $C = C_1 = C_2 = 0.01$  uF

$$R_2 = \frac{2 Q}{2 \text{ PI } f_o C} = \frac{2 * 4}{2 * \text{PI} * (10 * 10^3) * (0.01 * 10^{-6})}$$

$$R_2 = 12732 \text{ ohm}$$

$$R_2 = 15.0 \text{ Kohm}$$

$$R_1 = \frac{Q}{2 \text{ PI } f_o C H} = \frac{4}{2 * \text{PI} * (10 * 10^3) * (0.01 * 10^{-6}) * 10}$$

$$R_1 = 636 \text{ ohm}$$

$$R_1 = 670 \text{ ohm}$$

Q

$$R_2 = \frac{R_1}{(2 \pi f_0 C) (2 * Q^2 - H)}$$

4

$$R_2 = \frac{670}{[2 * \pi * (10 * 10^3) * (0.01 * 10^{-6})] * [2 * (4^2) - 10]}$$

$$R_2 = 289.37 \text{ ohm}$$

$$R_2 = 220 \text{ ohm} = 0,22 \text{ Kohm}$$

Ahora, vamos a recalcular los valores de las variables asumidas, tomando en cuenta las magnitudes verdaderas de las componentes.

$$H = \frac{R_2 C_2}{R_1 (C_1 + C_2)} = \frac{(15 * 10^{-3}) * (0.01 * 10^{-6})}{670 * [2 * (0.01 * 10^{-6})]}$$

$$H = 11.19$$

Ganancia de voltaje real del circuito a la frecuencia de resonancia  $f_0$ .

$$f_o = \frac{1}{2 \text{ PI}} \left[ \frac{1/R_1 + 1/R_2}{R_3 C_1 C_2} \right]^{1/2}$$

$$f_o = \frac{1}{2 * \text{ PI}} \left[ \frac{1/670 + 1/220}{(15 * 10^{-3}) * (0.01 * 10^{-6})^2} \right]^{1/2}$$

$f_o = 10.097 \text{ KHz}$  Frecuencia de resonancia real del filtro.

$$Af = \frac{f_o}{Q} = \frac{1/C_1 + 1/C_2}{2 \text{ PI } R_3}$$

$$Af = \frac{2 * [1 / (0.01 * 10^{-6})]}{2 * \text{ PI} * (15 * 10^{-3})}$$

$Af = 1.061 \text{ KHz}$  Ancho de banda real de la curva de respuesta de frecuencia.

#### 2.4.4. CIRCUITOS IMPRESOS DE EL EMISOR Y EL RECEPTOR.

En el APENDICE II (Figuras APII.1 y APII.2), se muestran los diseños de las placas impresas tanto del emisor como del detector de rayos infrarrojos utilizados, las mismas que se realizaron con la ayuda de los programas de diseño electrónico ORCAD y TANGO PCB-ROUTE.

## 2.5. LA ADQUISICION DE DATOS.

### 2.5.1. INTRODUCCION.

La precisión de las cantidades transmitidas está afectada por ciertos factores. Factores que incluyen: errores en los circuitos del sensor o medición, errores en los transductores o circuitos de acondicionamiento de señal, errores de cuantización de la conversión A/D , y el offset introducido en los circuitos de los transductores y conversores A/D.

Errores de medición significativos, a menudo resultan de la acción de los sensores de instrumentación o de los circuitos de acondicionamiento de la señal; así como también de los errores inducidos por cuantización de la entrada de escala de dichos integrados del acondicionador de señal, o por el offset generado por cada uno de los elementos.

En adición a los errores de escala y medida durante la recolección de datos, las cantidades analógicas pueden verse afectadas por ruido. Ruido que produce valores de "rebote" alrededor de su actual valor de estado. Estas desviaciones pueden ocurrir continuamente y de una manera aleatoria. En ciertas ocasiones el ruido introducido en los sistemas es producido por la conexión y desconexión de switches de un dispositivo del circuito. Pero no siempre una fuente de ruido puede ser identificada y suprimida. Por tanto, el ruido puede estar dentro de los límites razonables de error tal que no afecte considerablemente a las cantidades transmitidas.

El efecto del ruido puede ser minimizado a través de una buena protección diseñada en las estaciones o circuitos de control, mediante el blindaje de cables y al proveer de un aislamiento adecuado entre la entrada analógica y la interface sensor-circuito de control.

La adquisición de datos o digitalización, es la etapa que permite al computador acceder a la información enviada por el acondicionador de señal en forma analógica. Esta misma etapa del diseño hace posible enviar información analógica al actuador o elemento final desde el computador.

### 2.5.2. ACONDICIONADOR DE SEÑAL.

La señal que sale del filtro pasabanda, es una señal de tipo sinusoidal de diferentes valores de amplitud y de frecuencia semejante a 10 KHz, que es la frecuencia de trabajo enviada desde el emisor de rayos infrarrojos y receptada por el detector de rayos infrarrojos en el otro lado de la pared de vidrio del recipiente de prueba. A esta señal tenemos que rectificarla, amplificarla convenientemente y sacarle su valor medio para que pueda enviarse su valor a la tarjeta de adquisición de datos y pueda posteriormente ser interpretada por el computador.

Esto se puede observar en la Figura No. 2.12., donde la señal sinusoidal es rectificada con la ayuda de los 4 diodos (D1 a D4) utilizados como puente rectificador; posteriormente es amplificada 10 veces por medio de un amplificador diferencial. A continuación se procede a obtener su valor medio con un filtro activo pasa bajos de segundo orden (filtro de Butterworth) cuya constante de tiempo es igual a 3.9 ms, valor que garantiza un factor de rizado en la señal suficientemente bajo y el mínimo retardo posible en este acondicionador, y finalmente la señal se amplifica nuevamente 5,1 veces. Por cuestión de seguridad de la tarjeta de adquisición de datos se coloca un diodo zener de 9,1 V. En esta etapa se ha empleado los amplificadores operacionales NTE 948 que necesitan de 2 fuentes de polarización, para tener una mayor aproximación de los valores tanto positivos como negativos. A su vez en la figura No. AP11. 3. del APENDICE II se observa el diseño de su circuito impreso realizado con el programa TANGO PCB-ROUTE.

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

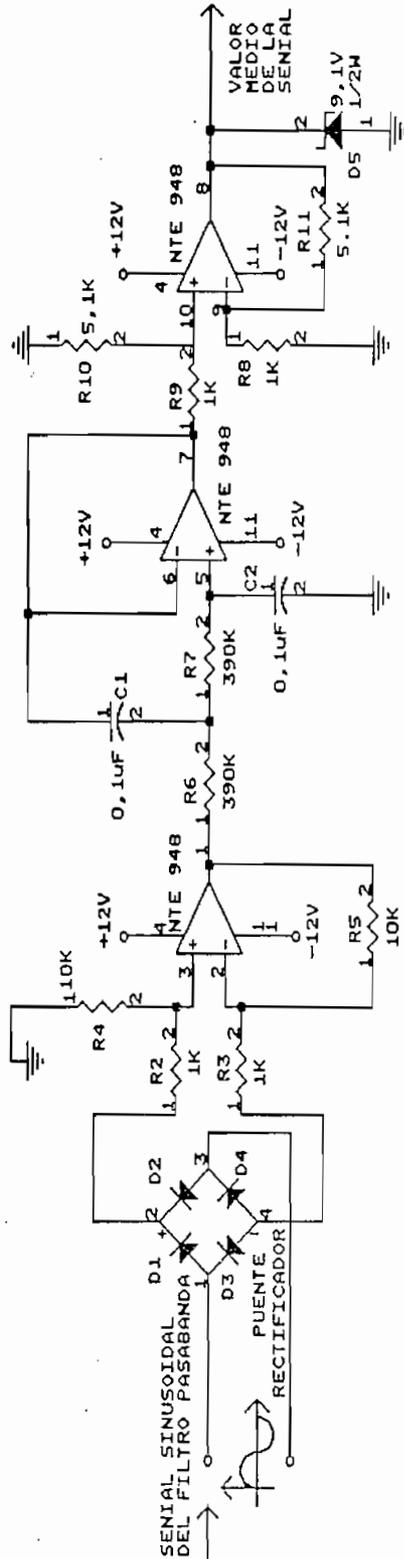


FIGURA No. 2.12.  
CIRCUITO ACONDICIONADOR DE SEÑAL

### 2.5.3. TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS DAS-128.

[Ref. 12] pp - Anexo 6.

#### 2.5.3.1. DESCRIPCION DE FUNCIONES DISPONIBLES.

El sistema de adquisición de datos se realiza por medio de la tarjeta DAS-128 diseñada como tesis de grado por el Ing. Fausto Cevallos A. en Abril de 1993. Esta tarjeta es un sistema conversor Analógico-Digital y Digital- Analógico, para computadores personales IBM y compatibles.

La tarjeta se encuentra insertada dentro del computador en una de las ranuras de un slot de expansión de ocho bits y puede ser programada por éste, para realizar conversiones A/D o D/A, o transferencias digitales de entrada y salida. Las características de la tarjeta se detallan a continuación.

#### *COMPATIBILIDAD.*

La tarjeta DAS-128 es totalmente compatible con computadores personales IBM PC, IBM PC/XT, IBM PC/AT y compatibles.

#### *PUERTOS DISPONIBLES.*

La tarjeta DAS-128 tiene los siguientes puertos disponibles:

- 8 entradas analógicas con 8 bits de resolución.
- 8 salidas analógicas con 8 bits de resolución.
- 7 puertos digitales de 8 bits de entrada (\*).

- 7 puertos digitales de 8 bits de salidas (\*).

(\*) Es posible disponer de un puerto bidireccional, a partir de uno de los puertos de entradas y uno de salidas, como se explicará más adelante en la explicación de numeral 2.5.3.3. OPERACION DEL PUERTO BIDIRECCIONAL.

#### *DESCRIPCION DE LA TARJETA.*

La tarjeta DAS-128 debe ser instalada en un slot de ocho bits para tarjetas de extensión de un computador personal XT/AT/386 o IBM compatible. Las fuentes de corriente continua necesarias para su operación se toman del slot, por lo tanto *NO SE REQUIERE DE FUENTES DE ALIMENTACION EXTERNAS*. La tarjeta provee salidas de la fuente de +5(VDC) para usos externos.

La tarjeta se ha diseñado para facilitar su mantenimiento. No se requieren calibraciones, por lo tanto el usuario *NO DEBE* realizar ningún tipo de ajuste interno en la tarjeta.

La tarjeta ocupa 15 direcciones consecutivas para direccionar los puertos disponibles, a partir de la dirección base asignada por medio del dip switch existente. Las direcciones base que se pueden dar a la tarjeta son: 200h, 210h, 220h, 230h, 300h, 310h, 320h, 330h. (ver más adelante numeral 2.5.3.2. de ASIGNACION DE DIRECCIONES, para una explicación detallada).

#### *ENTRADAS ANALOGICAS:*

Se dispone de 8 entradas analógicas, las cuales se direccionan a un conversor A/D de ocho bits, por medio de un multiplexer analógico.

Los voltajes que se ingresan a cualquiera de las 8 entradas analógicas existentes deben estar en el rango entre 0 y 10 (VDC), correspondiendo el valor digital 00h a la señal de 0 (VDC) y FFh a la de 10 (VDC).

#### ***SALIDAS ANALOGICAS:***

La tarjeta provee de 8 salidas analógicas, para lo cual utiliza un conversor D/A de 8 bits, cuya salida se conecta a un multiplexer analógico.

Cada una de las salidas del multiplexer analógico se conecta a un retenedor y luego a un amplificador operacional, encargado de duplicar el voltaje provisto por el conversor, con el fin de obtener voltajes entre 0 y 10 (VDC).

#### ***ENTRADAS DIGITALES:***

Se dispone de 7 puertos de 8 bits de entradas digitales. Los voltajes permisibles en estas entradas son 0 y 5 (VDC), ya que se utilizan compuertas TTL LS en estos puertos.

#### ***SALIDAS DIGITALES:***

Se dispone de 7 puertos de 8 bits de salidas digitales TTL compatibles. Los valores digitales que se coloquen en estos puertos de salida se mantendrán hasta que sean reemplazados por un nuevo valor.

### 2.5.3.2. ASIGNACION DE DIRECCIONES.

En la figura No. 2. 13., que se adjunta, se puede observar la disposición de todos los componentes de la tarjeta DAS-128. Descrito como SW1 se encuentra un dip switch que dispone de 8 micro interruptores. Cada uno de ellos permite asignar a la tarjeta una dirección base diferente, de acuerdo a la siguiente tabla:

SWITCH ON	DIRECCION BASE ASIGNADA
1	200h
2	210h
3	220h
4	230h
5	300h
6	310h
7	320h
8	330h

\*\*\*\*\*

*NOTA: CUIDAR DE QUE SOLO UNO DE LOS INTERRUPTORES SE ENCUENTRE EN LA POSICION ON.*

\*\*\*\*\*

Una vez definida la dirección base, las direcciones de acceso a cada uno de los puertos disponibles en la tarjeta se ilustra a continuación:

DIRECCION	PUERTO DE ENTRADAS	PUERTO DE SALIDAS
XX0h	Vi0 (analógico)	Vo0 (analógico)
XX1h	Vi1 (analógico)	Vo1 (analógico)
XX2h	Vi2 (analógico)	Vo2 (analógico)
XX3h	Vi3 (analógico)	Vo3 (analógico)
XX4h	Vi4 (analógico)	Vo4 (analógico)
XX5h	Vi5 (analógico)	Vo5 (analógico)
XX6h	Vi6 (analógico)	Vo6 (analógico)
XX7h	Vi7 (analógico)	Vo7 (analógico)
XX8h	Di0 (digital)	Do0 (digital)
XX9h	Di1 (digital)	Do1 (digital)
XXAh	Di2 (digital)	Do2 (digital)
XXBh	Di3 (digital)	Do3 (digital)
XXCh	Di4 (digital)	Do4 (digital)
XXDh	Di5 (digital)	Do5 (digital)
XXEh	Di6 (digital)	Do6 (digital)
XXFh	Di7 (digital)	Do7 (digital)

Se puede observar que una misma dirección es compartida por dos puertos, uno de entradas y uno de salidas. La tarjeta DAS-128 verificará automáticamente si la operación requerida por el programa es de entrada o salida con el fin de dirigirse al puerto correspondiente.

Cada uno de los puertos digitales dispone de 8 bits, numerados del cero al siete. Para identificar a cada uno de los bits, en los conectores disponibles en la tarjeta DAS-128, se ha colocado un número adicional que lo identifica. Así, por ejemplo, Do13 indicará que nos referimos al bit 3 del puerto digital de salida 1 (Do1).

En el Gráfico No. 2.13. se indica la ubicación de los conectores externos, los cuales se han identificado con las letras JP, existiendo 4 conectores: JP1, JP2, JP3 y JP4. En el mismo gráfico se puede observar, además, la ubicación de los terminales 1 y 2 de cada conector.

En el Gráfico No. 2.14. se observa la distribución asignada a cada uno de los terminales de los cuatro conectores existentes. Podemos ver que el terminal 1 de los cuatro conectores provee de la señal de referencia (GND), y el terminal 2 de los conectores JP2, JP3 y JP4 provee de una señal de fuente, de +5 (VDC), para uso externo. El uso del terminal 2 del conector JP1 se indica en el literal 2.5.3.3. del presente capítulo.

Como ejemplo, y refiriéndonos a la Figura No. 2.14. , podemos observar que el terminal 12 de JP3 provee la señal correspondiente al bit 3 del puerto digital de salidas 4 (Do4).

\*\*\*\*\*

*NOTA: Para definir la dirección base, hay que verificar que no exista superposición entre las direcciones asignadas a los puertos de la tarjeta DAS-128, y las direccio-*

nes utilizadas por otra tarjeta instalada en el computador.

\*\*\*\*\*

A continuación se incluyen las direcciones, generalmente utilizadas en los computadores personales y, que NO pueden ser asignadas a la tarjeta DAS-128:

000h - 00Fh	Controlador DMA.
020h - 021h	Controlador de interrupciones.
040h - 043h	Temporizadores.
060h - 063h	Puertos teclado, cassette y parlante.
080h - 083h	Registros página DMA.
200h - 20Fh	Adaptador juegos (solo 200 usada).
278h - 27Fh	Adaptador paralelo secundario.
2F8h - 2FFh	Adaptador asíncrono secundario.
300h - 31Fh	Tarjeta prototipos.
378h - 37Fh	Adaptador paralelo primario.
380h - 38Fh	Adaptador monocromático y paralelo impresora.
380h - 3DFh	Adaptador color y gráficos.
3F0h - 3F7h	Adaptador diskette.
3F8h - 3FFh	Adaptador asíncrono primario.

### 2.5.3.3. OPERACION DEL PUERTO BIDIRECCIONAL.

Con el fin de disponer de un puerto digital bidireccional de 8 bits, se deberá realizar lo siguiente:

Interconectar los bits correspondientes, de los puertos Di0 y Do0. Para esto, se deberán interconectar Di00 con Do00, Di0i con Do0i, .... ,Di07 con Do07. Esta operación se realiza conectando los terminales 34 con 33, 32 con 31, ..... , 20 con 19 del conector JP1.

Conectar el terminal 2 del conector JP1 (-Dio) a una señal digital TTL compatible que definirá la dirección en la que se realizan las transferencias (desde la tarjeta DAS-128 o hacia ella). La señal que comande a -Dio puede provenir de un bit de cualquiera de los restantes puertos digitales de salida disponibles en la tarjeta DAS-128. o puede ser una señal externa.

Para indicar que los datos SALEN de la tarjeta DAS-128, se debe colocar un cero lógico (0 VDC) en la entrada -Dio. Para indicar que los datos ENTRAN a la tarjeta DAS-128, se debe colocar un uno lógico (+5 VDC) en la entrada -Dio.

Cuando no se requiera comunicación bidireccional, y se necesite utilizar el puerto de salidas Do0, verifique que la señal -Dio se encuentre conectada a GND (terminal 1 de todos los conectores). Una vez realizada la indicada conexión los puertos Do0 y Dio operan como cualquiera de los restantes puertos existentes en la tarjeta DAS-128.

#### 2.5.3.4. INSTALACION.

Antes de instalar la tarjeta DAS-128, hay que SELECCIONAR CORRECTAMENTE LA DIRECCION BASE, indicada en la sección 2.5.3.2., y definir la dirección dada en concordancia con nuestros requerimientos.

Esto de definir correctamente la dirección base es importante para que no entre en conflicto con otra tarjeta instalada en el computador.

Si las direcciones de dos tarjetas de extensión se sobreponen simultáneamente, el computador puede reportar errores, no operar, e incluso sufrir serios daños.

#### 2.5.3.5. SOFTWARE.

En todos los lenguajes de programación existen instrucciones o funciones que permiten ingresar o sacar datos a través de los puertos. Para el caso de la tarjeta DAS-128, no existe diferencia en las instrucciones utilizadas para comandar los puertos digitales de las utilizadas para comandar los puertos analógicos.

En lenguaje C, se dispone de las siguientes funciones:

```
int inp(int PoRt);
```

Utilizada para ingresar datos desde un puerto de entradas.

```
int outp(int PoRt, int DaTo);
```

Utilizada para sacar DaTo a uno de los puertos (PoRt) de salidas.

FIGURA No. 2.13. tarjeta DAS-128

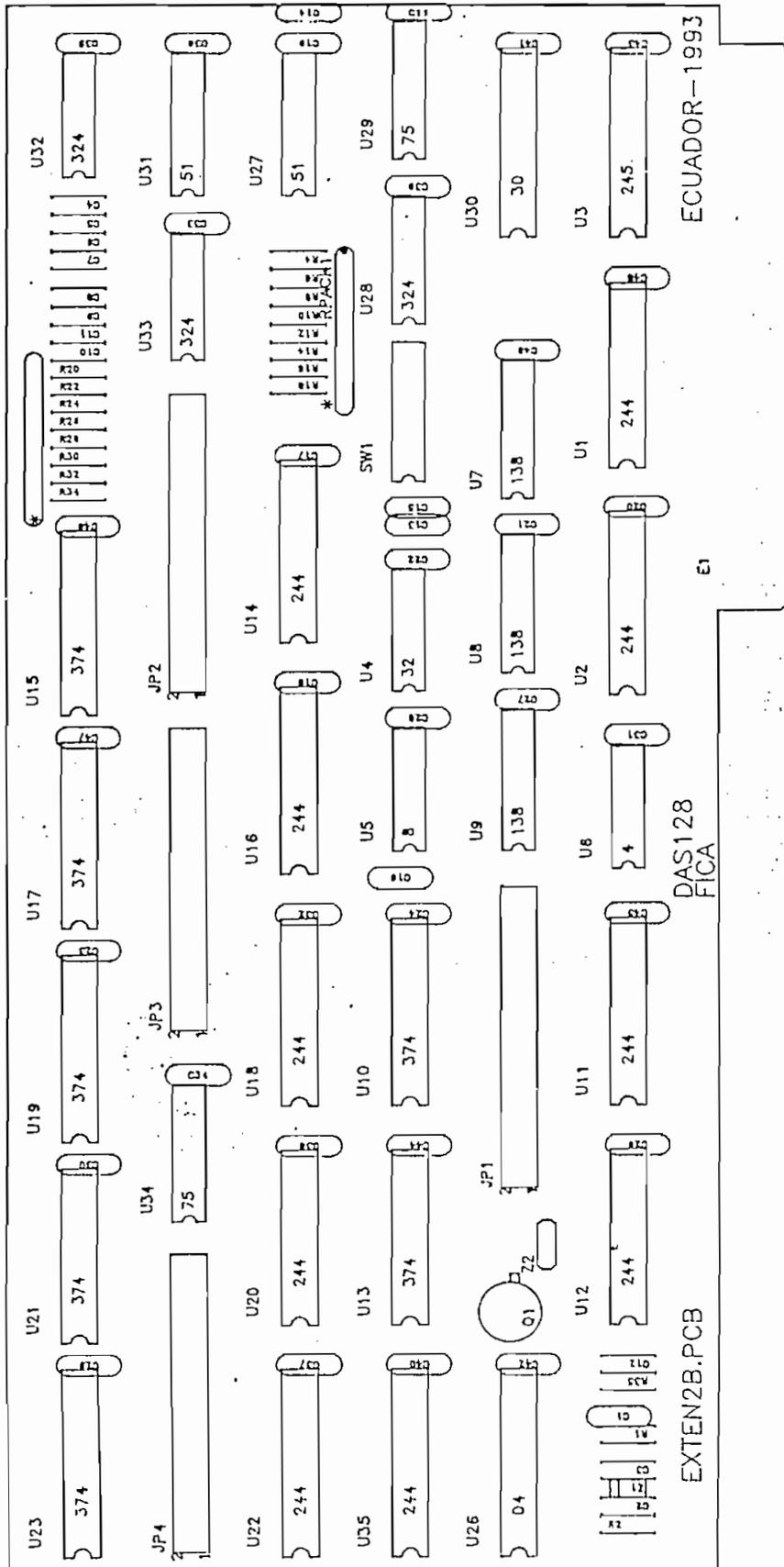
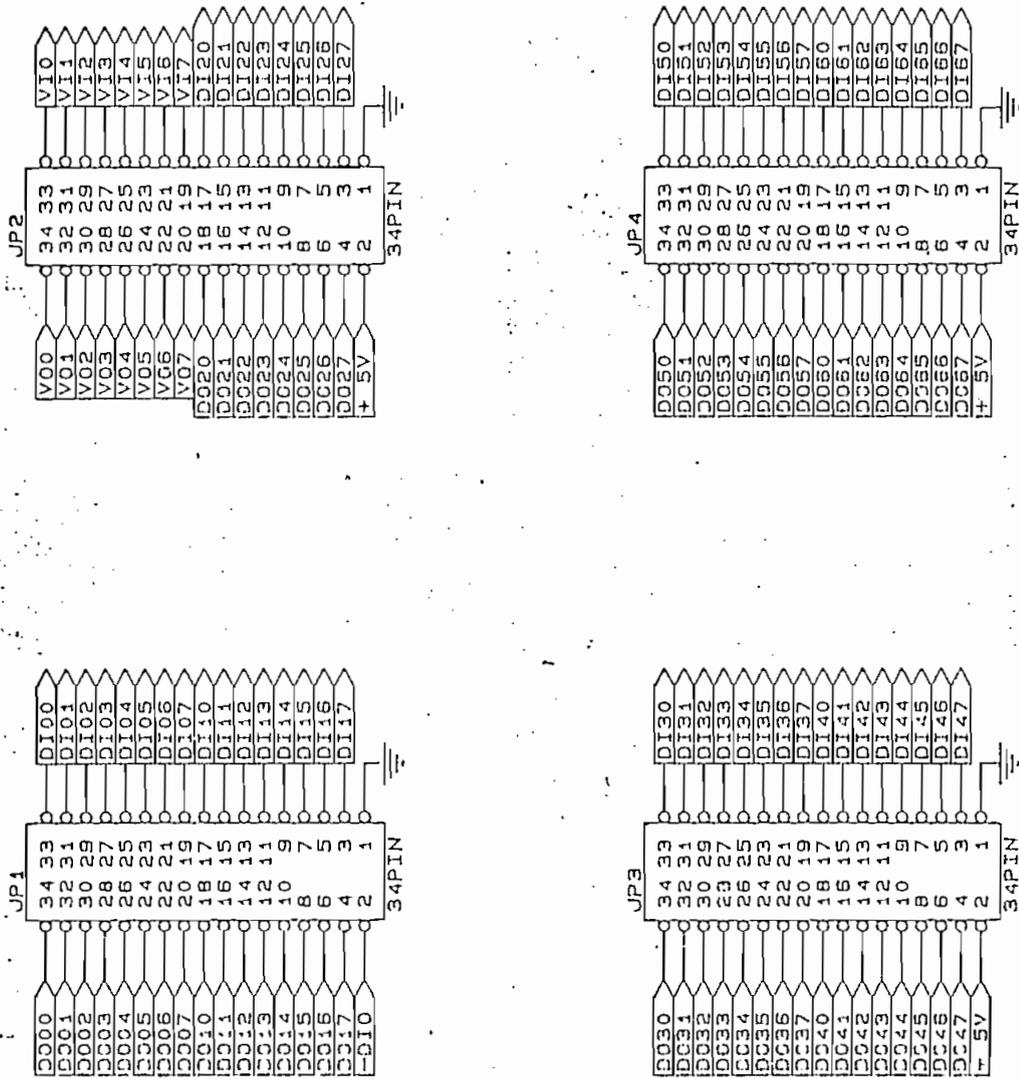


FIGURA No. 2.14. DISTRIBUCION DE CONECTORES EXTERNOS JP.



## 2.6. CIRCUITOS AUXILIARES.

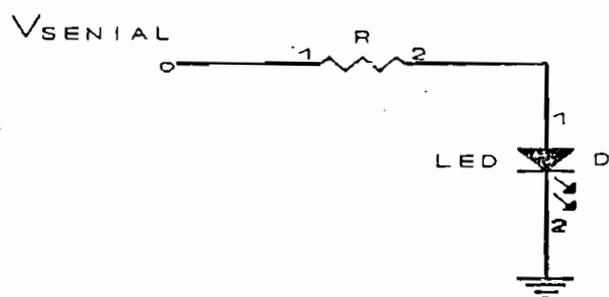
### 2.6.1. CIRCUITO PARA SEÑALIZACIONES.

Para la señalización de las señales infrarrojas tanto de la emisión como de la detección se utiliza el mismo circuito (figura No. 2.15), donde se puede observar al led de señalización D dispuesto con su cátodo a tierra y el ánodo a una resistencia R , donde se tiene :

$$V_{LED} = 1.7 \text{ V.}$$

$$I_B = 10 \text{ mA}$$

$$V_{SEÑAL} = V \text{ variable}$$



CIRCUITO DE SENALIZACION  
FIGURA No. 2.15.

En la emisión de rayos infrarrojos se tiene que el valor de la resistencia viene dado por :

$$R = \frac{V_{SEÑAL} - V_{LED}}{I_B} = \frac{(2 - 1.7) \text{ V}}{10 \text{ mA}}$$

$$R = 30 \text{ ohm.}$$

Si el voltaje de la señal es variable, entonces el voltaje que soporta el led de señalización es variable, dependiendo de la mayor o menor intensidad de señal infrarroja receptada en el lado del circuito detector de el recipiente de prueba.

### 2.6.2. MANEJO DE EL MOTOR PARA EL AGITADOR.

Para el manejo de ~~el~~ motor de DC de 2 polos que da el movimiento al agitador de plástico incorporado a dicho motor, y que tiene el propósito de agitar la solución convenientemente en el caso de que el colorante no esté bien mezclado, se utiliza el circuito dispuesto en la figura No.2.16., y con su circuito impreso en la fig. No. APII.4. del APENDICE II. ~~En~~ el mismo que se puede observar a un operacional trabajando como generador de corriente constante. A su vez,  $V_1$  es el voltaje DC que envía el computador a través de uno de sus puertos y que es convertida en señal analógica por la tarjeta de adquisición de datos DAS-128.

La corriente ( $i$ ) que circula hacia la entrada positiva del operacional LM324 es semejante a cero; al igual que el voltaje ( $V_i$ ) entre la entrada positiva y negativa de este operacional.

$$V_1 + V_1 - I_1 * R_1 = 0$$

$$V_1 = 0, \text{ entonces}$$

$$V_1 = I_1 * R_1$$

A la salida del operacional por ser la resistencia intrínseca

del operacional = 0, se cumple como ya dijimos que  $i = 0$ .

Por tanto:

$$I_1 = I_0$$

$$I_0 = \frac{V_1}{R_1}$$

De donde:

$$R_1 = \frac{V_1}{I_0}$$

$I_0$  es la corriente que va a saturar al transistor de señal BC548. De los datos de manual del transistor de señal BC548 se sabe que:

$$I_c = 0.6 \text{ (A)}$$

$$h_{fe_{typ}} = 200$$

dando,

$$I_E \text{ min. para saturación } Q_1 = \frac{I_c}{h_{fe}} = \frac{0.6}{200} \text{ (A)}$$

$$I_E \text{ min. sat.} = 3 \text{ (mA)}$$

de lo cual,

$$R_1 \text{ máx. saturar } Q_1 = \frac{V_1}{I_0 \text{ min.}} = \frac{V_1}{I_1 \text{ min.}}$$

$V_1$  que viene del computador = 10 (V)

$$R_1 \text{ máx. saturar } Q_1 = \frac{10 \text{ (V)}}{3 \text{ (mA)}} = 3.3\text{K(ohms)}$$

Asumo  $I_0 = 6 \text{ (mA)}$ ;

$$R_1 = \frac{10 \text{ V}}{6 \text{ mA}} = 1.6 \text{ K(ohms)}$$

$$R_1 = 1.5 \text{ K(ohms)}$$

Posteriormente, la corriente  $I_0$  entra al conjunto de 2 transistores el uno de señal y el otro de potencia, siendo este último el dispositivo semiconductor que va a servir de transistor controlador para accionar al pequeño motor de DC. de 2 polos, 3 volt. que dá movimiento al agitador.

$R_2$  no afecta a la corriente  $I_0$  del circuito generador de corriente constante y ajusta la corriente de entrada al transistor  $Q_1$ .

Tomo,

$$R_2 = 1\text{K(ohm)}$$

$R_3$  sirve como protección del transistor de señal  $Q_1$  cuando éste trabaja en saturación, y su valor no debe exceder del valor máximo para dejar pasar la corriente a la base y saturar al transistor de potencia  $Q_2$ .

De acuerdo a los datos técnicos del transistor 2N3055 y el circuito especificado en la figura No. 2.16. se tiene que la máxima resistencia  $R_3$  máx = 50 (ohms).

Sea,

$$R_3 = 10 \text{ (ohm)}$$

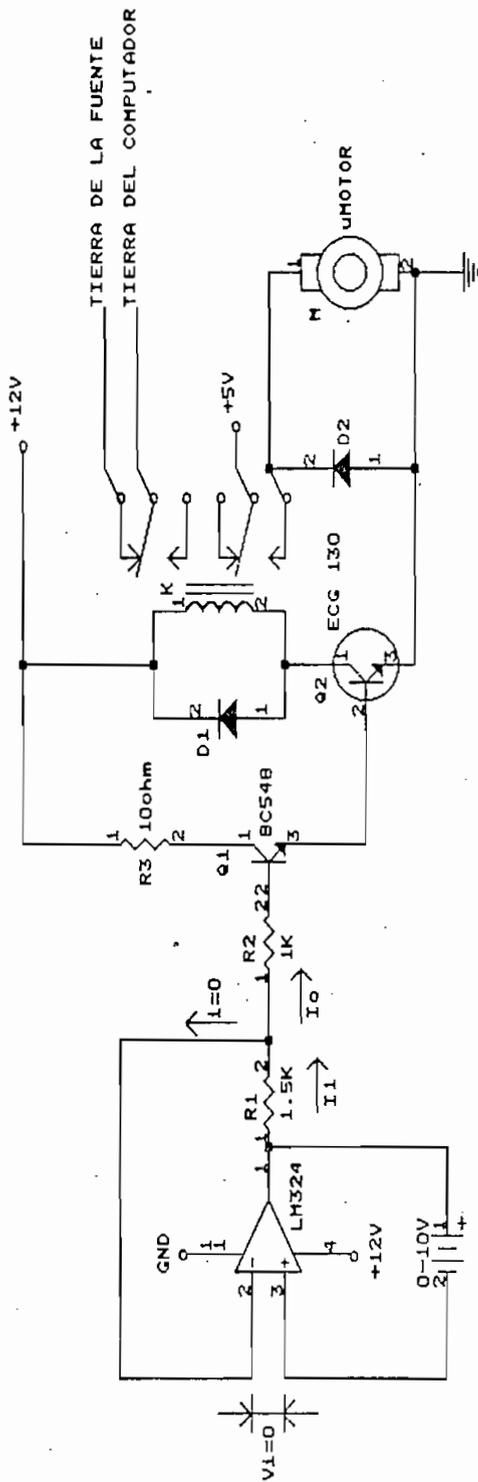
El diodo  $D_1$  sirve de protección para recuperar la energía almacenada en la bobina del relay de 6-12 VDC.

El diodo  $D_2$  en paralelo con el motor, cuya polaridad de cátodo y ánodo debe ser estrictamente obedecida, tiene por función la protección de la fuente de alimentación ( $+5V_{DC}$ ) del micromotor y la protección del contacto normalmente abierto de el relay, en vista de las tensiones elevadas que pueden aparecer en la conmutación de alta velocidad de las escobillas del motor.

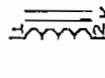
Se trabaja con un relé de  $V_{DC}$  de 6-12V, de el cual se utiliza un contacto normalmente cerrado y un contacto normalmente abierto. El normalmente abierto está conectado al voltaje de polarización de  $5V_{DC}$  para el movimiento del micromotor de DC, por cuanto el relé se activa solo cuando desde el computador se envíe una señal para que el micromotor funcione.

Mientras que, el normalmente cerrado se lo hará para la unión de las dos tierras que se tiene como son la que viene del computador y de la fuente de energía, para unir las tierras cuando se haga la adquisición del dato al computador a través de la entrada digital del puerto de la tarjeta de adquisición de datos; así como para separarlas cuando funcione el micromotor y no pueda ocasionar encendidos no deseados de éste.

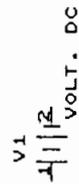
FIGURA No. 2.16.  
CIRCUITO DE MANEJO DEL MICROMOTOR DEL AGITADOR



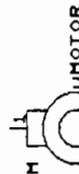
V1  
VOLTAGE DC  
DESDE SALIDA  
ANALOGICA DE  
TARJETA DE  
ADQUISICION  
DE DATOS



BOBINA DEL RELE 6-12V



VOLTAGE DC 5V VIENE DEL COMPUTADOR



MICROMOTOR DC 3V 2 POLOS



TRANSISTOR DE POTENCIA  
COLECTOR COMO DISIPADOR DE CALOR

# C A P I T U L O     I I I

## SOFTWARE DEL SISTEMA.

- 3.1.     REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA.
- 3.2.     HERRAMIENTAS     PARA     EL     DESARROLLO     DEL  
PROGRAMA.
- 3.3.     DISEÑO DE LOS MODULOS DEL PROGRAMA.

# CAPITULO III

## SOFTWARE DEL SISTEMA.

### 3.1. REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA.

El programa de computación desarrollado tiene por objeto proporcionar un sistema de detección, almacenamiento y procesamiento de las señales analógicas/digitales provenientes de la tarjeta de adquisición de datos y que fueron recogidas de los análisis de las muestras en las soluciones de colorante-líquido realizados en el recipiente de prueba, hecho para el efecto.

El programa está enfocado a conseguir las siguientes prestaciones :

- 1) Presenta un menú donde se indican los datos más generales.
- 2) Presenta un menú principal donde se indica el tipo de proyecto a realizarse.
- 3) Presenta un menú para adquisición de datos.
- 4) Durante todo el proceso de adquisición de los distintos datos, el computador indicará en la pantalla los diferentes pasos a seguirse.
- 5) Durante toda la ejecución del programa, se desplegará en la pantalla la próxima o próximas teclas a digitarse.
- 6) Predefinición, de ser posible, de parámetros auxiliares del sistema, como es: el valor de la densidad del color en la solución colorante-líquido.

- 7) Posibilidad de que el programa pueda desplegar pantallas indicativas para computadores tanto de monitor monocromático como de color.
  
- 8) Cuando haya finalizado el análisis de la muestra de solución color-líquido, se desplegará en la pantalla una indicación de el resultado final o de los posibles errores o fallas cometidas.

Por la función específica que realiza el programa se le ha asignado el nombre de "Sistema Optoelectrónico para detección de colores en soluciones acuosas", abreviado SISOPTO.

### 3.2. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA.

El desarrollo y la utilización del programa SISOPTO, precisa de un conjunto de elementos y requisitos adicionales, imprescindibles para su correcto funcionamiento.

#### 3.2.1. ENTORNO FISICO. (Hardware).

SISOPTO, ha sido desarrollado en un computador personal totalmente compatible con I.B.M., el cual alberga en una de sus ranuras de expansión a la tarjeta de adquisición de datos elaborada como tesis de grado por el Ing. Fausto Cevallos en Abril de 1993., cuyas características se han detallado más explícitamente en el apartado No. 2.5.3. de este documento.

### 3.2.2. (Software).

La tarjeta de adquisición de datos DAS-128, permite que se puedan utilizar librerías de ciertos lenguajes de programación permitidos por PC DOS o WINDOWS, como son: Basic, Lenguaje C y Lenguaje Ensamblador.

El lenguaje utilizado en el desarrollo del presente programa SISOPTO, es el TURBO C++ ver. 3.0.

La organización del directorio en el computador es:

```
C:\SISOPTO\EGAVA.BGI
    TRIP.CHR
    SISOPTO.CPP
    SISOPTO.EXE
    ANALISIS.CPP
    GLOBAL.H
    MEMORIA.CPP
    PRESENTA.CPP
    SALIDA.CPP
    VENTANA.CPP
    TESISOP.PRJ
```

Existe un solo archivo ejecutable, que es el SISOPTO.EXE ; todos los demás archivos solo pueden ser compilados y ejecutados con la utilización del programa Turbo C++.

El archivo TESISOP.PRJ es el Archivo Project que agrupa y enlaza bajo este nombre a todos los otros archivos indicados, cuando se emplea el lenguaje de programación Turbo C++.

### 3.3. DISEÑO DE LOS MODULOS DEL PROGRAMA.

El programa SISOPTO, tiene una organización en módulos

cuyo esquema se presenta en la figura. No. 3.1.

Este organigrama, en forma de árbol, indica que NO existe una secuencia obligatoria entre los módulos del programa, es decir que el operador o usuario del proyecto, puede indistintamente seleccionar cualquier módulo, comenzando eso si obligatoriamente, por GLOBAL.H y por SISOPTO.CPP., donde están las declaraciones de las variables globales y el llamado al MAIN, respectivamente.

### 3.3.1. MODULO 1: PRESENTA.CPP

En este módulo se desarrollan los archivos de las pantallas iniciales de presentación : void presentación, void menú, void ingreso. Figs. No. 3.2. y 3.3.

### 3.3.2. MODULO 2: .SISOPTO.CPP

Este módulo invoca a todos los diferentes archivos utilizados en el programa, define y declara los que no lo hayan realizado en su propio archivo; es decir, llama a los diferentes archivos por sus prototipos o nombres de función.

En este programa se encuentra la instrucción main, llamado de archivo principal, indispensable para que exista todo el programa en conjunto. Su diagrama de flujo se lo puede observar en la Fig. No. 3.4.

### 3.3.3. MODULO 3: ANALISIS.CPP

En este módulo se desarrollan las instrucciones necesarias para la entrada y salida de datos desde el computador hacia el

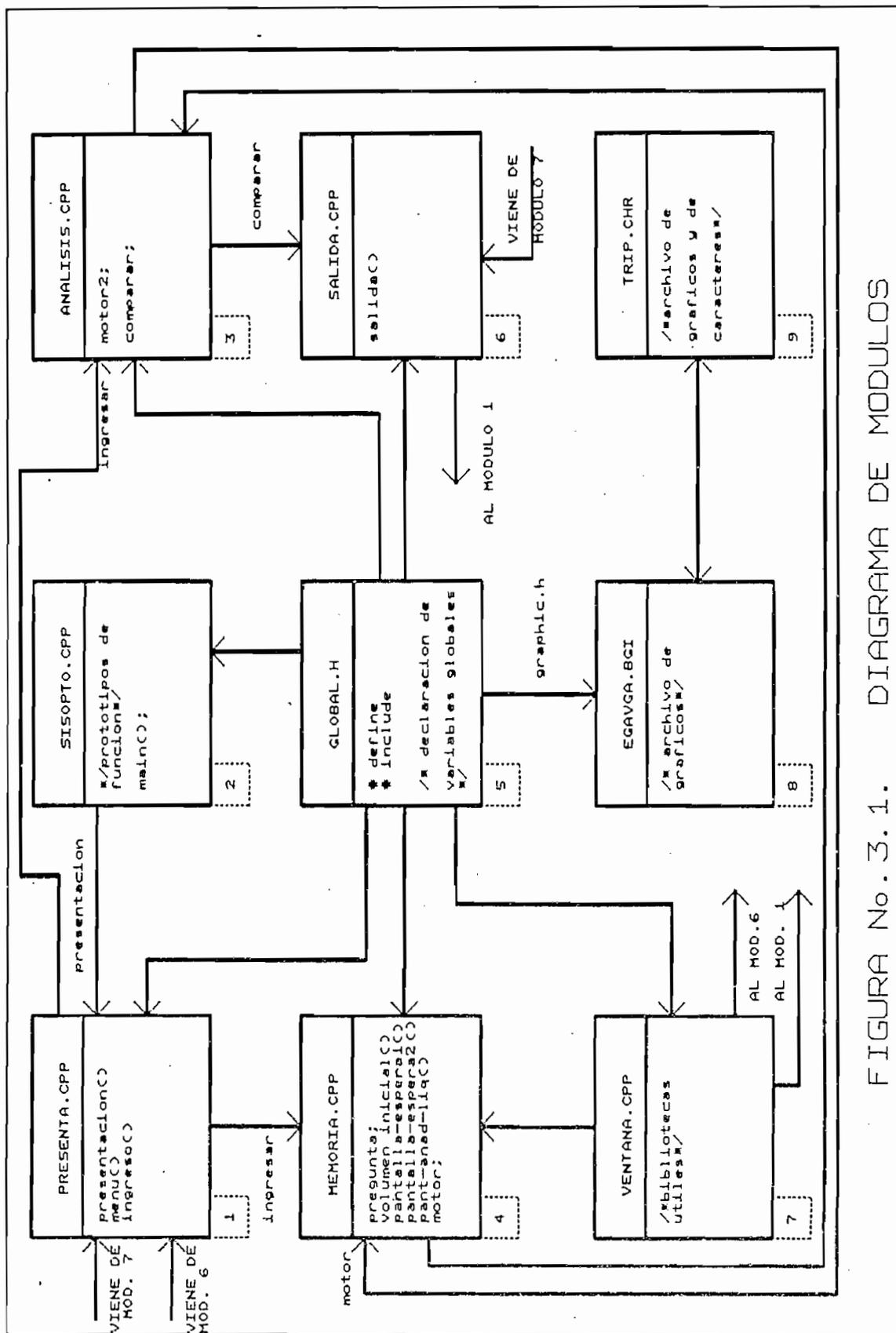


FIGURA No. 3.1. DIAGRAMA DE MODULOS

puerto de salida analógica y viceversa, teniendo en cuenta que el manipuleo de estos datos es sólo para aquellos que se van a incluir a la memoria de datos de el computador.

Además, en este módulo se encuentran las instrucciones que sirven para comparar los datos de memoria con los datos de la muestra de solución color-líquido a analizar, y dependiendo de ello mandará a otro programa el número indicado de especificación de un determinado color o desarrollará y generará una pantalla en la cual indica la imposibilidad de investigar el color en la solución. Como se puede observar en los diagramas de flujo de las figs. No. 3.5. y 3.6.

#### 3.3.4. MODULO 4: MEMORIA.CPP

Contiene las instrucciones necesarias para hacer la pregunta de el valor de la densidad del color en el líquido cuando los datos van a servir para colocarlos constantemente en la base de memoria del computador.

Aquí también se desarrollan las pantallas de espera1, pantalla de espera2, pantalla de añadir líquido y el archivo con el prototipo de función motor que realiza el envío y adquisición de datos desde el computador para todos los diferentes colorantes que van a servir de base en la memoria del computador. Figs. No. 3.7. y 3.8.

#### 3.3.5. MODULO 5: GLOBAL.H

En este módulo se declaran todas las variables globales del programa, así como sus directivas e inclusiones globales. Fig. No. 3.9.

### 3.3.6. MODULO 6 : SALIDA.CPP

La SALIDA.CPP define la función SALIDA( intcolor1, double densidad ); donde se encuentran las diferentes pantallas de salida para los diversos colores de la base de datos en memoria, así como define una doble densidad para el valor de la densidad aproximada de la muestra a analizar. Fig. No. 3.10.

### 3.3.7. MODULO 7 : VENTANA.CPP

Se encuentran las bibliotecas útiles para los diferentes procesos del programa. Se ha desarrollado también un archivo de nombre ventana\_título que servirá a lo largo del programa como ayuda a los diferentes archivos de despliegue de pantallas. Fig. No. 3.11.

Los módulos No. 8 y No. 9 ( ECAVGA.BGI y TRIP.CHR) son archivos propios del lenguaje Turbo C++ que son útiles para el desarrollo y despliegue de pantallas y de caracteres en el programa.

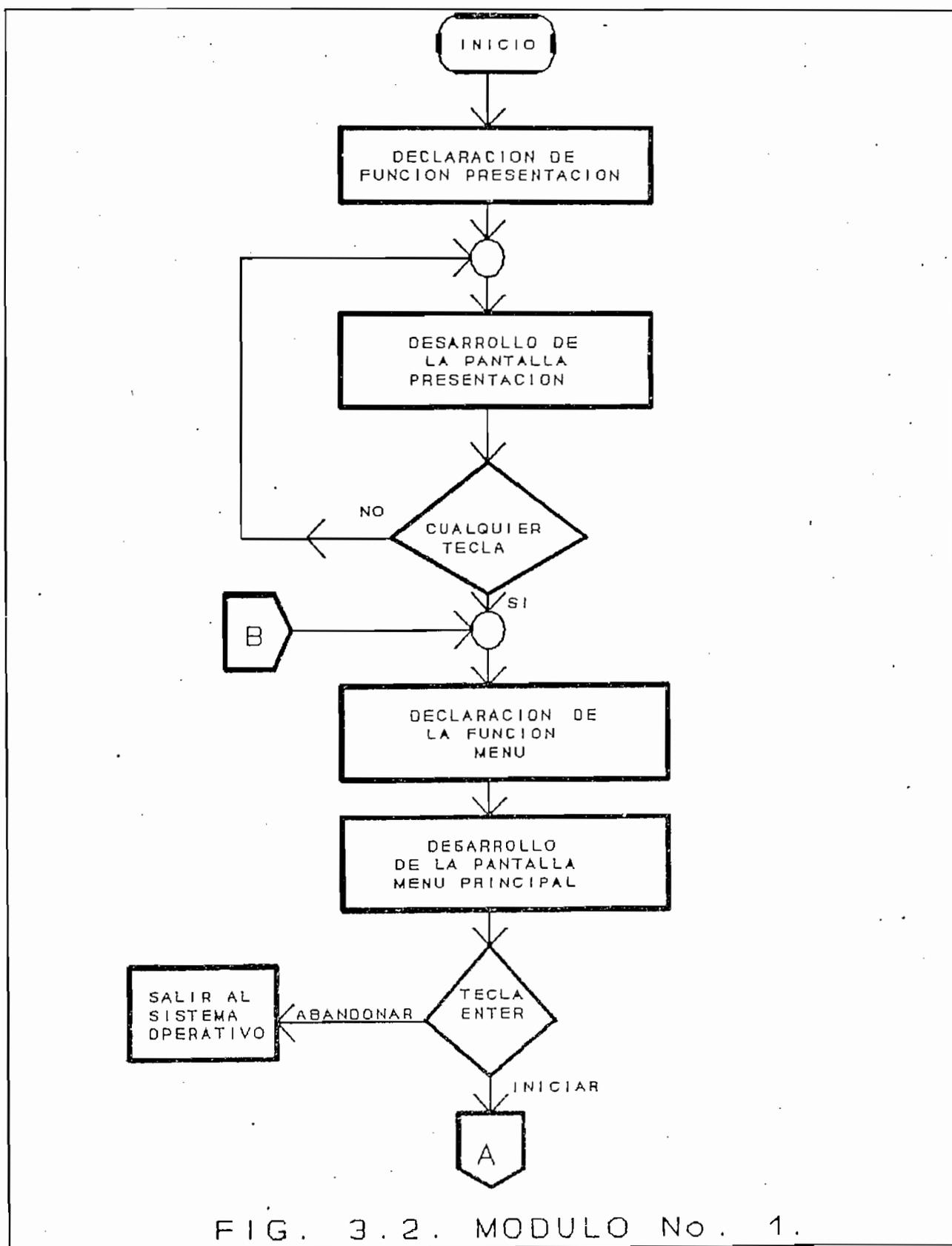
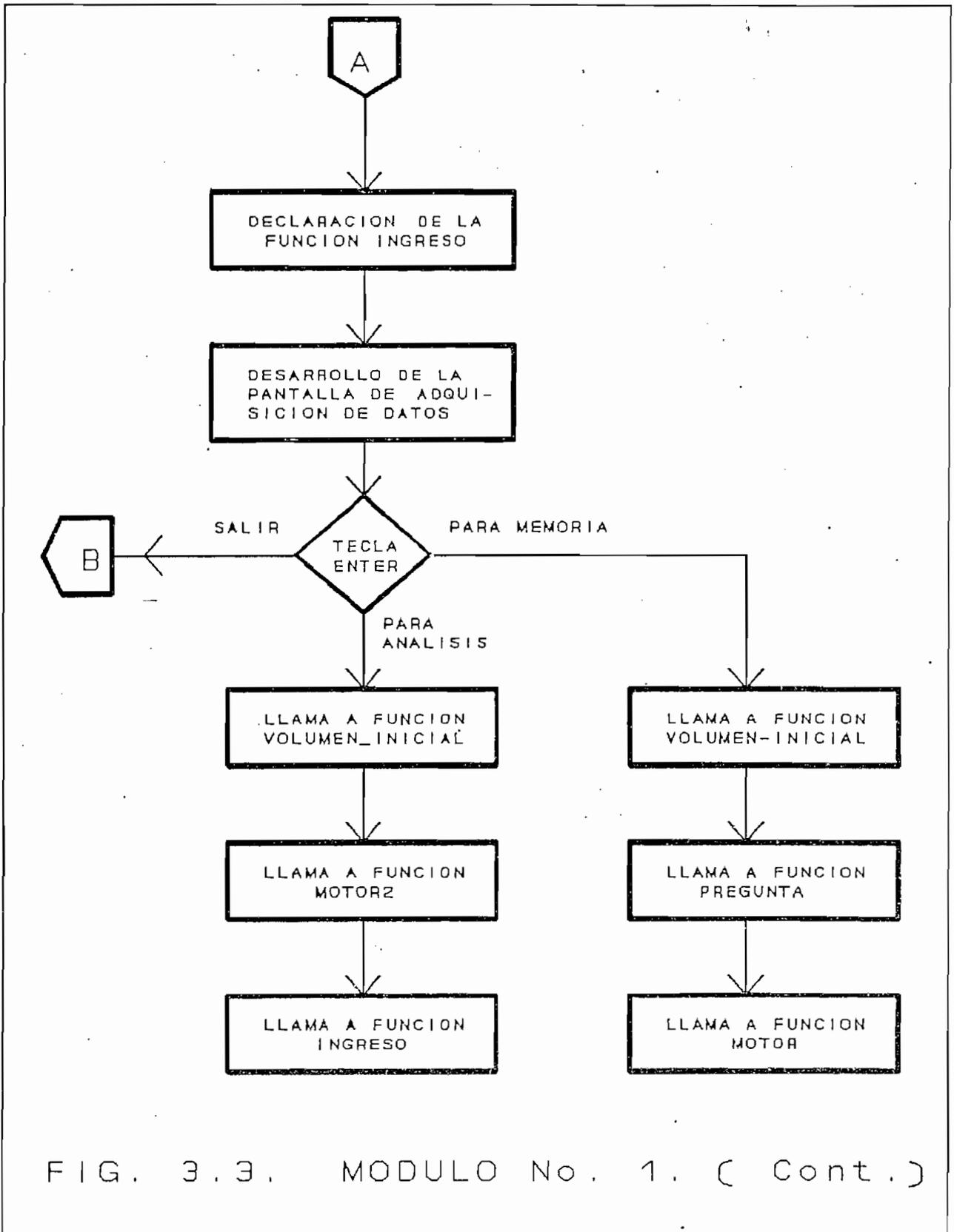
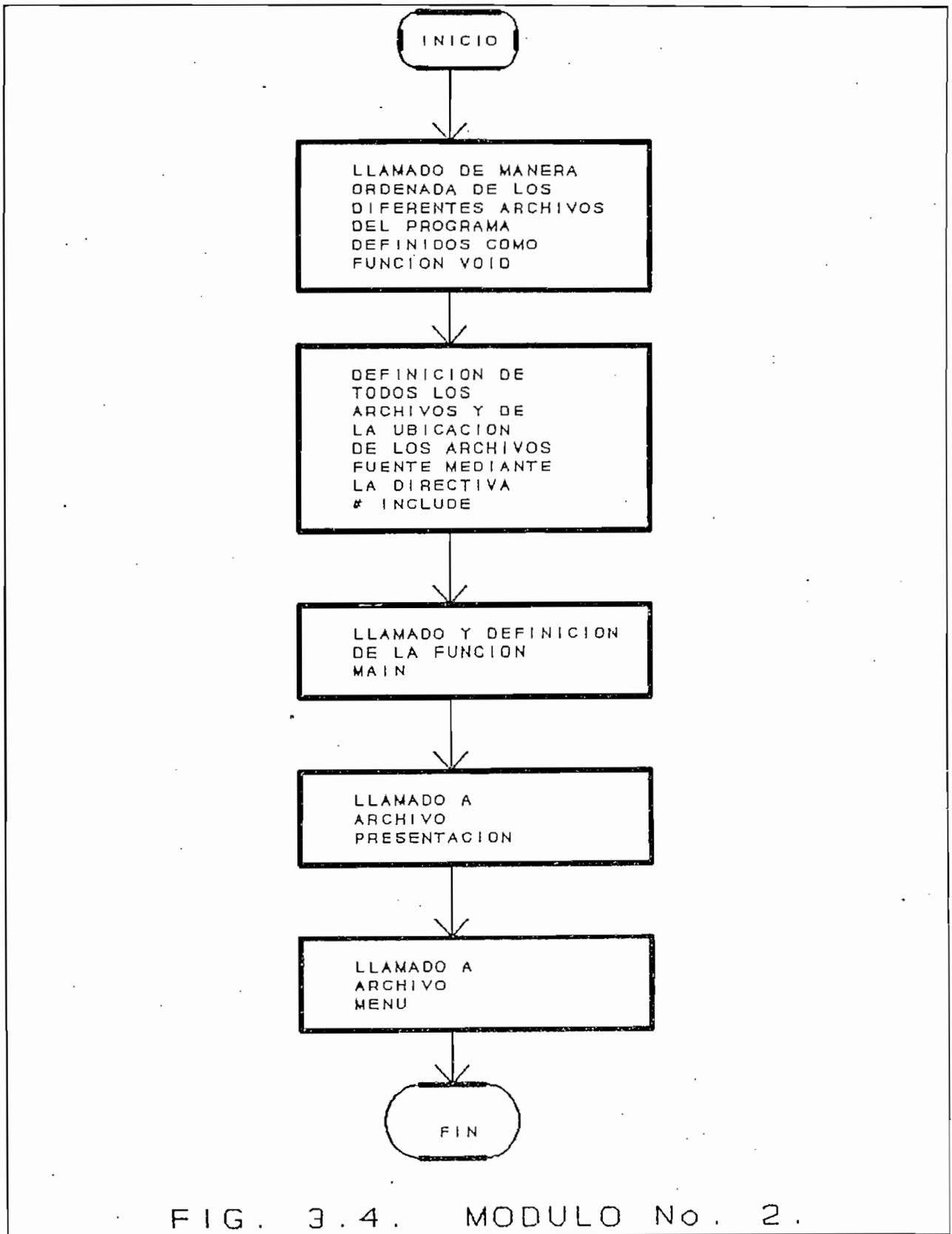


FIG. 3.2. MODULO No. 1.





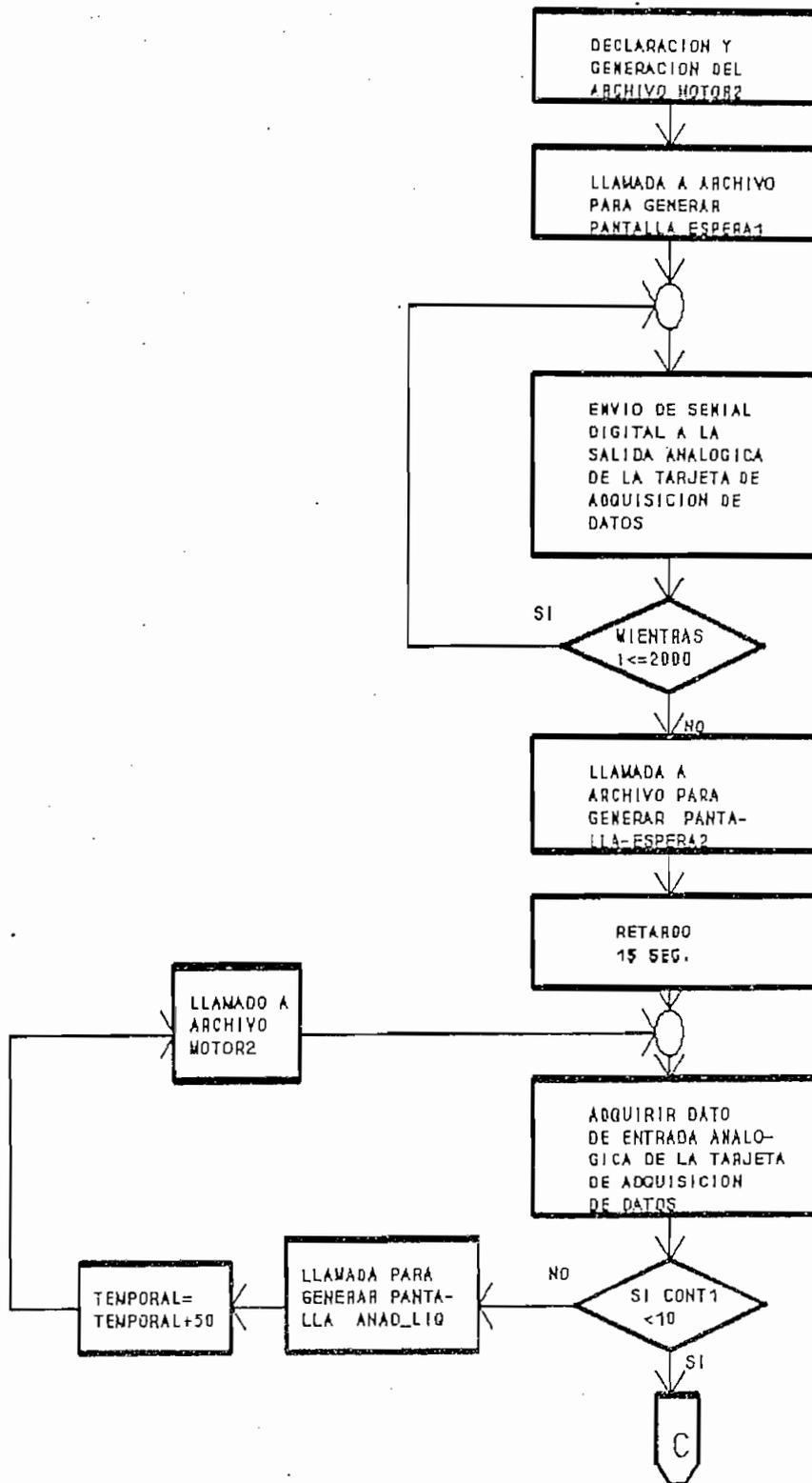


FIG. 3.5. MODULO No. 3.

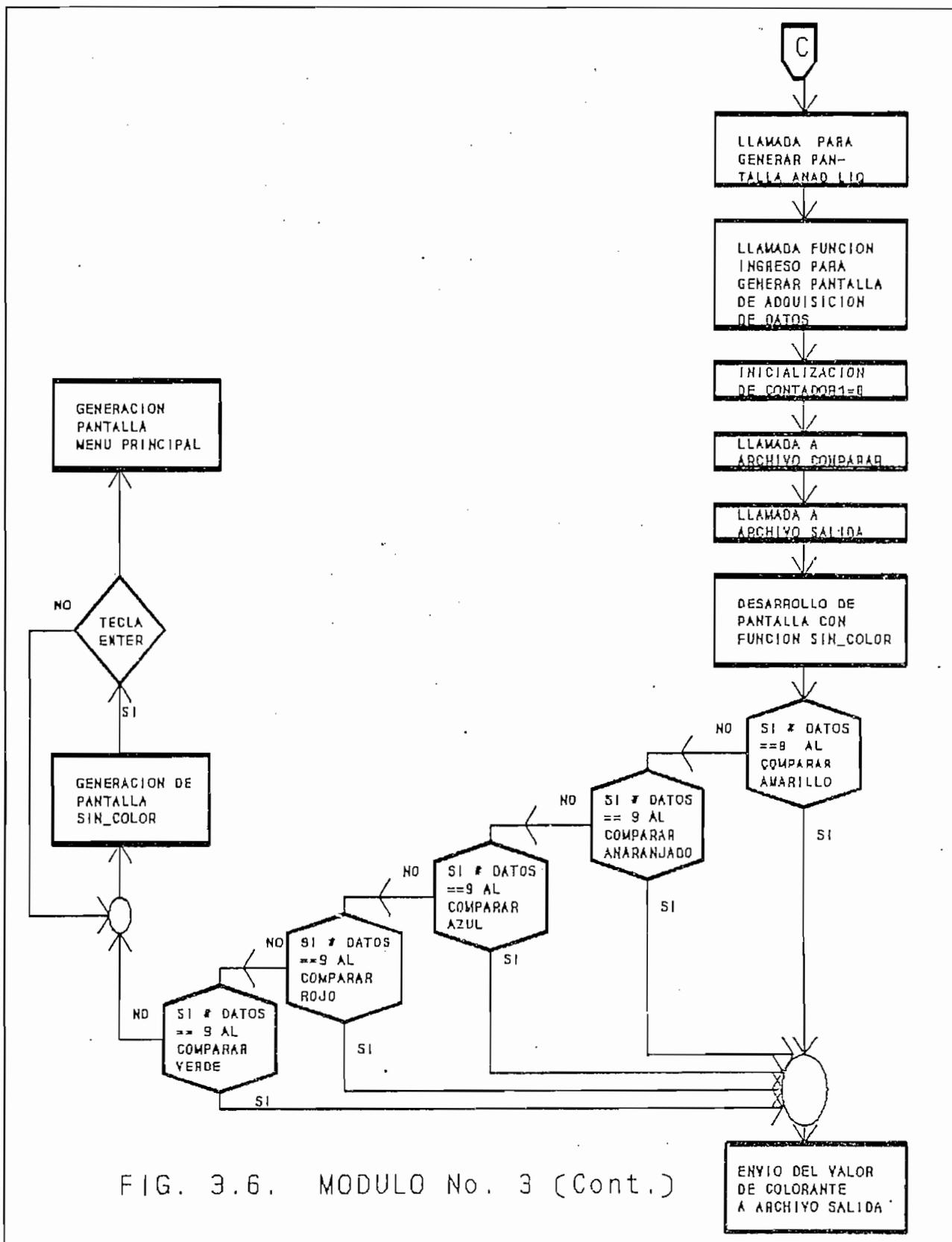


FIG. 3.6. MODULO No. 3 (Cont.)

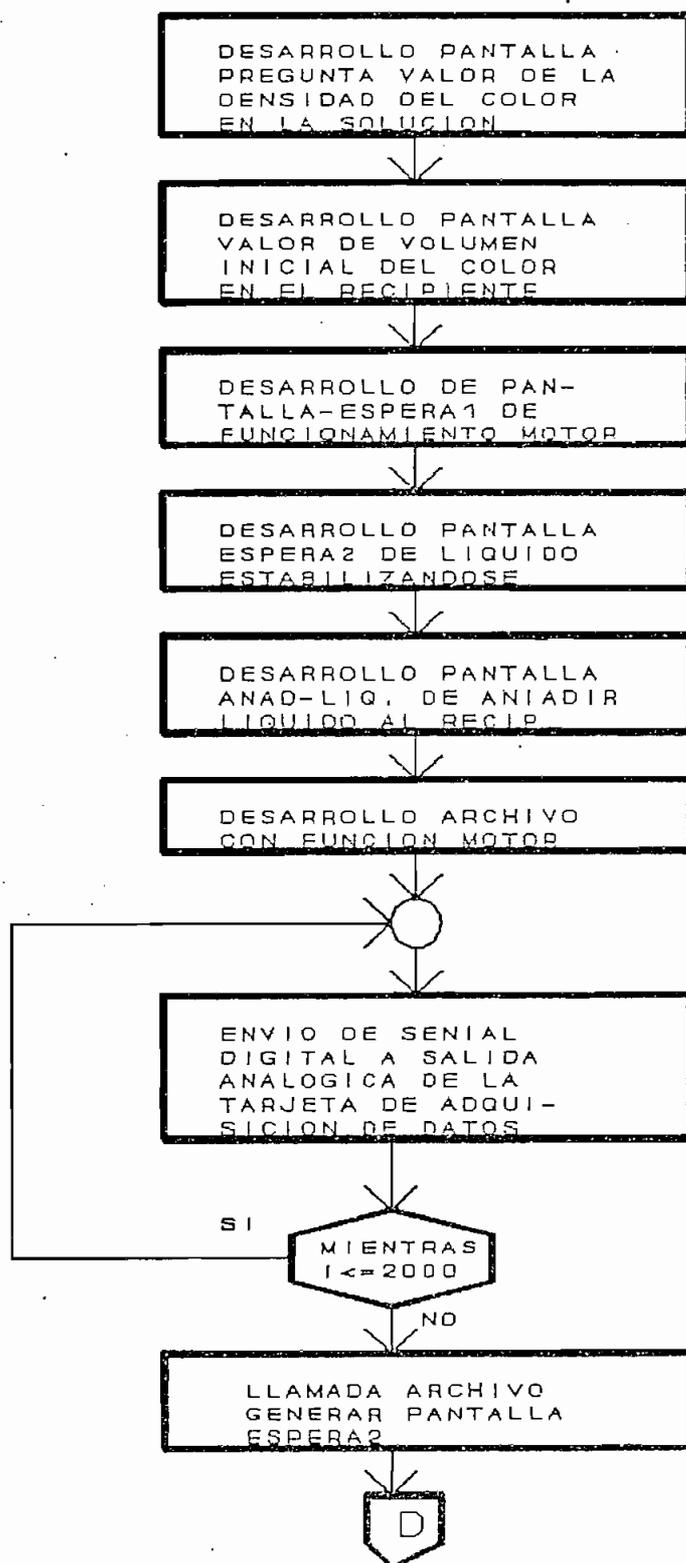


FIG. 3.7. MODULO No. 4.

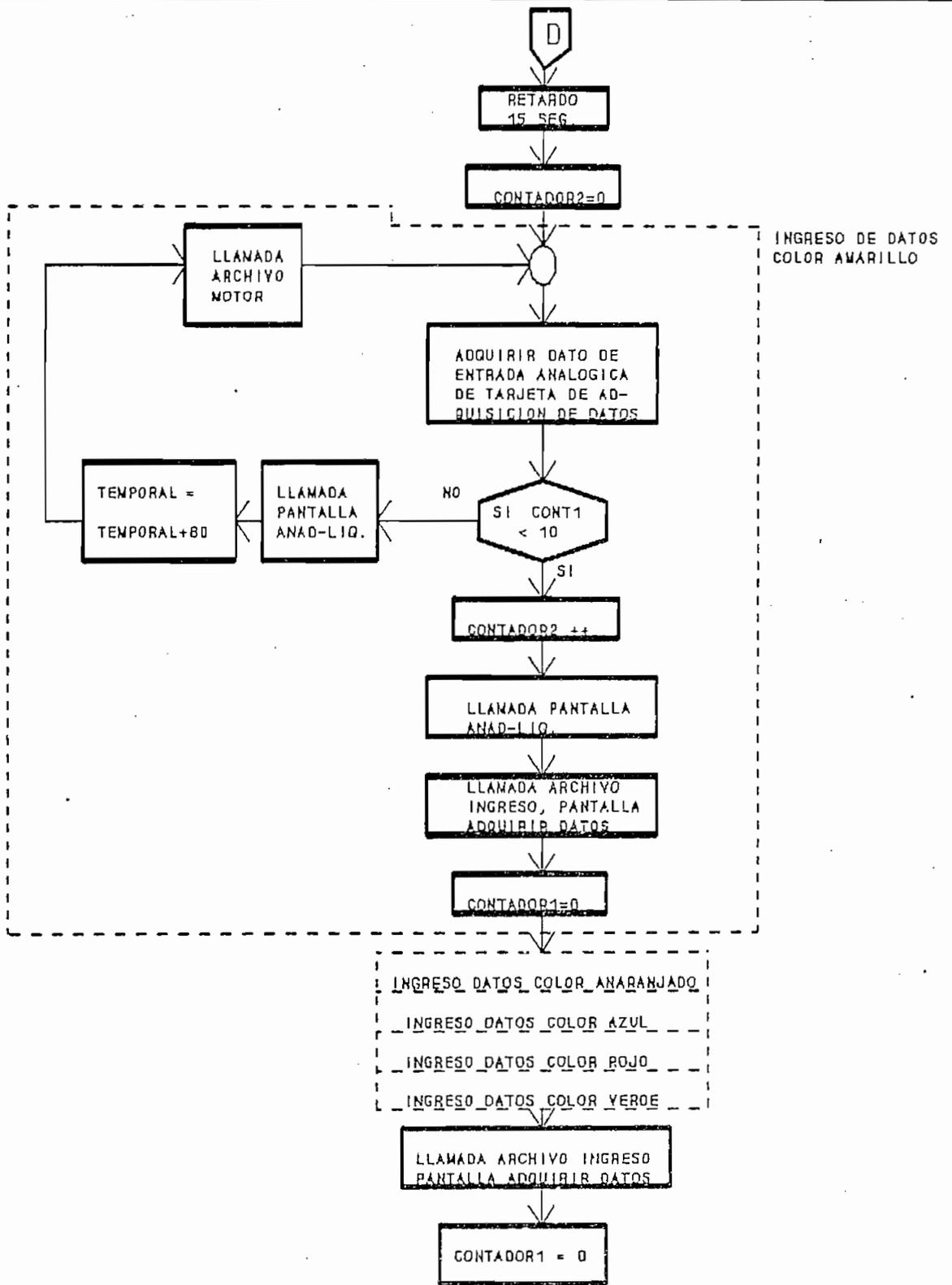


FIG. 3.8. MODULO No. 4 ( Cont. )

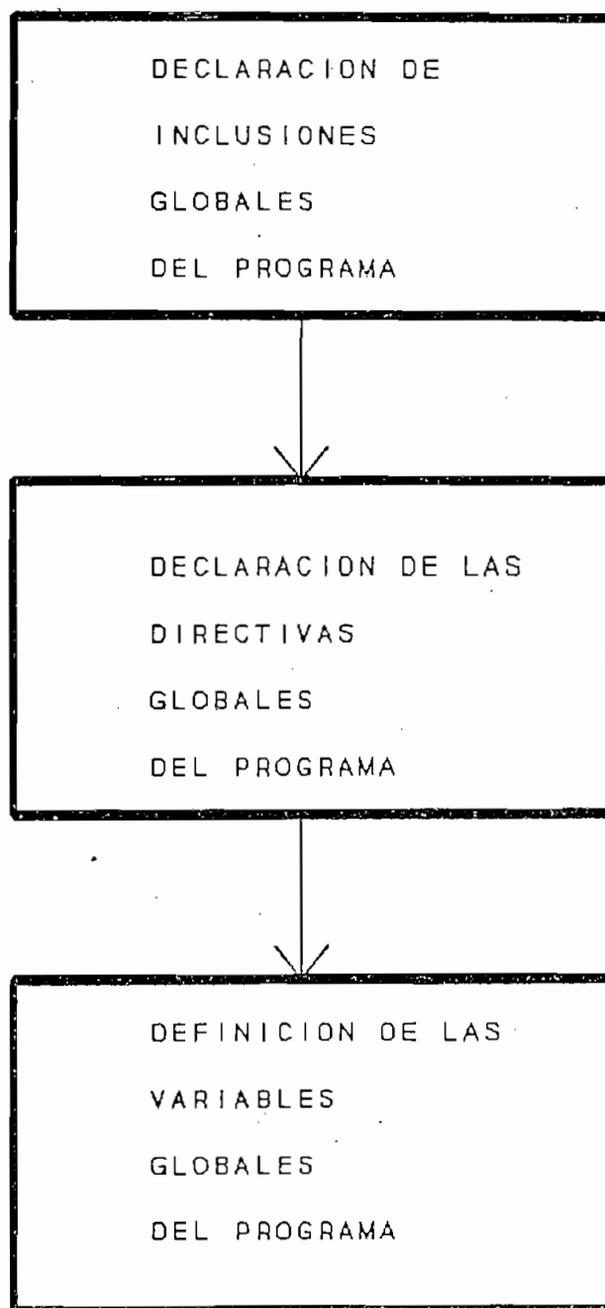


FIG. 3.9. MODULO No. 5.

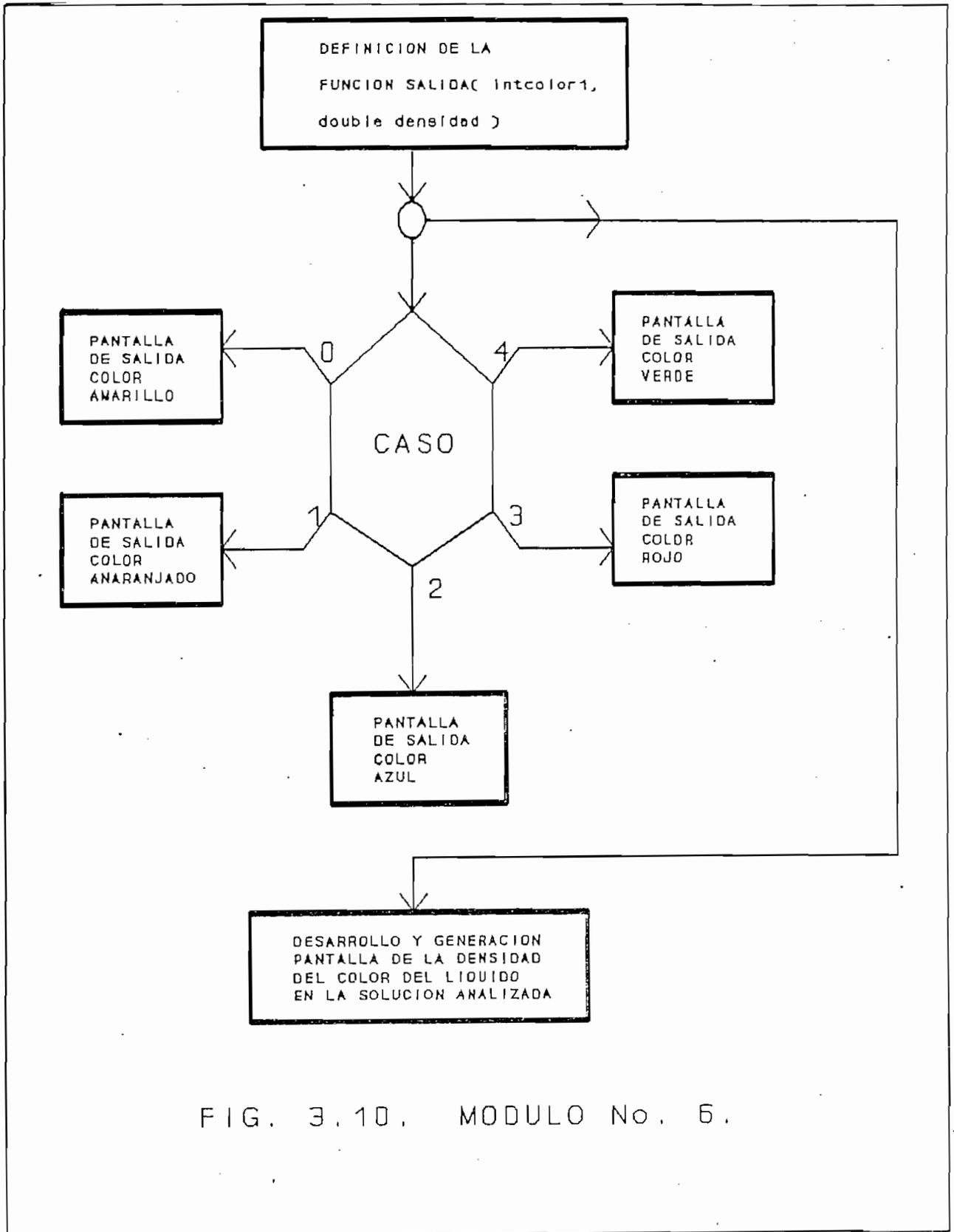


FIG. 3.10. MODULO No. 6.

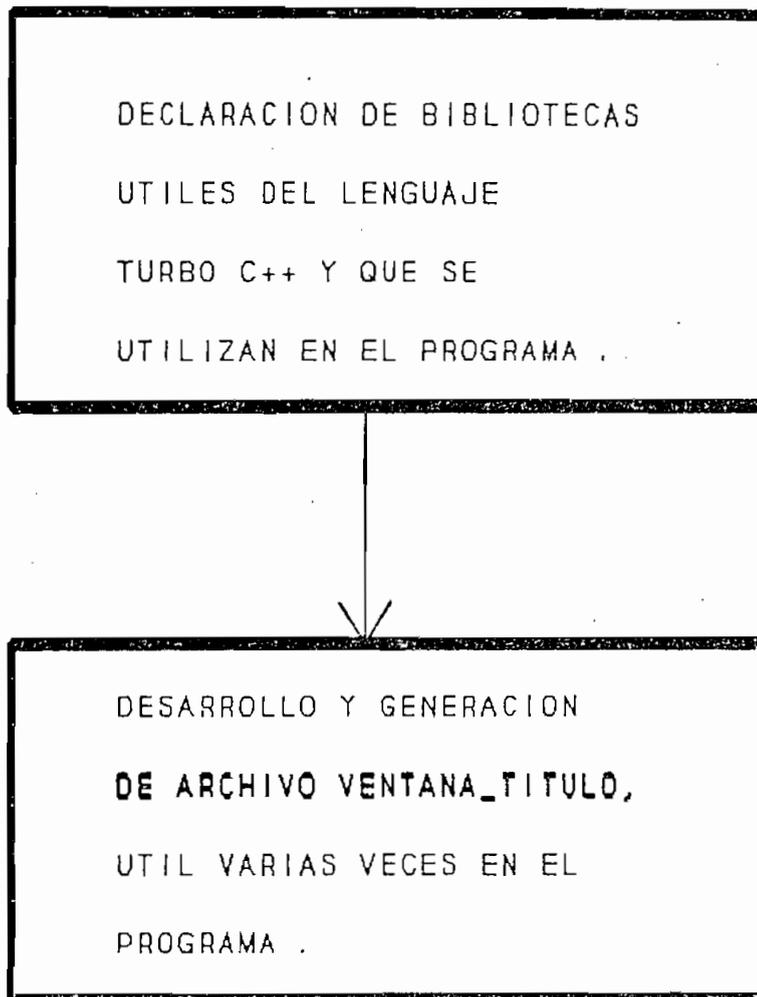


FIG. 3.11. MODULO No. 7.

## C A P I T U L O      I V

### PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES.

- 4.1.      PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.
- 4.2.      PRUEBAS DE HARDWARE DEL SISTEMA.
- 4.3.      PRUEBAS DE SOFTWARE DEL SISTEMA.

## CAPITULO IV

### PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES.

#### 4.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Para la elaboración de la presente tesis se han realizado un sin número de pruebas para establecer la relación que pudiera existir entre los diferentes colores o colorantes a analizar y observar como varían al variar su concentración en una solución, así como también, en primera instancia se procedió a medir la resistividad que presentaba la solución coloreada de color-líquido al ser introducidos dentro del recipiente de prueba, dos terminales con una fuente de energía continua y alterna, es decir simulando el efecto de electrólisis.

Se probó varias veces ciertos circuitos con diferentes elementos para observar que resultados nos pudieran proporcionar hasta que se llegó a un esquema adecuado para hacer las diferentes pruebas.

Armado el esquema en dos protoboards se procedió a trabajar en primera instancia con un circuito emisor y un detector de rayos infrarrojos, los cuales fueron colocados a uno y otro lado de un tanque de vidrio común para pruebas ; se utilizó anilinas de uso común disueltas en agua corriente, en agua destilada , así como en alcohol industrial.

Se observó que los resultados que se tenían eran bastante semejantes para cuando se realizó las mediciones con agua destilada y agua corriente o potable. Las mediciones de las

distintas anilinas disueltas en alcohol también llevaban un patrón semejante a las efectuadas con agua común y agua destilada, esto es de que a medida de que se aumentaba la concentración de color la detección de los rayos infrarrojos emitidos disminuía.

Entonces se delimitó el problema, para hacer los análisis únicamente en agua común. Para empezar se realizó pruebas para determinar la frecuencia o el rango de frecuencias adecuada para transmitir y recibir los rayos infrarrojos, como se muestra en el literal 4.2., figuras No. 4.1. a 4.11., experimentando con 6 colores de anilinas: café, rojo, anaranjado, amarillo, verde y azul; y 5 frecuencias de transmisión: 1.11KHz, 3.2KHz, 4.8KHz, 9.0KHz y 11.11KHz.

También se experimentó la conductividad que presenta el líquido al variar su concentración cuando se lo somete al efecto de electrólisis a cada uno de los 6 diferentes colores de anilinas, como se puede observar en la figura No. 4.12. con el objeto de establecer una posible relación con nuestro objetivo de identificar el color.

Como todas estas pruebas se realizaron disolviendo previamente las anilinas en un recipiente auxiliar para luego ser llevada al recipiente para pruebas, se daba el caso de que al mismo tiempo estábamos variando el volumen de agua y la concentración del color; en tal caso se procedió a realizar un nuevo conjunto de experimentos, similar al anterior pero ahora sin variar el volumen de la solución a añadir, sino disolviendo las anilinas en el mismo recipiente de pruebas.

Los resultados que se obtuvieron fueron muy semejantes a los anteriores; lo que nos daba a entender de que la disolución del color en el líquido es indistinto a donde se efectúe, eso

si que debe estar bien diluido el color de la anilina en la solución con agua.

Con las encuestas realizadas a las diferentes empresas para un posible campo de aplicación se estableció la utilización de colorantes alimenticios artificiales de consumo en el mercado nacional como materia prima para nuestro análisis definitivo. Se efectuó las pruebas variando la frecuencia de trabajo como el tipo de colorante artificial empleado, las mismas que se pueden observar en las figuras No. 4.13 a 4.20. donde se ha trabajado con 3 frecuencias de operación: 9.6KHz, 11.9KHz y 13.3KHz y con 5 colorantes alimenticios artificiales permitidos: Amarillo FD&C #05, Amarillo FD&C #06 (Anaranjado), Rojo FD&C #40, Azul FD&C #1 y Verde clorofila.

De esta manera se pudo establecer el rango de frecuencia de 9.0 a 12.0 KHz como el más adecuado para efectuar los análisis, así como se observó la variación de los diferentes colorantes al variar su concentración en la solución con agua.

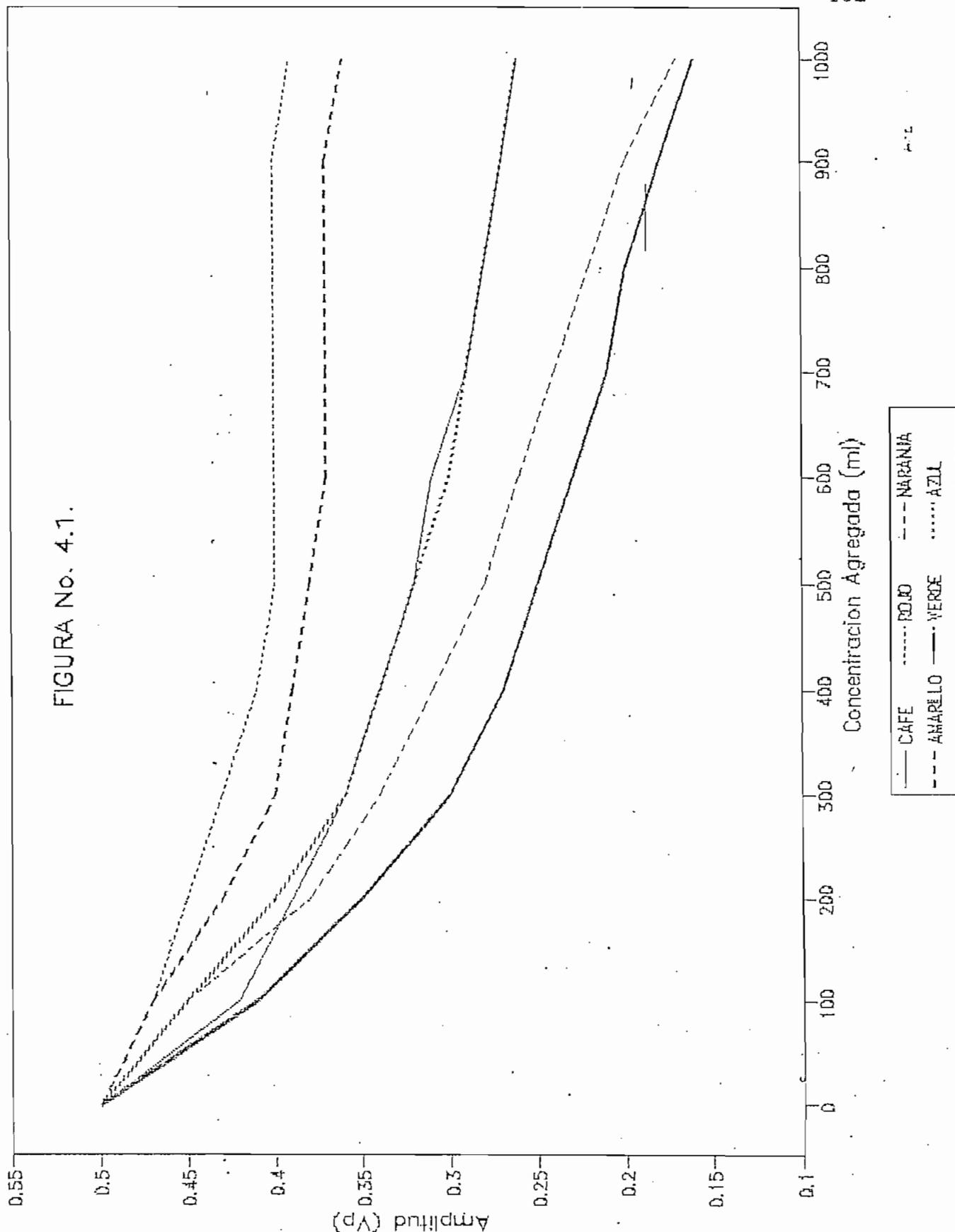
Una vez construido el equipo, cuando se realiza la medición en el lado de ~~el~~ detector de rayos infrarrojos se obtiene una señal senoidal debido a que en la salida de ~~el~~ circuito detector se encuentra el filtro pasabanda descrito anteriormente y luego acondicionada convenientemente para obtener valores de voltaje entre 0 - 10V es enviada al computador a través de la tarjeta de adquisición de datos.

#### 4.2. PRUEBAS DE HARDWARE DEL SISTEMA.

Las pruebas del hardware del equipo fueron explicadas en el literal anterior (literal 4.1.) y sus resultados se muestran en las siguientes páginas (pág. 102 hasta la pág. 121), en las que se puede observar los milivoltios pico generados y detectados en el detector de rayos infrarrojos al variar la concentración del color en la solución.

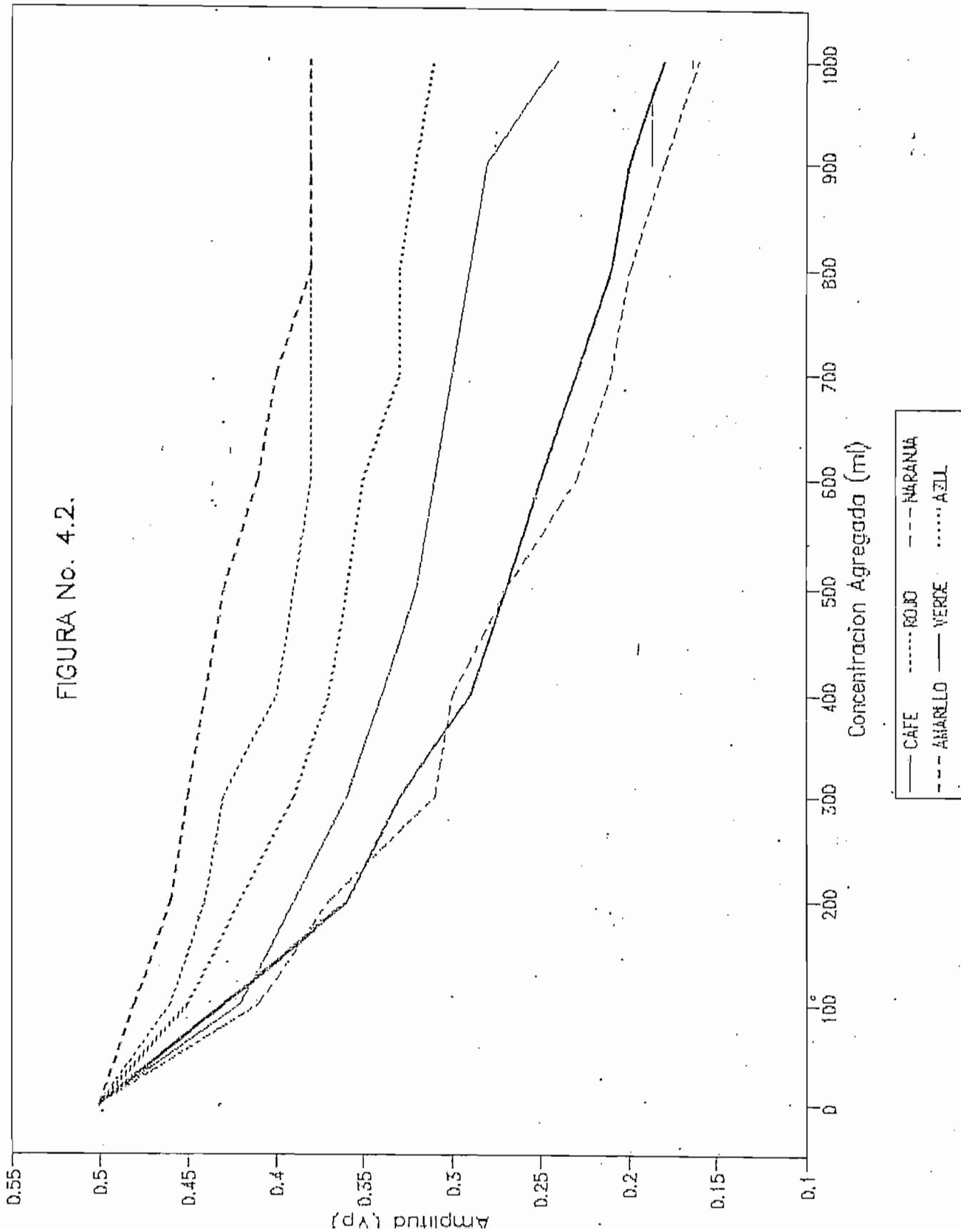
VOLT vs. CONCENTRACION  $f = 1.11 \text{ KHz}$

FIGURA No. 4.1.



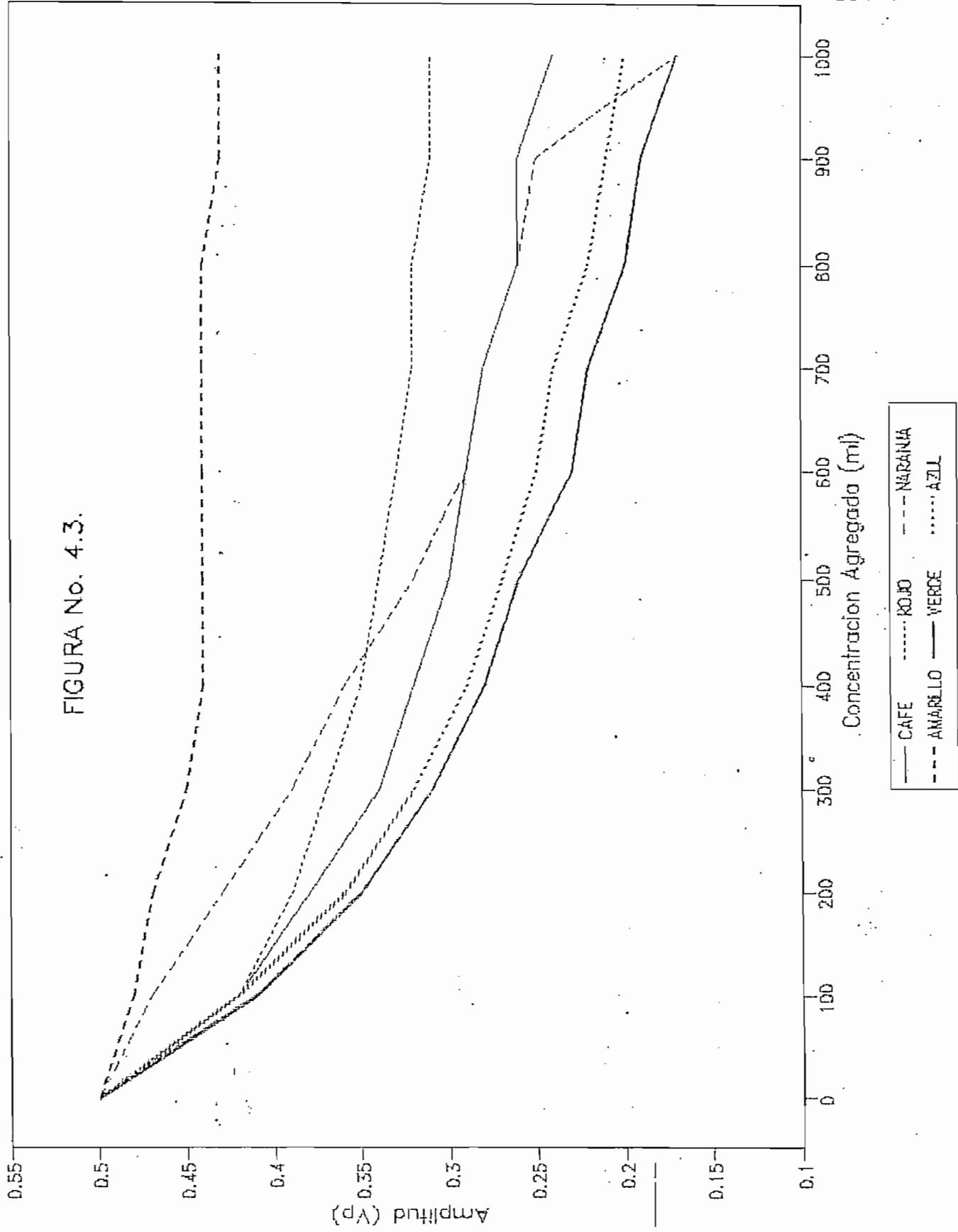
VOLT vs. CONCENTRACION  $f = 3.2\text{KHZ}$

FIGURA No. 4.2.



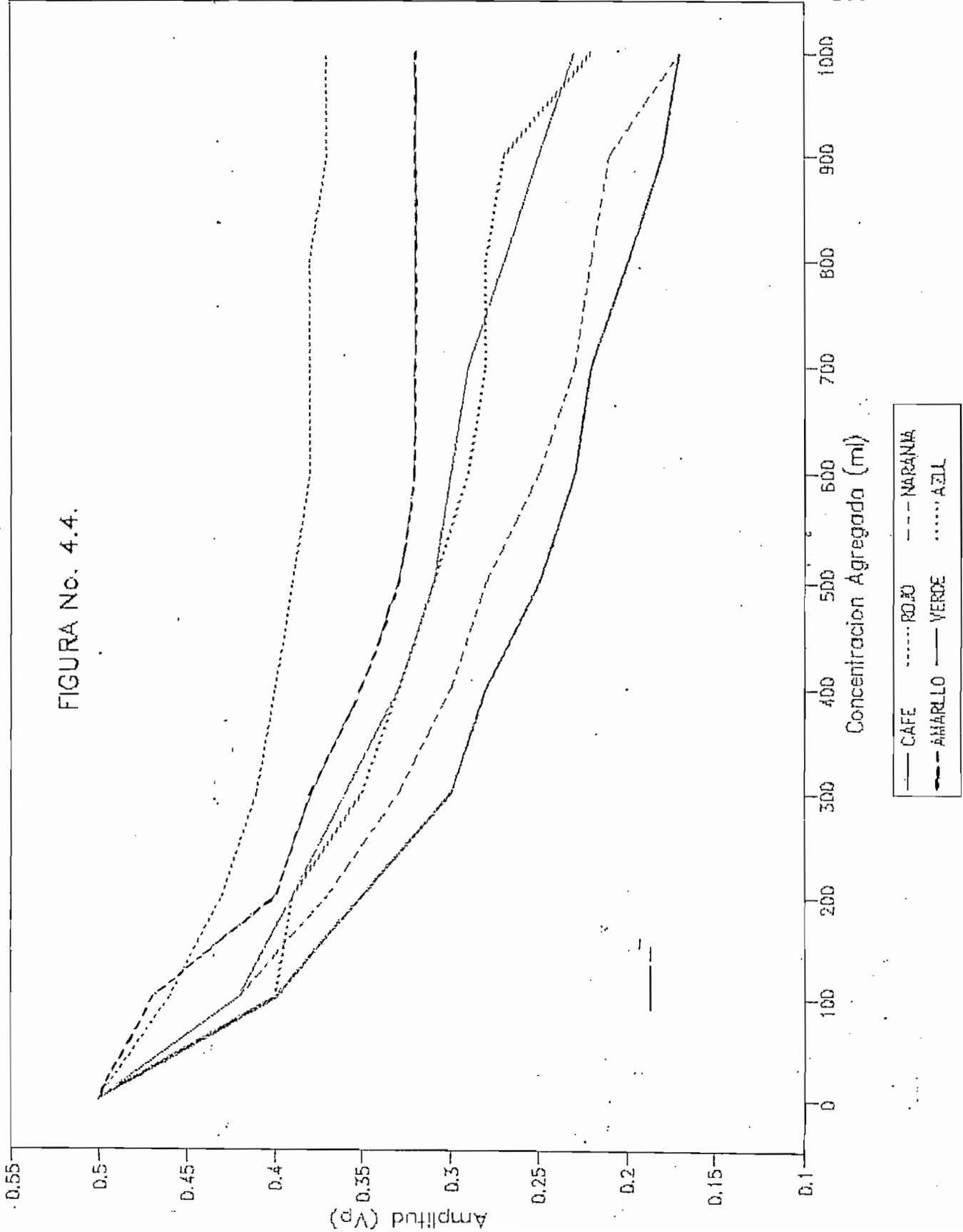
VOLT vs. CONCENTRACION f= 4.8KHz

FIGURA No. 4.3.



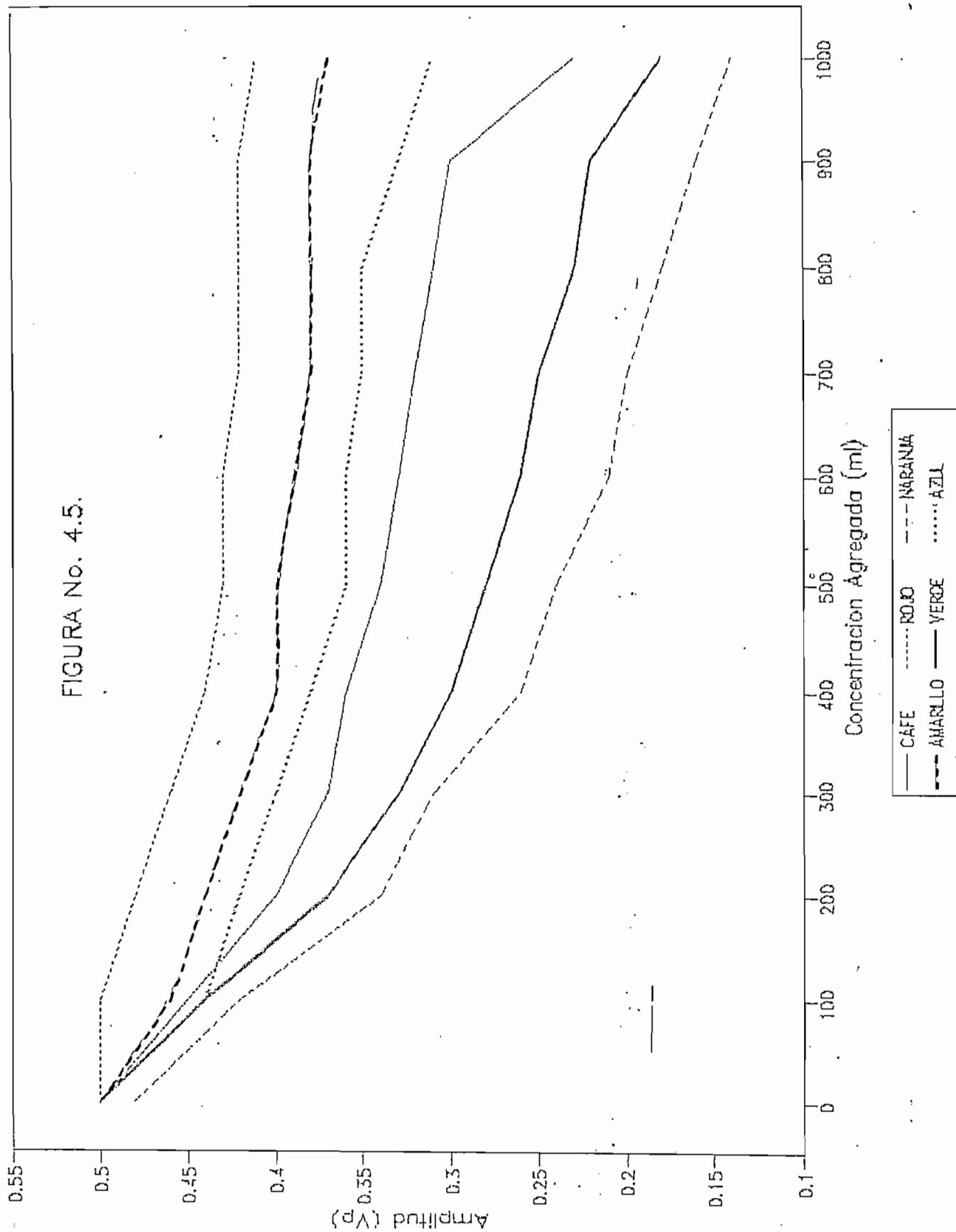
VOLT vs. CONCENTRACION f= 9.0KHZ

FIGURA No. 4.4.



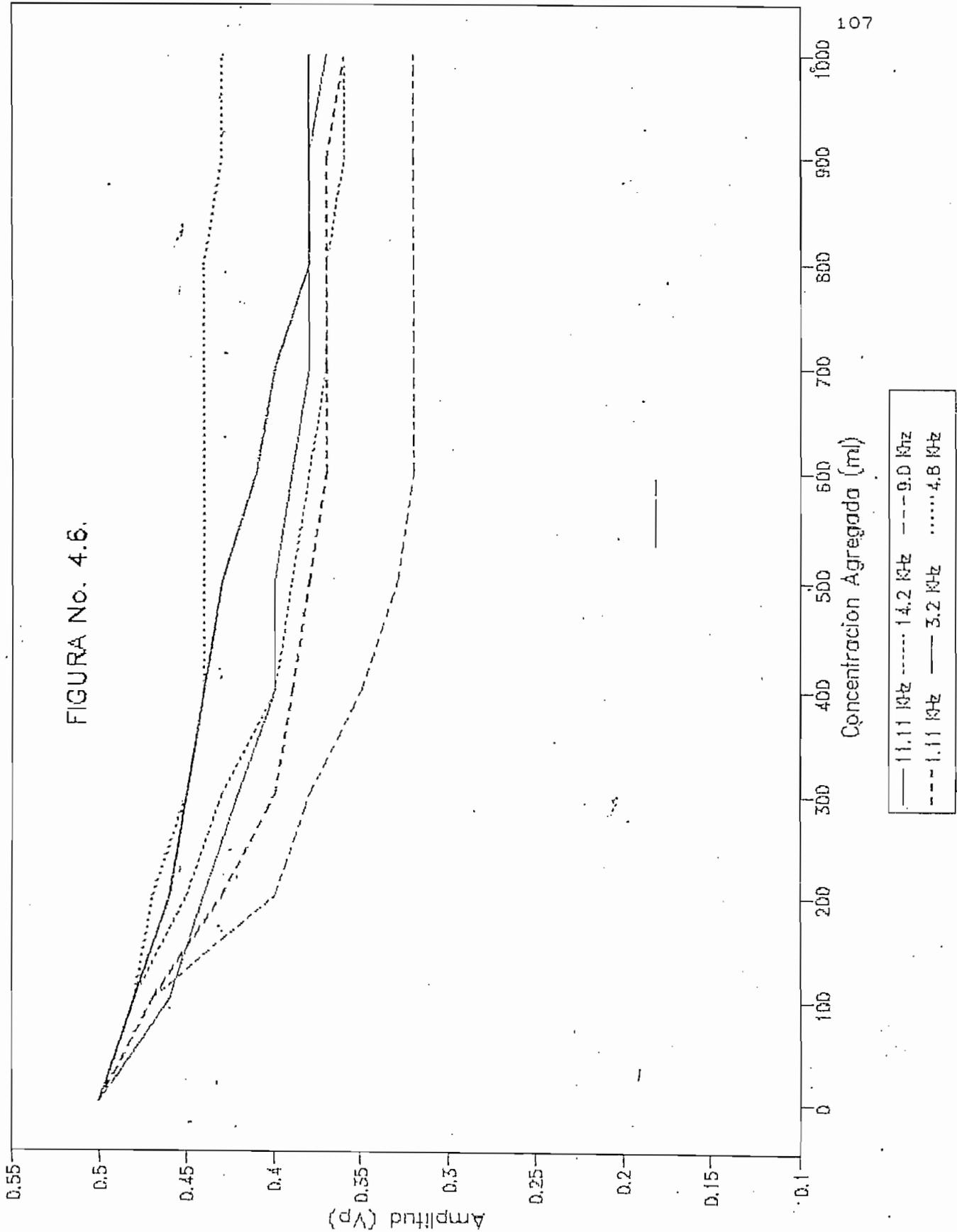
VOLT vs. CONCENTRACION  $f = 11.11 \text{ KHz}$

FIGURA No. 4.5.



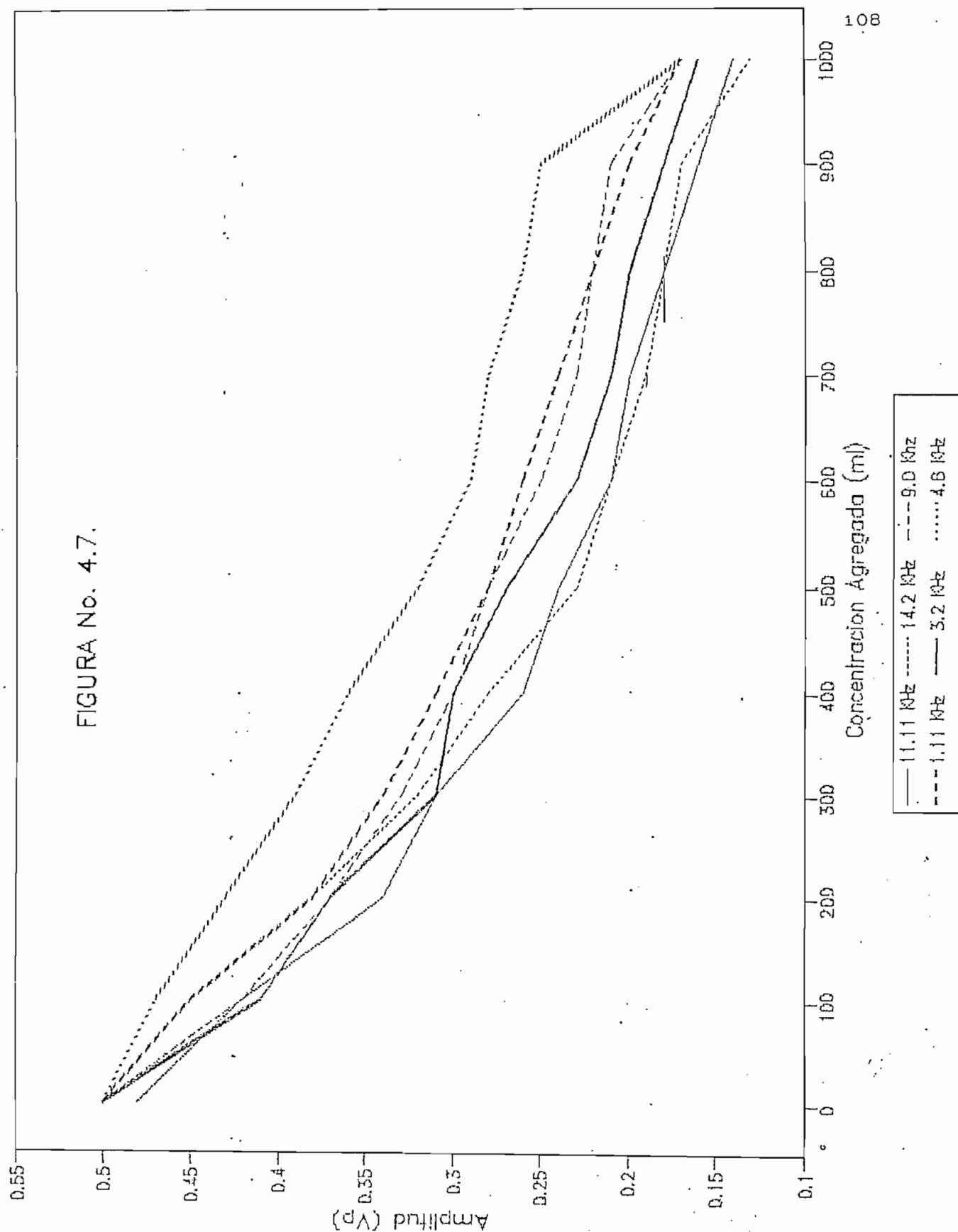
VOLT vs. CONCENTRACION AMARILLO

FIGURA No. 4.6.



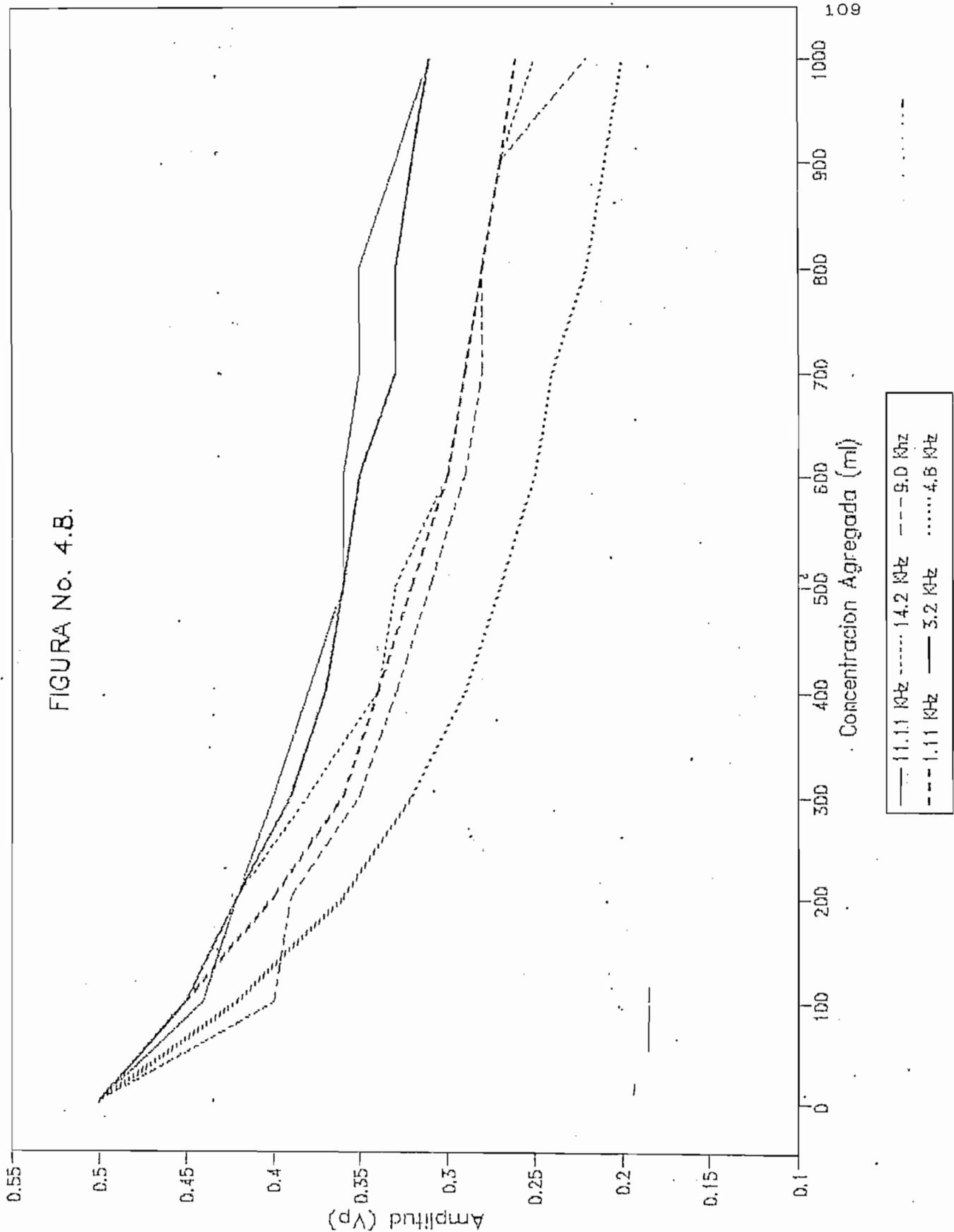
VOLT vs. CONCENTRACION ANARANJADO

FIGURA No. 4.7.



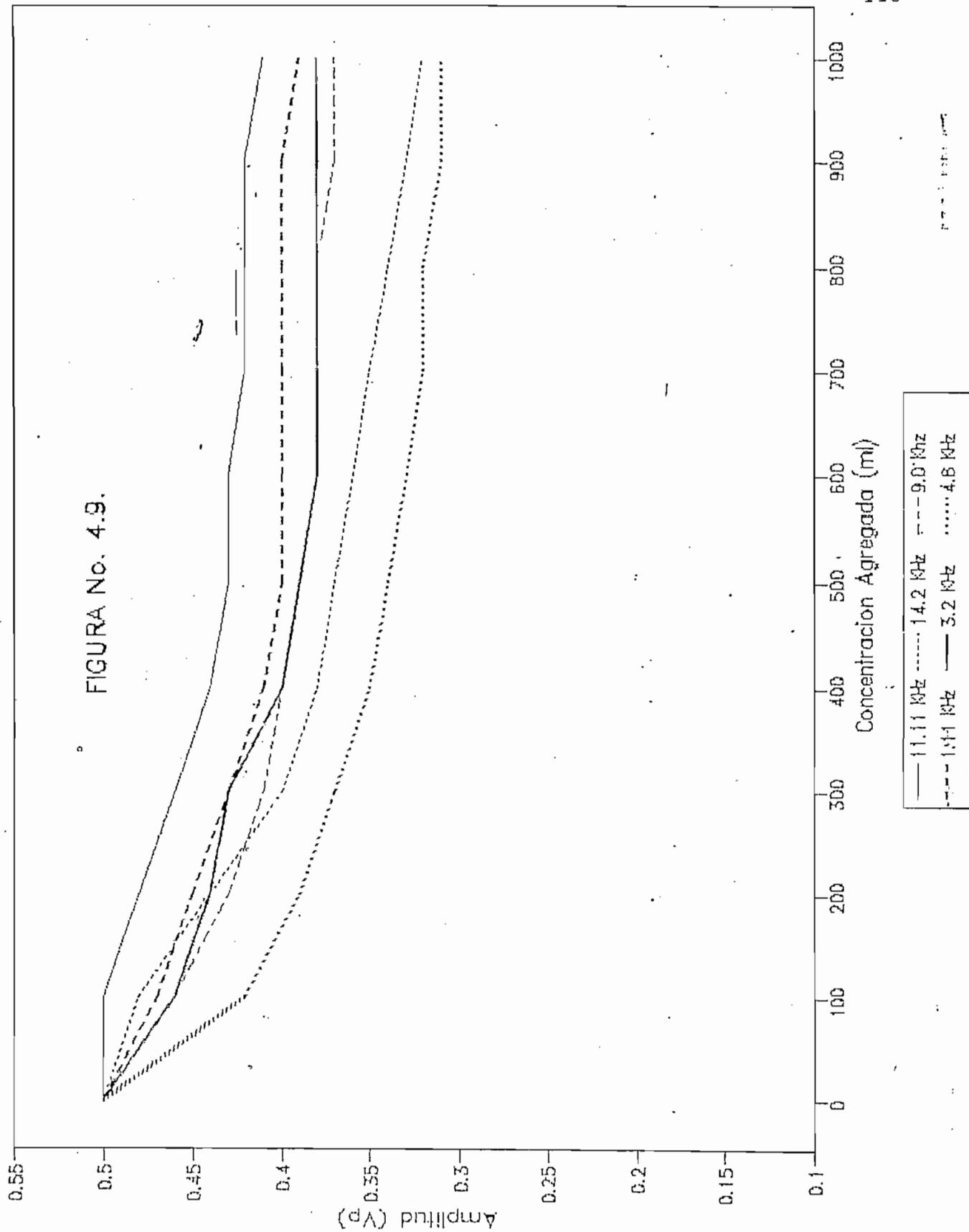
VOLT vs. CONCENTRACION AZUL

FIGURA No. 4.B.



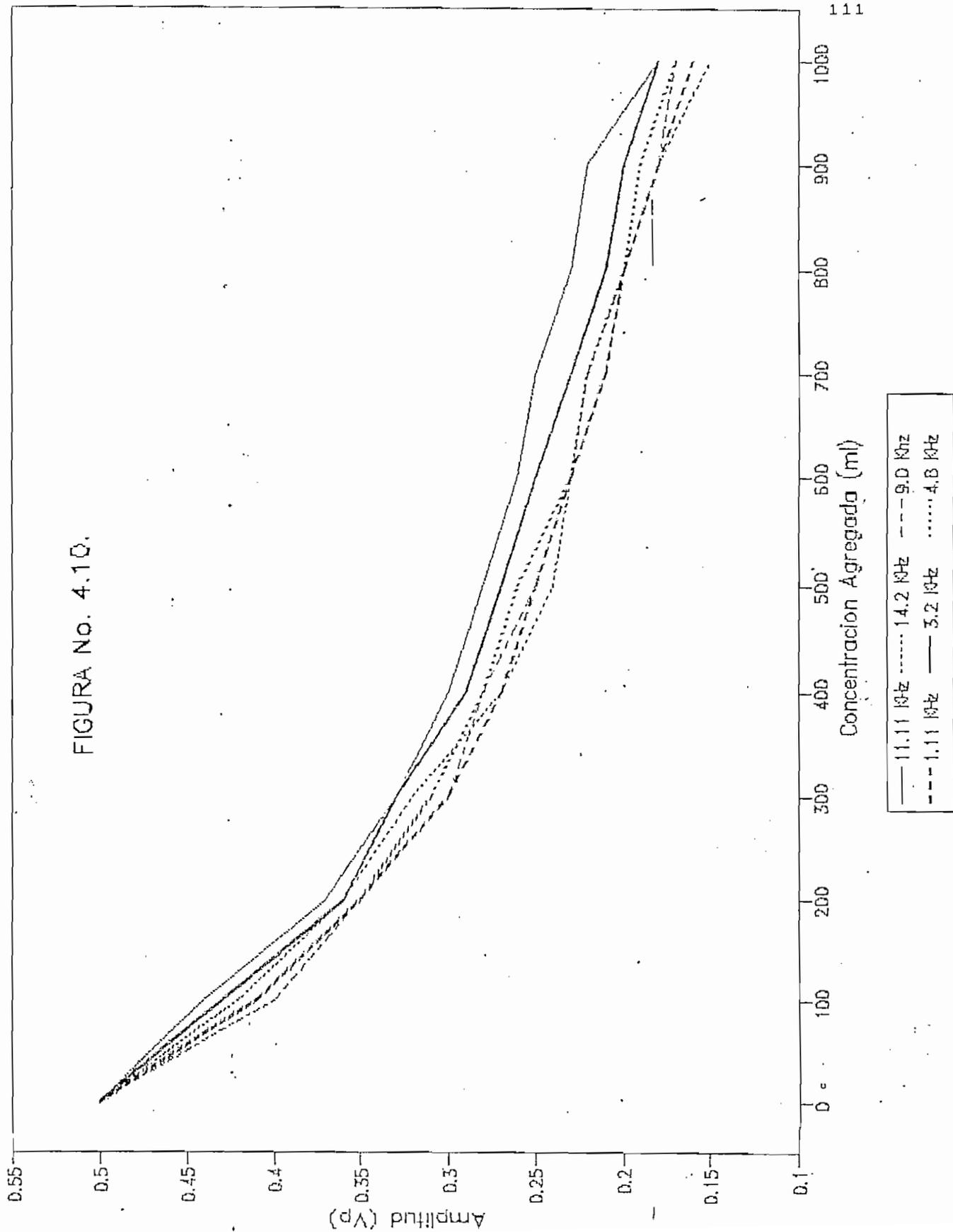
VOLT vs. CONCENTRACION ROJO

FIGURA No. 4.9.



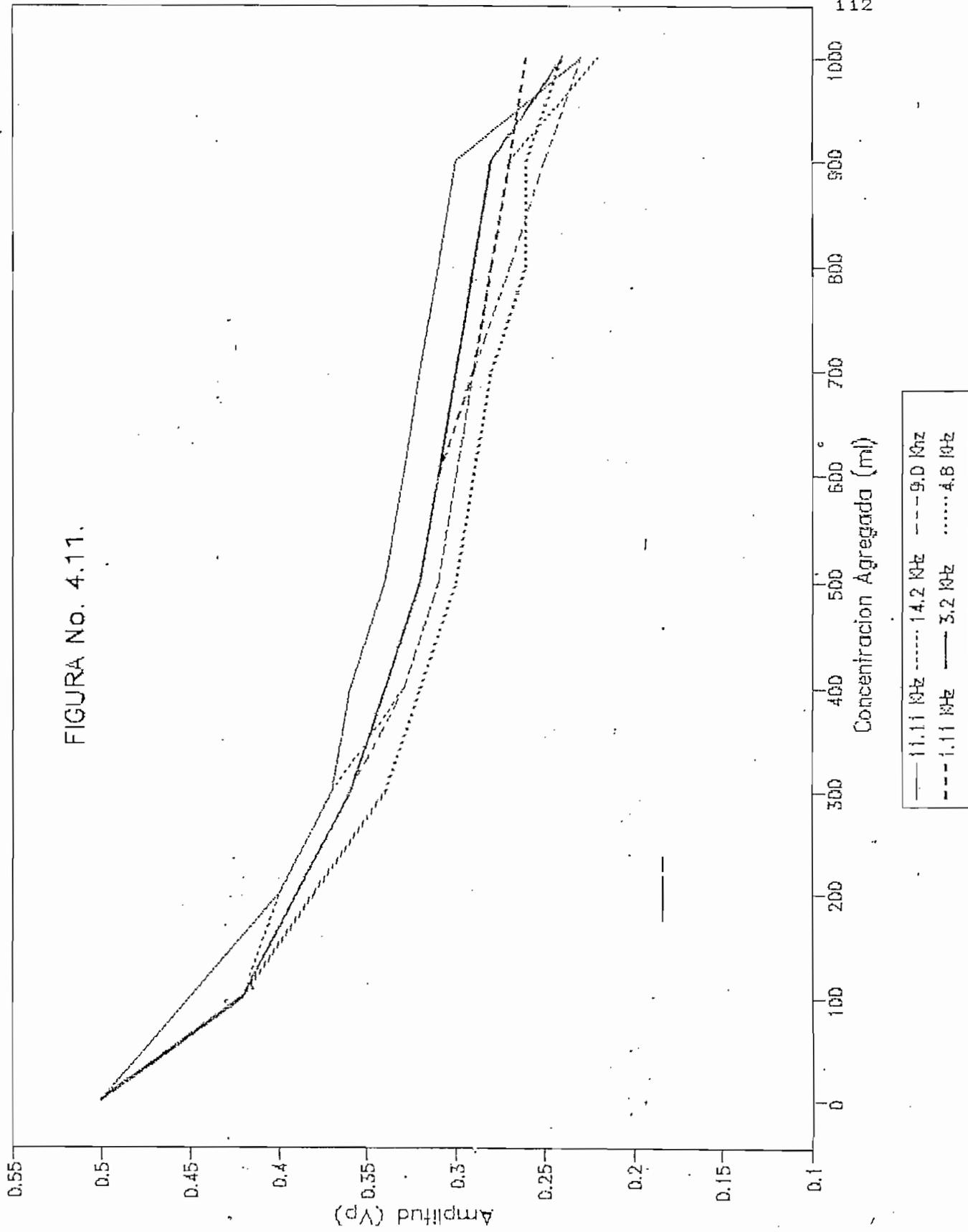
VOLT vs. CONCENTRACION VERDE

FIGURA No. 4.10.



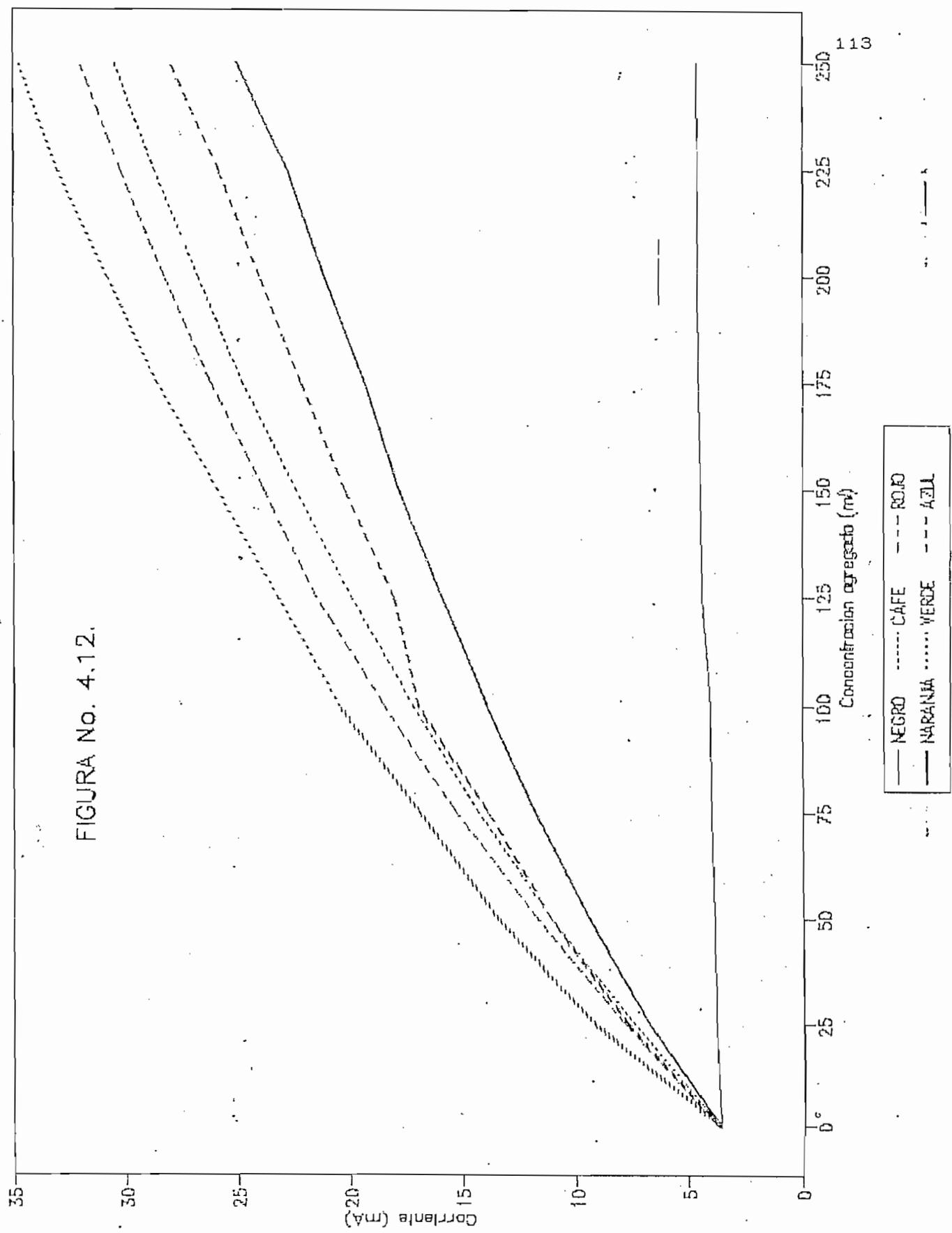
VOLT vs. CONCENTRACION CAFE

FIGURA No. 4.11.



CONDUCTIVIDAD (l vs. concentración)

FIGURA No. 4.12.



VOLTS vs. CONCENTRACION f = 9.6 KHz

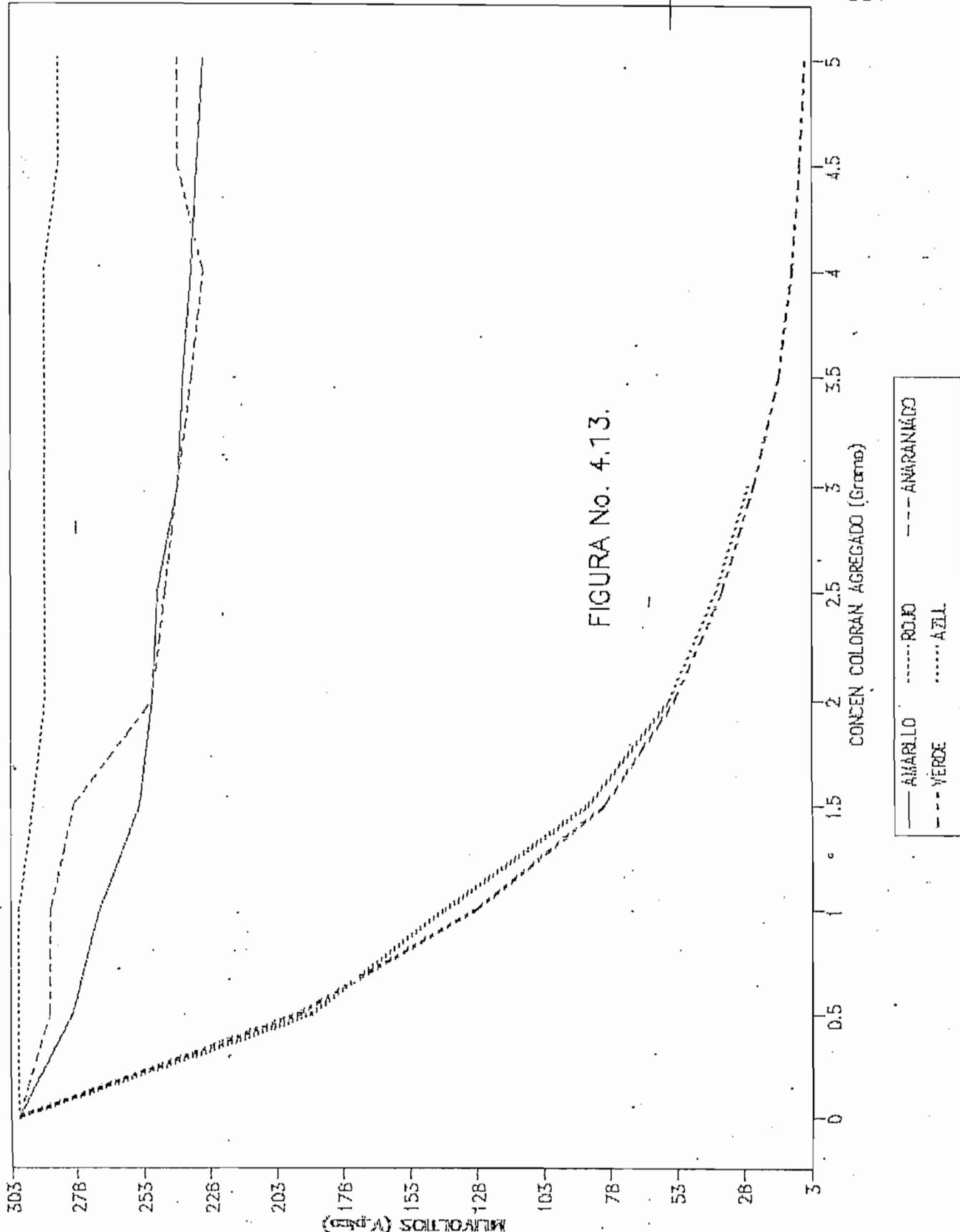
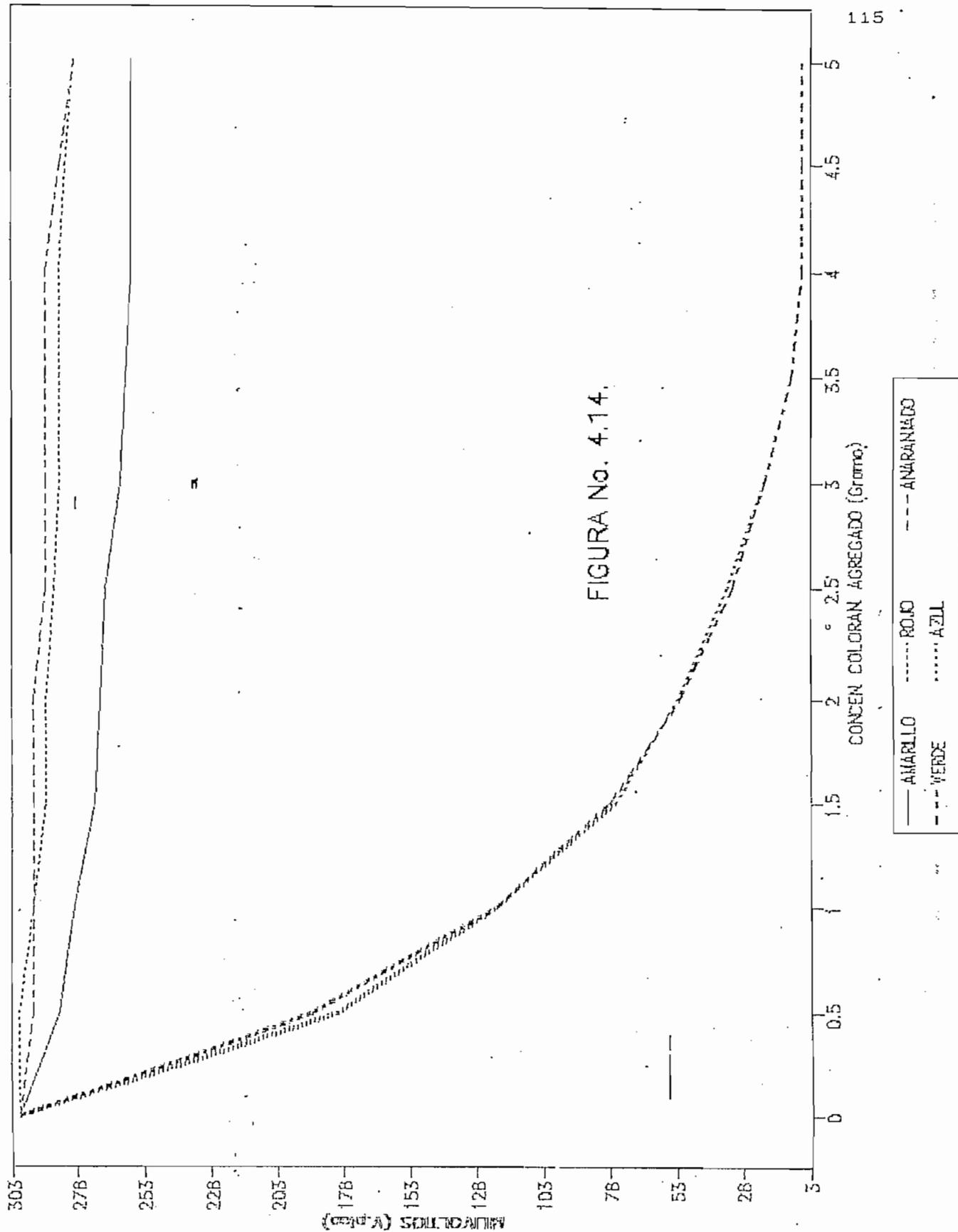
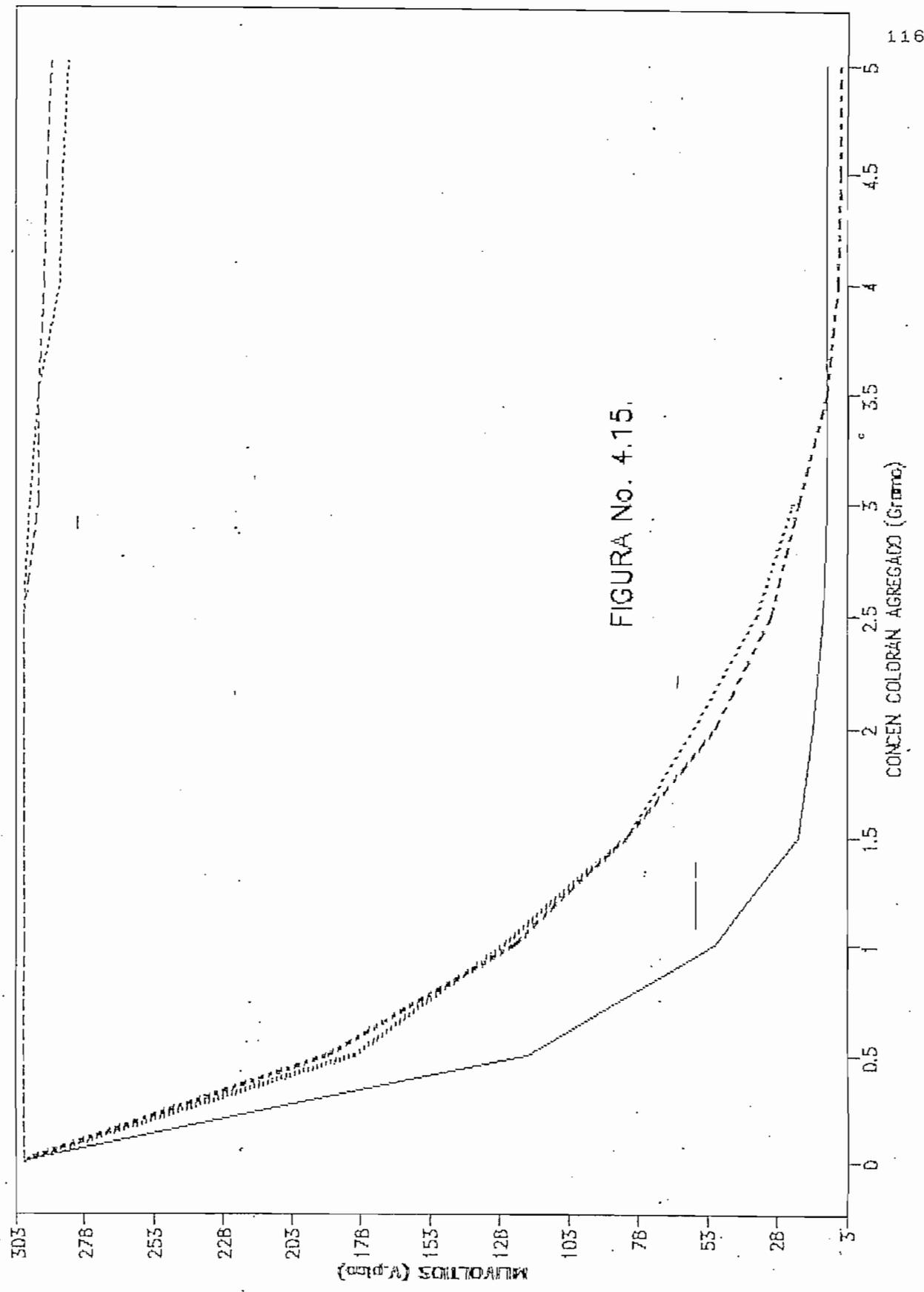


FIGURA No. 4.13.

VOLTS vs. CONCENTRACION f = 13.3 KHz

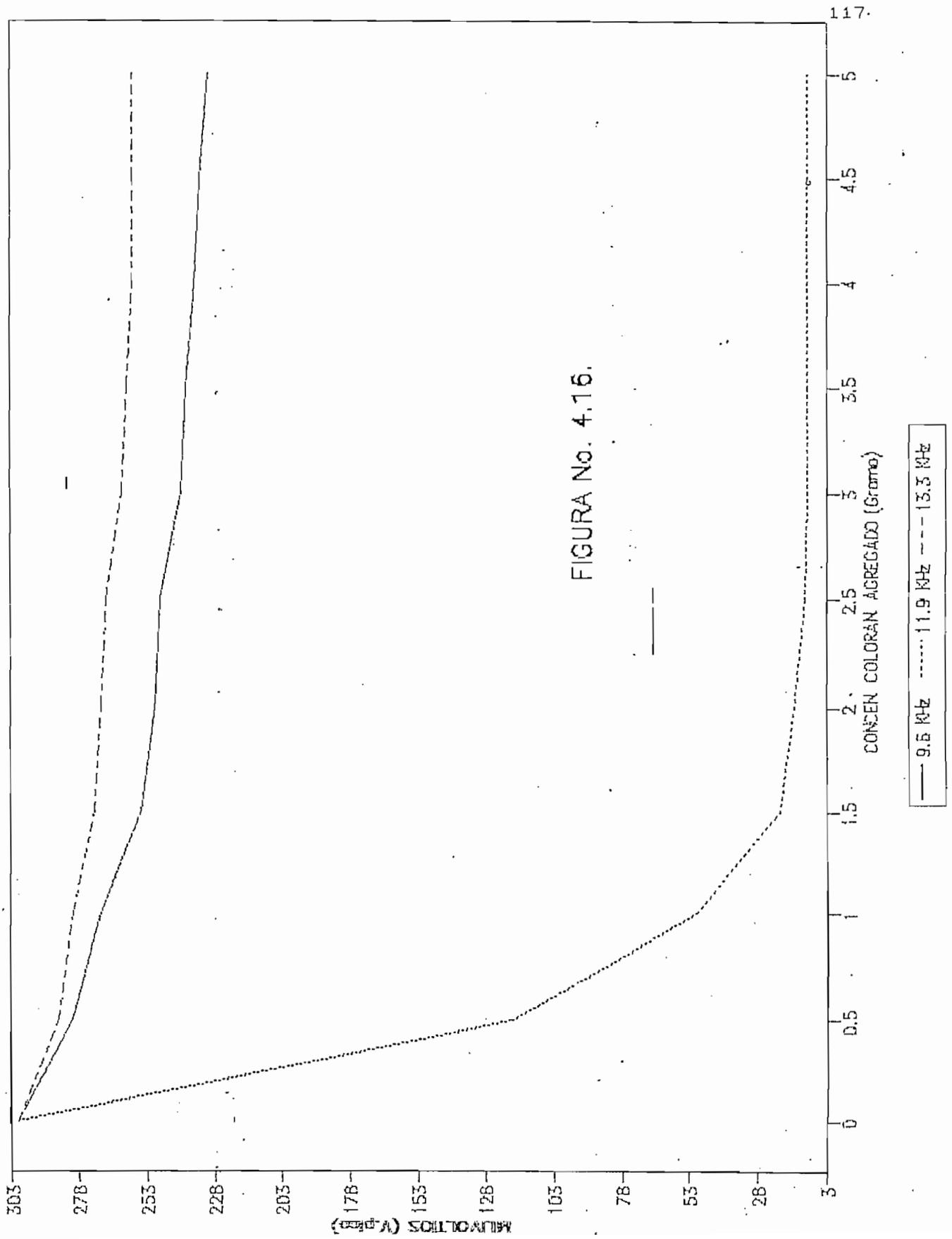


VOLTS vs. CONCENTRACION f = 11.9 KHz

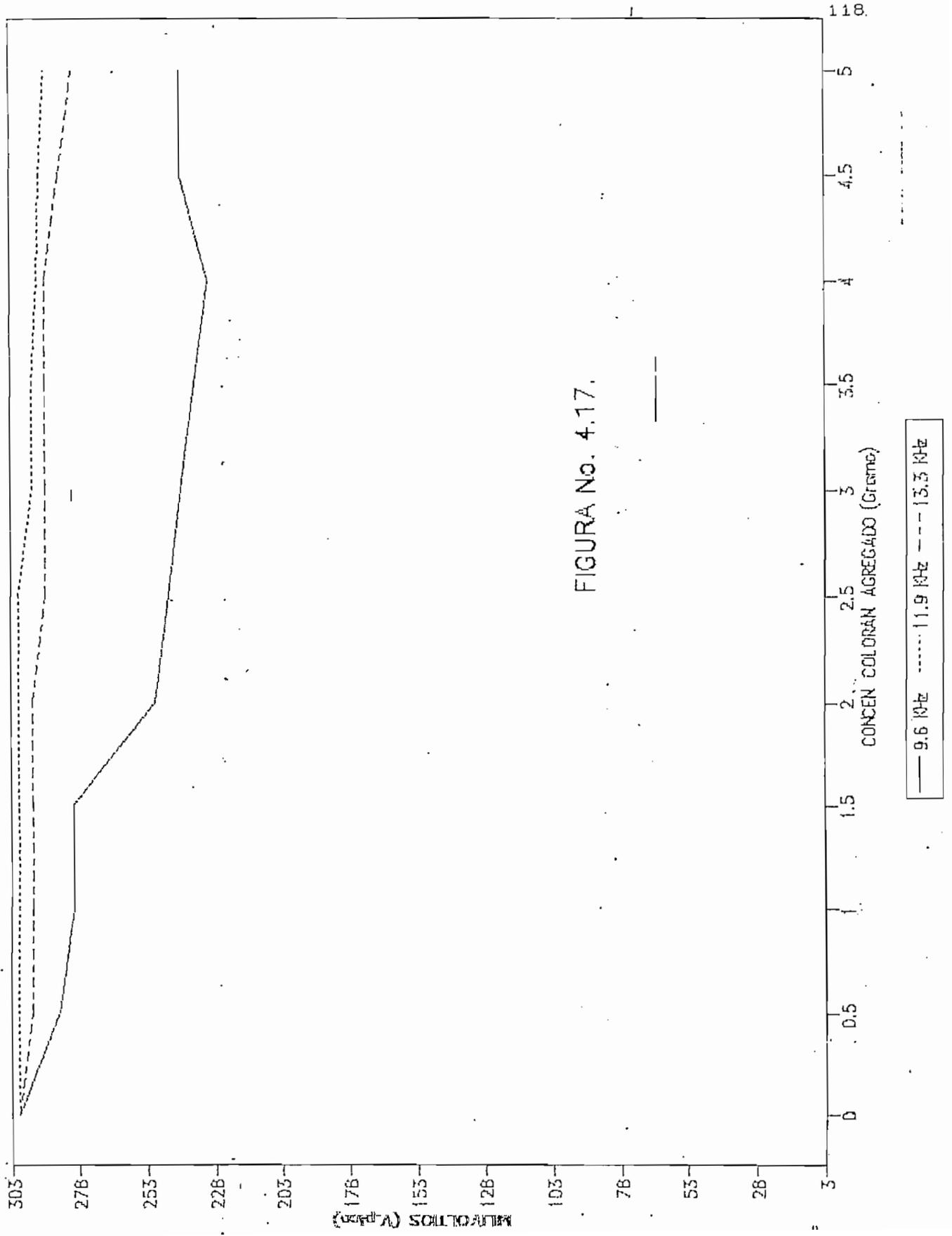


— AMARILLO    ..... ROJO    - - - - ANARANADO  
- - - - VERDE    ..... AZUL

VOLTS vs. CONCENTRACION (amarillo)

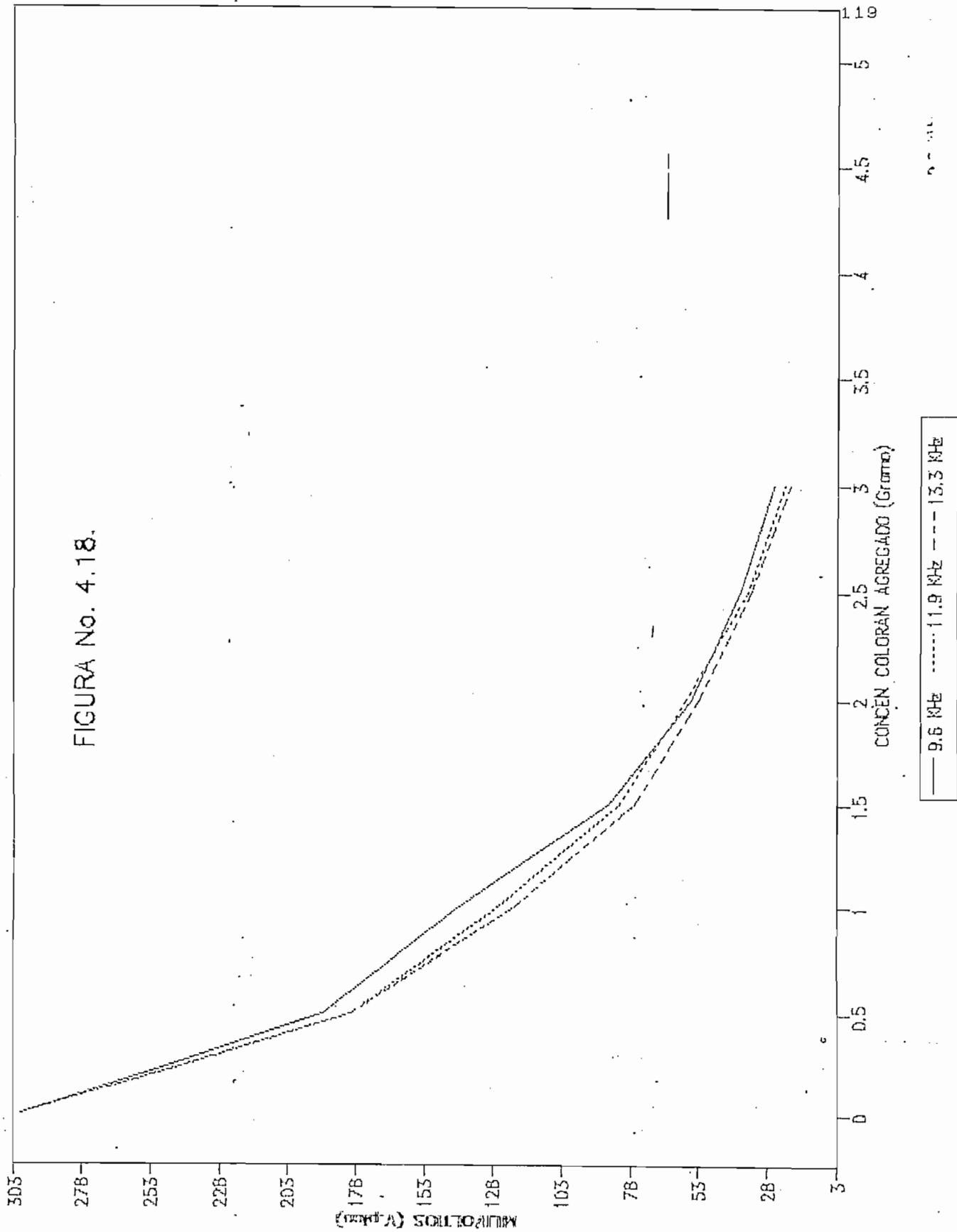


VOLTS vs. CONCENTRACION (anaranjado)



VOLTS vs. CONCENTRACION ( azul )

FIGURA No. 4.18.



VOLTS vs. CONCENTRACION (rojo)

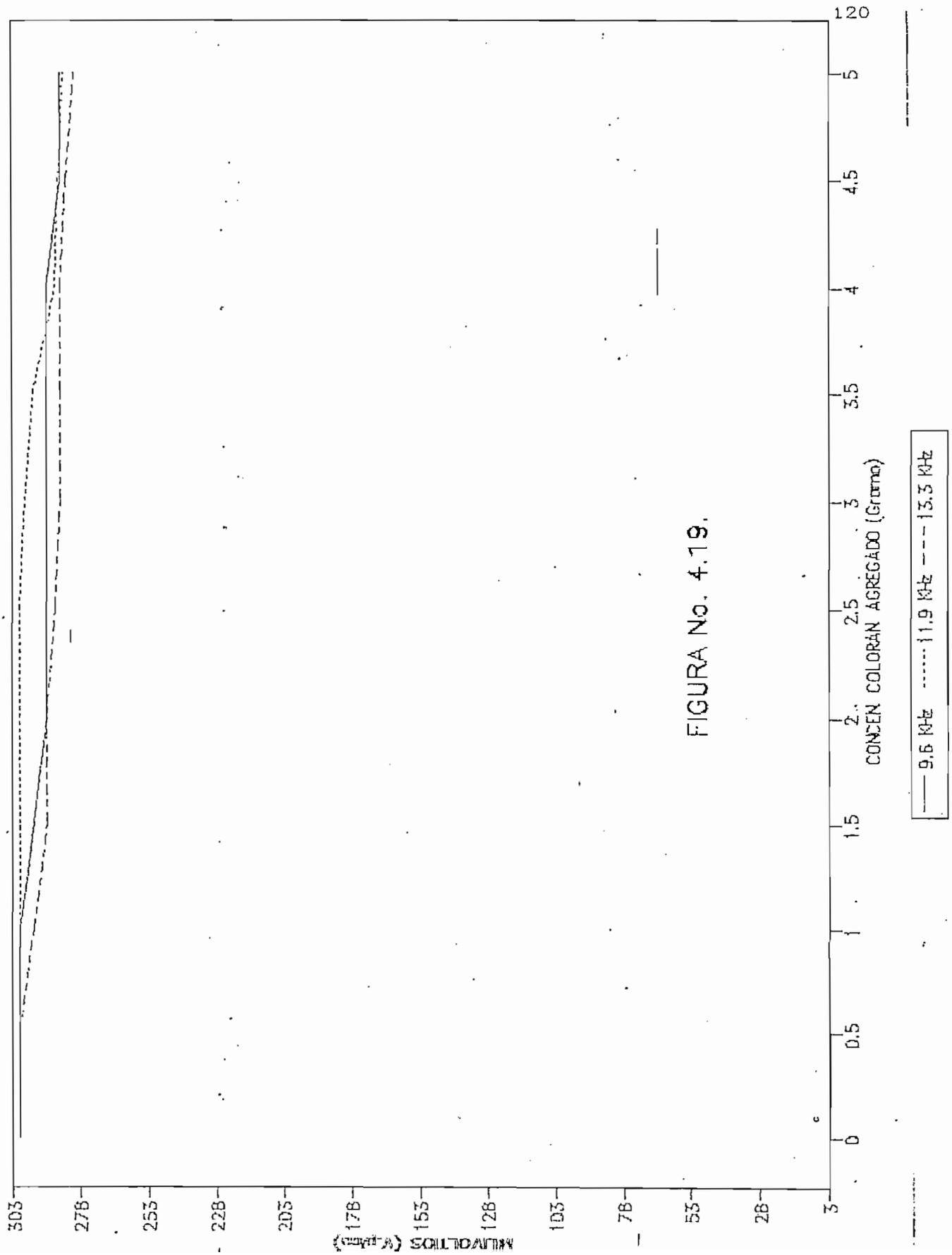
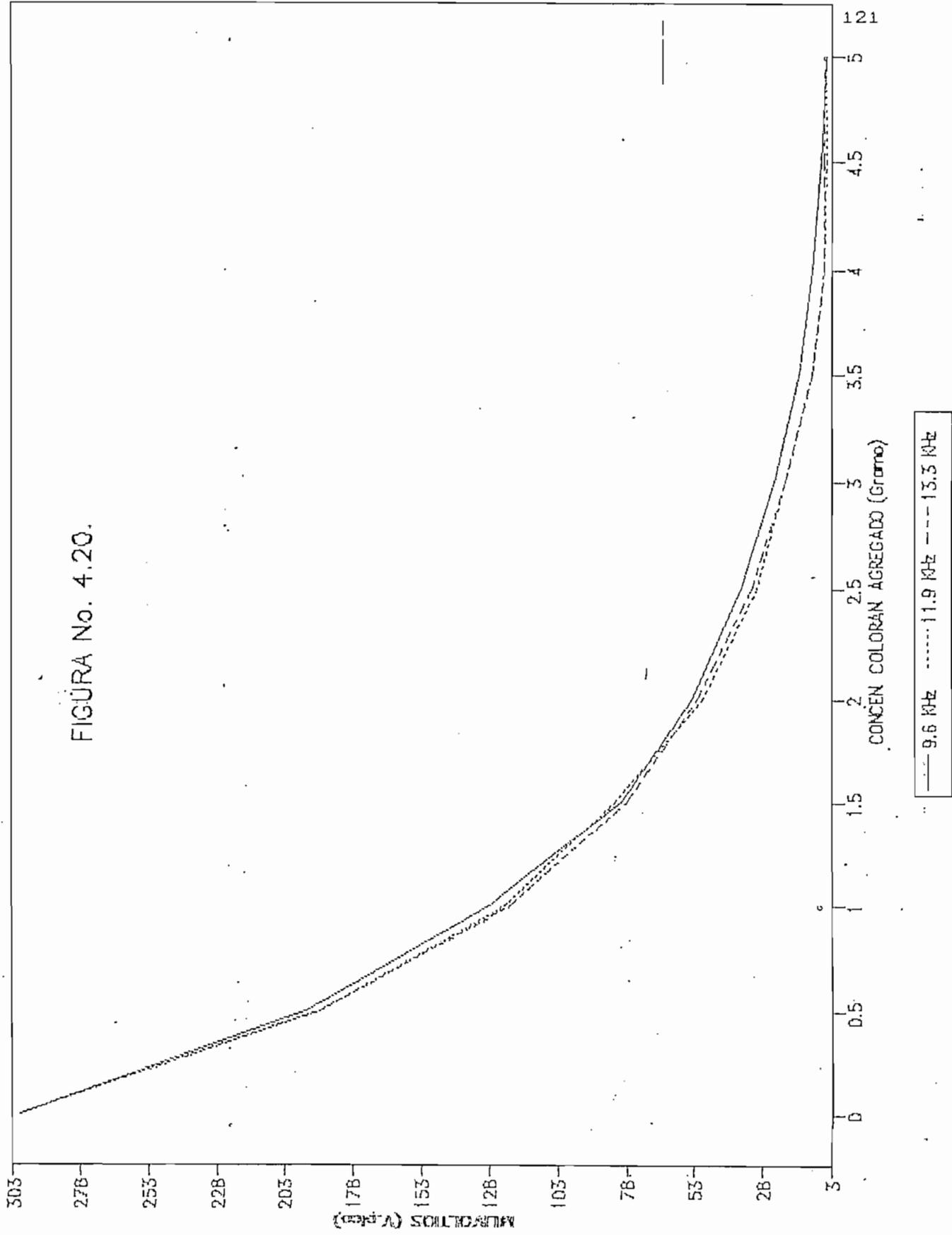


FIGURA No. 4.19.

— 9.6 kHz    ..... 11.9 kHz    --- 13.5 kHz

VOLTS vs. CONCENTRACION ( verde )

FIGURA No. 4.20.



#### 4.3. PRUEBAS DE SOFTWARE DEL SISTEMA.

El programa en el computador fue realizado en lenguaje Turbo C++ ver. 3.0. donde su ejecución va estrechamente relacionada con el manejo y utilización de el equipo. En el manual de el usuario se prevee una explicación más detallada al respecto.

Básicamente el programa ha sido desarrollado para su mejor entendimiento e identificación en módulos perfectamente definidos, donde se utiliza 2 instrucciones que tienen que ver con la utilización de los pórtricos de entrada y salida analógicos por medio de la tarjeta de adquisición de datos DAS-128. Estas instrucciones son:

```
inportb(int Port)
outport( int Port, int Dato).
```

Mientras el programa no envíe una señal a la salida de los pórtricos analógicos mediante la instrucción outport (int Port, int Dato) esta se mantendrá en un valor alto de 10VDC por cuanto el hardware de la tarjeta de adquisición de datos contiene una salida de colector abierto. Cuando el dato sea enviado al pórtrico este toma el voltaje requerido de acuerdo al dato enviado.

Para la utilización de la instrucción inportb (int Port) solo se indica el número de pórtrico por donde el computador recibe los datos.

De ésta manera realizadas las pruebas definitivas con 5 clases de colorantes alimenticios artificiales se obtuvo en la pantalla del computador los siguientes datos decimales, producto de la conversión analógica digital a través de la entrada analógica, datos que sirven de base de memoria y que se colocarán como datos globales en el programa SISOPTO.

Color: AMARILLO FD # 05 (AMARILLO)

Concentración: 2 gr. de colorante en 1220 ml. de Agua.

Variación de concentración: 80 ml. de la solución.

No.	CONCENTRACION AGREGADA	DATO
	$V_0$ -----	240
	$V_0+80$ -----	240
	$V_0+160$ -----	240
	$V_0+240$ -----	240
	$V_0+320$ -----	240
	$V_0+400$ -----	240
	$V_0+480$ -----	240
	$V_0+560$ -----	233
	$V_0+640$ -----	225
	$V_0+720$ -----	208

Color: AMARILLO FD # 06 (ANARANJADO)

Concentración: 2 gr. de colorante en 1220 ml. de Agua.

Variación de concentración: 80 ml. de la solución.

No.	CONCENTRACION AGREGADA	DATO
	$V_0$ -----	240
	$V_0+80$ -----	240
	$V_0+160$ -----	240
	$V_0+240$ -----	240
	$V_0+320$ -----	226
	$V_0+400$ -----	215
	$V_0+480$ -----	208
	$V_0+560$ -----	198
	$V_0+640$ -----	187
	$V_0+720$ -----	177

Color: AZUL FD # 01

Concentración: 0.5 gr. de colorante en 1220 ml. de Agua.

Variación de concentración: 80 ml. de la solución.

No.	CONCENTRACION AGREGADA	DATO
	$V_0$ -----	240
	$V_0+80$ -----	240
	$V_0+160$ -----	240
	$V_0+240$ -----	239
	$V_0+320$ -----	218
	$V_0+400$ -----	204
	$V_0+480$ -----	202
	$V_0+560$ -----	199
	$V_0+640$ -----	195
	$V_0+720$ -----	181

Color: ROJO FD # 40

Concentración: 2 gr. de colorante en 1220 ml. de Agua.

Variación de concentración: 80 ml. de la solución.

No.	CONCENTRACION AGREGADA	DATO
	$V_0$ -----	241
	$V_0+80$ -----	241
	$V_0+160$ -----	240
	$V_0+240$ -----	236
	$V_0+320$ -----	217
	$V_0+400$ -----	193
	$V_0+480$ -----	189
	$V_0+560$ -----	187
	$V_0+640$ -----	180
	$V_0+720$ -----	161

Color: VERDE CLOROFILA

Concentración: 0.25 gr. de colorante en 1220 ml. de Agua.

Variación de concentración : 80 ml. de la solución.

No.	CONCENTRACION AGREGADA	DATO
	$V_0$ -----	164
	$V_0+80$ -----	131
	$V_0+160$ -----	67
	$V_0+240$ -----	59
	$V_0+320$ -----	49
	$V_0+400$ -----	39
	$V_0+480$ -----	36
	$V_0+560$ -----	34
	$V_0+640$ -----	33
	$V_0+720$ -----	31

Con éstos datos, adquiridos en el computador mediante la conversión analógica-digital se puede realizar el gráfico final de las diferentes muestras de concentración agregada de volumen para los 5 diferentes colorantes alimenticios artificiales utilizados como muestras , como se puede ver en la figura No. 4.21.

En éste gráfico se observa, la diferencia entre las pendientes que siguen los diferentes colorantes al aumentar su concentración en el recipiente de pruebas, diferencias que nos permiten desarrollar el programa de comparación en lenguaje Turbo C++ y cuyos resultados son mostrados en pantalla al culminar el procedimiento para analizar la muestra en el recipiente hecho para el efecto.

VALOR DECIMAL vs. CONCENTRACION COLOR

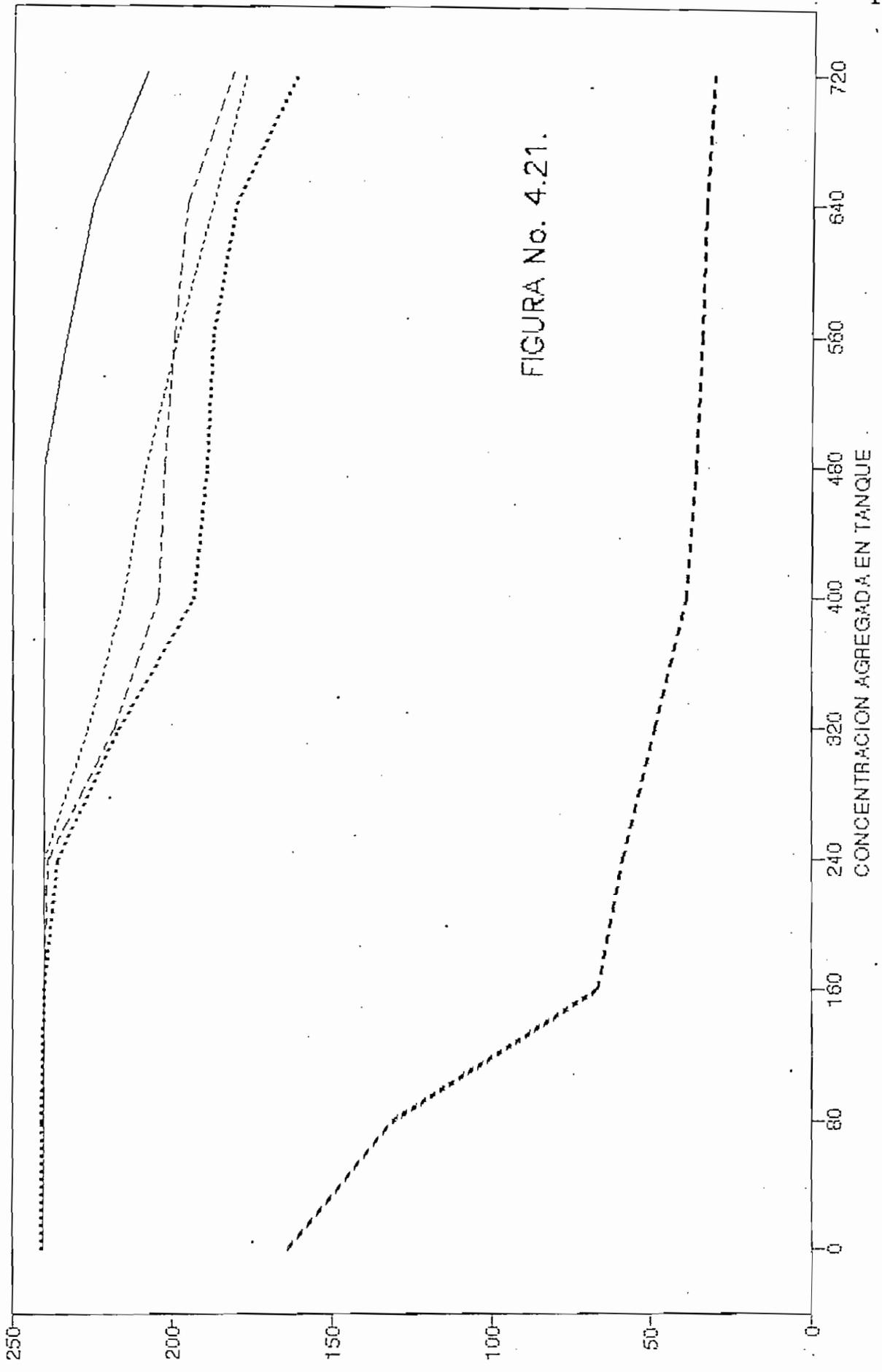


FIGURA No. 4.21.

— AMARILLO    ..... ANARANJADO    --- AZUL  
..... ROJO    - - - VERDE

## C A P I T U L O    V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 5.1. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.
- 5.2. ANALISIS Y DISCUSION TECNICO-ECONOMICO DEL EQUIPO.
- 5.3. CONCLUSIONES.
- 5.4. RECOMENDACIONES.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

De las pruebas realizadas en primer lugar con las anilinas caseras de varios colores (Figs. 4.1. a 4.12 ) se puede observar los siguientes resultados experimentales:

- Al variar la cantidad de cada color de anilina en su correspondiente volúmen de agua, es decir al variar la concentración del color en la solución color-líquido , e ir tomando los valores de milivoltios generados en el circuito detector se experimentó que los colores analizados son posibles de diferenciar hasta cierto grado, existen limitaciones de observabilidad dadas por el mismo sensor optoelectrónico.
- Los colores claros de anilinas ( amarillo, anaranjado, rojo ) dejan pasar los rayos infrarrojos con mayor intensidad que los colores oscuros (café, azul, verde).
- El color verde es el que presenta una mejor variación lineal al hacer las pruebas variando la concentración en la solución.
- El rango de frecuencia útil para trabajo fluctúa en un amplio margen, de 4 KHz a 12KHz.
- El color de anilina anaranjado presenta mayores dificultades para ser disuelto en la solución con agua.

- De la curva de Conductividad vs. Concentración (Fig. 4.12.) se puede deducir que la variación en la toma de datos para cada color de anilina sigue una estructura bastante lineal y cada color puede ser diferenciado, de donde también es factible desarrollar un proyecto de tesis para determinar el color tomando como base este criterio, aunque puede tener limitaciones como el que cuando la muestra a analizar tenga ciertos compuestos químicos que hagan variar su conductividad.

De las pruebas realizadas con los colorantes alimenticios sintéticos (Figs. 4.13 a 4.20.) podemos decir:

- El rango de frecuencia adecuado para emitir y receptor los rayos infrarrojos va de 9 a 12 KHz.
- Los colorantes oscuros (Azul FD&C #1, Verde clorofila) atenúan mucho más los rayos infrarrojos que los colorantes claros (Amarillo FD&C #5, Amarillo FD&C #6, Rojo FD&C #40).
- Los colorantes oscuros (Azul FD&C #1, Verde clorofila) presentan un mejor comportamiento lineal de los milivoltios receptados de señal infrarroja si lo comparamos con el comportamiento de los colores claros (Amarillo FD&C #5, Amarillo FD&C #6, Rojo FD&C #40).
- Las curvas de los colores claros pueden provocar dificultades el momento de discriminar o diferenciar el uno del otro color, ya sea por limitaciones del propio sensor o del programa de computación desarrollado; algo semejante ocurrirá con los colores oscuros.

Una vez construido el equipo, hechas las pruebas finales y

tomando en cuenta los criterios observados en las pruebas anteriores podemos indicar:

- Al sensor optoelectrónico le afectan los rayos de energía solar y los rayos de luces incandescentes por cuanto estos contienen en sus espectros de emisión rayos de longitud correspondiente a la infrarroja; debido a esto es necesario recubrir a el recipiente de pruebas de un material opaco que no deje pasar estos rayos indeseables, lo que se puede hacer recubriendo el tanque con cartulina negra o pintándole de color negro.
- Al igual que ocurría con las anilinas de color anaranjado, los colorantes de color Amarillo FD&C #6 (anaranjado) son difíciles de disolver en el agua corriente.
- Los colorantes Azul FD&C #1 y Verde Clorofila atenuan fácilmente a la señal receptada en el circuito detector, por ser colorantes oscuros.
- El colorante Azul FD&C # 1 es un colorante artificial muy concentrado y deja manchas en el recipiente de pruebas.

De los datos finales recogidos por el computador con ayuda de la tarjeta de adquisición de datos ( fig. No. 4.21.), podemos manifestar que:

- Los valores de los colorantes tanto oscuros como claros siguen un patrón muy definido que es el de atenuar la señal detectada con una determinada pendiente hasta un cierto valor cuando aumenta su concentración. Diferentes datos decimales de cada color que nos sirven para su diferenciación.
- Los colores claros son los que presentan mayor complejidad

por cuanto siguen un patrón de atenuación muy parecido entre ellos, lo cual puede conducirnos a resultados erróneos en el momento de la comparación de colores.

- El colorante Verde Clorofila es el que posee menor concentración de color (0,25 gr. de color en 1220 ml. de agua), y es el que presenta una mayor atenuación al aumentar su concentración.
- El colorante Azul FD&C # 1 con su concentración (0,5 gr. de color en 1220 ml. de agua) tiene un comportamiento similar con los colorantes claros de concentración (2gr. de color en 1220 ml. de agua, cada uno ), esto nos indica que el colorante oscuro Azul FD&C # 1 es más claro que el colorante Verde Clorofila, pero como es de esperarse, más oscuro que los colorantes claros (Amarillo, Anaranjado, Rojo).
- El colorante Verde Clorofila en el punto inicial ( $V_0$ ) del recipiente de prueba es el único que atenuó considerablemente la señal enviada por el emisor de rayos infrarrojos y recibida por el circuito detector.
- Los colorantes claros y el color Azul FD&C # 1 no presentan mayor atenuación de la señal infrarroja hasta aproximadamente la indicación ( $V_0 + 240$ ) del recipiente de pruebas, por tanto tienen en ese intervalo de prueba un comportamiento similar.

#### 5.1.1. LIMITACIONES DEL EQUIPO.

Las limitaciones que se van a indicar a continuación no son solamente las propias de los elementos empleados en el desarrollo del presente trabajo, sino que también obedecen a experiencias ocurridas al construir y al hacer las pruebas experimentales.

- Al sensor optoelectrónico le afectan los rayos de energía solar y las luces incandescentes por poseer éstos, rayos infrarrojos en su espectro de emisión.
- El sistema optoelectrónico NO es capaz de observar, analizar o distinguir muestras de soluciones color-líquido con concentraciones superiores a 5 gr. de colorante por 1220 ml. de agua cuando se trata de colores claros (Amarillo, Anaranjado, Rojo) y con concentraciones superiores a 0,35 gr. de colorante por 1220 ml. de agua cuando se trata del color Verde Clorofila, así como tampoco con concentraciones superiores a 1,5 gr. de colorante por 1220 ml. de agua cuando se trata de colorante Azul FD&C # 1.
- El sistema optoelectrónico NO es capaz de observar, analizar o distinguir muestras de soluciones color-líquido con concentraciones inferiores a 1 gr. de colorante por 1220 ml. de agua cuando se trata de colores claros, y con concentraciones inferiores a 0,1 gr. de colorante por 1220 ml. de agua cuando se trata del color Verde Clorofila, así como tampoco con concentraciones inferiores a 0,35 gr. de colorante por 1220 ml. de agua cuando se trata del colorante Azul FD&C # 1.
- El sistema es aplicable únicamente para poder diferenciar *un solo color* a la vez, caso contrario, el sistema no es aplicable o puede conducir a resultados erróneos.
- Los datos introducidos al computador solo permiten discriminar entre valores digitales correspondientes a 2 bytes, es decir a valores decimales en el rango de 0 a +255, debido a la limitación de resolución de la tarjeta de adquisición de datos.

- De acuerdo a la curva de vida de los diodos de emisión de infrarrojos (Fig. 1.6.) de las 100 a las 10000 horas de uso baja el porcentaje de radiación siguiendo una curva de 100% a 75%, lo cual va a perjudicar a la toma de valores verídicos, y que es un aspecto que hay que tomar en cuenta al momento de utilizar el equipo por mucho tiempo.
  
- Por cuanto para la toma de las 10 diferentes muestras de datos se lo realiza manualmente por una persona, los resultados pueden variar de una persona a otra por el grado de exactitud en la observación del nivel que éste manifieste al ir añadiendo el volúmen especificado al recipiente de prueba. Además, para evitar estos errores de visualización del nivel de la solución, se debe colocar al recipiente de prueba en un lugar lo más estable y fijo que se pueda.
  
- La determinación de la cantidad de colorante en la solución color-líquido a analizar está estrictamente relacionada, es más depende totalmente de que ésta solución se encuentre dentro de los rangos de observabilidad indicados en los puntos anteriores de este mismo literal.
  
- Cuando se trate de hacer el análisis de una solución colorante-líquido que al agitarle produce un excesivo número de burbujas, los resultados que se obtienen no son los más confiables, porque dichas burbujas interfieren en el transporte de los fotones de energía desde el emisor hacia el receptor de rayos infrarrojos; como es el caso de la solución con color verde clorofila analizada en esta presente tesis.

## 5.2. ANALISIS Y DISCUSION TECNICO-ECONOMICO DEL EQUIPO.

El equipo construido ha sido diseñado con elementos digitales y analógicos. Cada uno de los diferentes circuitos tienen elementos que trabajan con un voltaje de polarización de +12 V, o +5 V dependiendo del caso.

En el proyecto se han necesitado de 5 tarjetas de circuitos impresos; de los cuales 4 se han realizado íntegramente, como son:

- circuito emisor de rayos infrarrojos,
- circuito detector de rayos infrarrojos,
- circuito acondicionador de señal, y
- circuito de manejo del micromotor de DC.

Una de las tarjetas se ha comprado, la de las fuentes de polarización; y en la restante, que es la tarjeta de adquisición de datos se ha comprado e implementado sus diferentes elementos.

Además se elaboró las tarjetas para señalización de el envío y recepción de las señales del emisor y del detector de rayos infrarrojos.

Existen también un gran número de aditamentos que fue necesario comprar para el presente desarrollo como son caja plástica, lámina de acrílico, cable multipar, pega, etc.

El siguiente cuadro resume los elementos, la cantidad de ellos que se utilizaron, su costo unitario, su valor total y finalmente el costo global de todo el equipo en sucres, basado en precios de el mercado local.

Cabe indicar que los precios de los diferentes elementos que forman parte de este trabajo están referidos a Mayo de 1995, y si algún elemento se compró en dólares, se indicará su correspondiente al cambio del dólar a la fecha antes indicada.

El costo global del equipo no tiene comparación con los de su especie por ser algo relativamente nuevo y poco experimentado; con todo, en el mercado local existen colorímetros que sirven para distinguir también el color de una solución, pero que utilizan otros criterios de comparación y cuyo costo es muy superior al desarrollado en este proyecto.

TABLA DE LOS ELEMENTOS

ELEMENTOS	V/UNIT.	CANT.	V/TOTAL
Fuente Switching	40.000	1	40.000
Caja plástica	35.000	1	35.000
Lámina de acrílico	29.000	1	29.000
Micromotor 2P, 3V	2.500	1	2.500
NTE 3033	18.700	1	18.700
NTE 3017	11.800	2	23.600
Trans. de potencia M7407	9.000	1	9.000
Trans. ECG 123AP	500	4	2.000
Relay 6-12V	10.500	1	10.500
Jack	800	2	1.600
Plug	800	2	1.600
Cable plano	4.000	1m.	4.000
Conector 34 pines	2.000	1	2.000
Conector Macho computadora	3.000	3	9.000
Conector Hembra computadora	3.000	3	9.000
Sócalo DIL 14 pines	2.000	5	10.000

Sócalo DIL 8 pines	1.800	2	3.600
Potenciómetro 2K	3.600	1	3.600
Potenciómetro 10K	3.500	1	3.500
Potenciómetro 50K	3.500	1	3.500
Alambre de suelda	500	3m.	1.500
Abrazadera de manguera 2"	2.600	1	2.600
Terminales cerrados pequeños	150	10	1.500
Timer 555	3.500	1	3.500
Cable multipar 3 pares	500	6m.	3.000
Leds	500	2	1.000
Switch luminoso	4.000	1	4.000
Diodos	500	4	2.000
Diodo Zener 9,1V 1/4W	2.500	1	2.500
Puente rectificador 1/2W	2.000	1	2.000
NTE 948	3.500	1	3.500
LM324	2.500	3	7.500
TL084CN	5.500	1	5.500
LF353N	4.200	1	4.200
Porta fusible	1.500	1	1.500
Tornillos, terminales	400	10	4.000
Resistencias	100	30	3.000
Capacitores cerámicos	500	12	6.000
Capacitores electrolíticos	600	2	1.200
Cable de fuerza 3 hilos	2.000	2m.	4.000
Marco de madera	5.000	1/2m.	2.500

---

SUMA TOTAL: S/. 288.200,00

Cabe indicar que para el desarrollo de la presente tesis se han necesitado además de los elementos antes indicados una serie de otros materiales como anilinas de colores, colorantes artificiales básicos no nocivos que se expiden en el mercado local, alcohol, gaseosas, etc.

El valor de el precio de los elementos no contempla la construcción que demandó la tarjeta de adquisición de datos DAS-128 , cuya lista de elementos se encuentra desarrollada en la tesis del Ing. Fausto Cevallos y no es motivo de nuestro análisis, y cuyo costo aproximado es de S/. 150.000,00.

### 5.3. CONCLUSIONES.

En este capítulo se incluyen algunas conclusiones que se consideran importantes y que son el resultado de las experiencias adquiridas durante el desarrollo de la presente Tesis de Grado, desde el inicio como proyecto, luego como diseño, construcción y finalmente como pruebas y resultados del equipo. Muchas de ellas están ya anotadas anteriormente en el transcurso de la tesis; aquí se tratará de agruparlas e indicar las de mayor importancia.

Las conclusiones son las siguientes:

- Se ha cumplido con el objetivo propuesto que es el de poder identificar el tipo y cantidad de colorante disuelto en agua corriente, guardando las limitaciones indicadas anteriormente. Así también aprovechar de mejor manera la tarjeta de adquisición de datos DAS-128.
- Dotar a la industria alimenticia de bebidas refrescantes y de producción de anilinas de una herramienta adicional para la detección del color de una muestra, que sea barata y de fácil utilización.
- En términos generales el sistema en su totalidad es de lazo abierto, ya que no existe realimentación de información del detector hacia el emisor, aunque en la parte receptada se tiene realimentación y control desde el

microcontrolador del computador únicamente hacia el motor que maneja a el agitador ubicado en el tanque; pero este control es solamente para encendido o apagado del motor.

- Un aspecto muy importante de la tesis es la correcta recuperación de información por parte del detector, de la señal enviada desde el emisor. Así, el diseño de esta etapa fue sin duda la parte más crítica, ya que muchos aspectos entraron en juego; como por ejemplo, las interferencias y ruidos ambientales, respuesta de frecuencia y velocidad de transmisión de los elementos empleados, disponibilidad de equipo y elementos en el mercado local, rendimiento al transcurrir el tiempo de los elementos utilizados, etc.
- Los rayos infrarrojos provenientes de la energía solar y de las fuentes de energía incandescente afectan enormemente en el traslado de la información infrarroja de el sensor optoelectrónico.
- Fue necesario para conseguir la distancia adecuada de emisión y detección del circuito optoelectrónico de control remoto, acoplar adecuadamente el circuito emisor y el circuito detector en las paredes de el recipiente para pruebas. Así como fue menester escoger experimentalmente las adecuadas dimensiones del recipiente.
- Los costos de los insumos necesarios ( anilinas, colorantes alimenticios sintéticos ), para realizar las pruebas son un tanto elevado, por lo que cualquier prueba debe realizarse lo más exacta que se pueda.
- De los colorantes artificiales analizados, el correspondiente al FD&C #6 (anaranjado) es el que presenta mayores dificultades para ser disuelto en agua corriente.

- Por más bien protegido que esté un sistema, en general eléctrico, y en particular el de la presente tesis de grado, existe la posibilidad de que sus elementos sufran averías por determinada falla; se debe tratar de que esta posibilidad sea mínima tratando en todo lo posible de colocar protecciones y seguridades para el uso, manejo y mantenimiento de el mismo.

#### 5.4. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda a la persona que desee hacer operar el equipo, primero leer las instrucciones indicadas en el manual de uso, para un adecuado y fácil manejo del sistema.
- Cuando haya finalizado la sesión de trabajo, abandone la ejecución del programa y salga siempre por el menú principal.
- Siga siempre la secuencia descrita a continuación para el uso de este sistema. Esto evitará que el equipo Sistema Optoelectrónico pueda estar emitiendo señales falsas (no deseadas) que pueden dar origen a alteraciones en las condiciones iniciales de operación.
  - Conecte todos los cables indicados en el manual de uso.
  - Encienda el computador.
  - Encienda el equipo del Sistema Optoelectrónico.
  - Inicie la ejecución del programa SISOPTO.
  - Siga cuidadosamente las instrucciones del programa SISOPTO y del manual de uso.

- Salga del programa SISOPTO.
  - Apague el equipo del Sistema Optoelectrónico.
  - Desconecte todos los cables.
  - Limpie el recipiente para pruebas.
  - En caso de terminación del trabajo, apague el computador.
  - En caso de terminación del trabajo, guarde todo el equipo.
- 
- Para evitar errores en la toma de datos al incrementar el volúmen de la solución colorante-líquido en el recipiente de prueba, recomiendo que en lo posterior se realice una alimentación automática de la solución, controlada por computador y utilizando motores de DC, bombas, electroválvulas, etc.
- 
- En la Fig. No. 5.1. está la respuesta espectral típica de la fibra de vidrio, observándose que existen frecuencias en que ocurren fuertes absorciones . Se puede ver que existe un pico indeseable de absorción justamente en la frecuencia de emisión de los infrarrojos que operan alrededor de los 9.500 Angstroms o 950 nanometros. Esta absorción se debe a la presencia de iones de tipo hidroxilo, siendo por eso denominada pico de absorción por el agua. Para la frecuencia de emisión de los leds infrarrojos alrededor de 8500 Angstroms se tiene justamente el punto de menor absorvancia de la curva , lo que lleva a estos componentes a ser usados como fuentes ideales para

Esto nos lleva a manifestar que si bien en nuestro sistema se ha utilizado fibra de vidrio en el recipiente para prueba, este material no es el más óptimo ya que nos puede conducir a errores en la emisión y recepción de las señales infrarrojas debido a el pico de absorción por la presencia de iones de tipo hidroxilo.

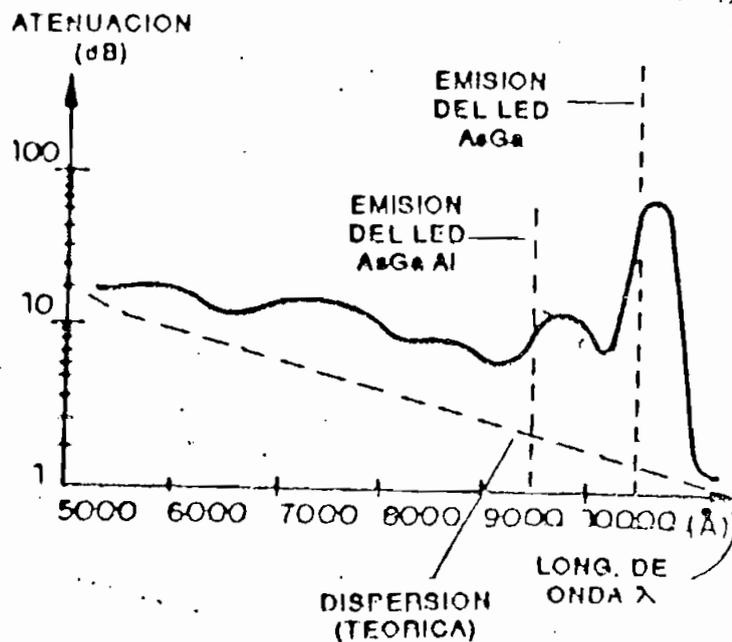


FIG. 5.1.

- Los efectos nocivos de los diferentes productos químicos como los colorantes alimenticios artificiales contenidos en los distintos alimentos o en la ración alimenticia total, son variables en cuanto a su naturaleza y su intensidad. Problemas por intoxicación aguda de alimentos es fácil de resolver para el médico ya que el sujeto enferma en un tiempo relativamente corto de tiempo y puede diagnosticarse inmediatamente. En cambio, la intoxicación crónica presenta peligros mucho mayores para la salud, sus síntomas suelen ser vagos, aparecen de modo muy gradual; ya que el organismo absorbe repetidamente, de

modo regular, cantidades muy pequeñas de sustancias extrañas a lo largo de períodos prolongados que pueden ser decenios. Como el peligro que presentan estas sustancias no se puede apreciar, dichas sustancias se utilizan ampliamente en la producción de coloración de alimentos.

- Finalmente es aconsejable interrumpir gradualmente el uso y consumo indiscriminado de los colorantes sintéticos, por cuanto ellos en los alimentos no tienen ningún valor nutritivo. Por tanto, puede comprenderse fácilmente que su empleo no está justificado; por tal razón, el número de colorantes orgánicos sintéticos permitidos para alimentos se debe ir reduciendo, lo que representaría una contribución positiva a la salud. Los colorantes más bien por su efecto estético contribuyen a la atracción del producto o a diferenciarlos de otros.

## BIBLIOGRAFIA

- [Ref. 1] FIERRO BRITO RAFAEL OLMEDO, Control remoto de un motor, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Septiembre de 1987, Quito, Ecuador.
- [Ref. 2] REVISTA ALIMENTARIA. REVISTA DE TECNOLOGIA E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS, Los Colorantes en alimentos, Ed. Hijos de Minuesa, Número 133, Junio de 1982, Madrid, España.
- [Ref. 3] SALAZAR VILLACIS GERARDO, Investigación de los colorantes permitidos en alimentos, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química, Julio de 1976, Quito, Ecuador.
- [Ref. 4] REVISTA SABER ELECTRONICA, Evolución de la Electrónica I parte, Número 08, Edición 3-01, Ed. Saber del Uruguay, S.R.L. y Ed. América S.A., 1991.
- [Ref. 5] REVISTA SABER ELECTRONICA, Evolución de la Electrónica II parte, Número 09, Edición 3-02, Ed. Saber del Uruguay, S.R.L. y Ed. América S.A., 1991.
- [Ref. 6] REVISTA SABER ELECTRONICA, Evolución de la Electrónica. Conclusión, Número 10, Edición 3-03, Ed. Saber del Uruguay, S.R.L. y Ed. América S.A., 1991.
- [Ref. 7] REVISTA SABER ELECTRONICA, El control remoto en videograbadoras, Número 23, Edición 4-04, Ed. Saber del Uruguay, S.R.L. y Ed. América S.A., 1991.
- [Ref. 8] CLIFTON E. MELOAN, ROBERT W. KISER, Problemas y Experimentos de Análisis Instrumental, Editorial Reverte Mexicana, S.A., Julio de 1973, México D.F.

- [Ref. 9] REVISTA ELECTRONICA PRACTICA, Componentes electrónicos y sus propiedades, Año 2 No.7 , Ed. Procoel S.A., 1993, México D.F.
- [Ref.10] HOBART H.WILLARD, LYNNE L. MERRITT.JR, JOHN A. DEAN, Métodos Instrumentales de análisis, Editorial Continental S.A., Julio de 1968, México D.F.
- [Ref.11] DAVID F. STOUT, MILTON KAUFMAN, Handbook of Operational Amplifier Circuit Design, McGraw-Hill, Inc, Copyright 1976.
- [Ref.12] FAUSTO I. CEVALLOS A.,Diseño y Construcción de una tarjeta de adquisición de datos , Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Abril de 1993, Quito, Ecuador.
- [Ref.13] PATRICIO R. FUSTILLOS P.,Algoritmos para Control Digital Directo, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Marzo de 1994, Quito, Ecuador.
- [Ref.14] SCHILDT HERBERT,C:Manual de Referencia, Segunda Edición, Editorial McGraw-Hill. Inc, España 1991.

A N E X O A

" MANUAL DEL USUARIO "

# A N E X O A

## " MANUAL DEL USUARIO "

Antes de hacer funcionar al sistema optoelectrónico para detección del color tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Revise que todos las conexiones y cables se encuentren conectados, esto es:
  - \* Cable de 3 alambres con recubrimiento de caucho para la alimentación de energía alterna ( 110 V., 60 Hz.) del equipo.
  - \* Cable del emisor (cable corto multipar blindado) que sale de la caja del equipo hasta el circuito impreso de el emisor ubicado en la cara izquierda de el recipiente de pruebas, visto a éste de frente.
  - \* Cable del detector (cable largo multipar blindado) que sale de la caja del equipo hasta el circuito impreso de el detector ubicado en la cara derecha de el recipiente de pruebas, visto a éste de frente.
  - \* Cable blindado de un par de alambres que sale desde la conexión jack-plug de la caja del equipo hacia el micromotor suspendido en el recipiente de pruebas.
  - \* Cable multipar blindado que sale desde la caja del equipo hacia el conector de los puertos analógicos de la tarjeta de adquisición de datos ubicada en el computador.
- Disponer de unos 1220 ml. como volúmen mínimo de cada solución de color-líquido a analizar.

- Disponer de un computador personal, en el cual se coloque la tarjeta de adquisición de datos DAS-128 y éste tenga disponible conexiones de salida de un puerto analógico tanto de entrada como de salida por medio de un conector. En esta tarjeta de adquisición de datos colocar *únicamente el dip-switch # 8 de SW1 en ON* para seleccionar a 330h como dirección base para los puertos analógicos de entrada y salida del computador.

Luego de cumplir con los puntos anteriormente indicados se procede a hacer funcionar el sistema siguiendo los siguientes pasos:

- a. Encienda el computador.
- b. Inicie la ejecución del programa SISOPTO.EXE ubicado en el disco flexible de 3 $\frac{1}{2}$ " que se entregó conjuntamente con el equipo.
- c. Encienda el equipo.
  - c.1. Si la alimentación de energía está bien conectada se prenderá la indicación luminosa del interruptor ON/OFF.
  - c.2. Si el cable que se dirige desde la caja del equipo hacia el circuito emisor ubicado en el recipiente está bien conectado se prenderá el led color verde denotado como EMISOR.
  - c.3. Si el cable que se dirige desde la caja del equipo hacia el circuito detector ubicado en el recipiente está bien conectado se prenderá el led color amarillo denotado como DETECTOR.

- d. Al iniciar el programa ejecutable SISOPTO.EXE se desplegará en la pantalla del computador el siguiente menú de presentación:

```
MENU DE PRESENTACION

E.P.N. - ELECTRICA

LABORATORIO DE INSTRUMENTACION
TESIS:

VICTOR AGUILAR VALENCIA

AGOSTO DE 1995
```

PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

- e. Luego de pulsar cualquier tecla aparecerá la siguiente pantalla:

```
MENU PRINCIPAL

SISTEMA OPTOELECTRONICO PARA DETECCION
DE COLORES EN SOLUCIONES ACUOSAS.

INICIAR ABANDONAR
```

[FLECHAS IZQ-DER] Cursor

[ENTER] Opción

- f. Desplazándonos con el cursor y escogiendo INICIAR con la tecla ENTER se mostrará la pantalla siguiente:

ADQUISICION DE DATOS	
PARA	ANALISIS
PARA	MEMORIA
SALIR	

[FLECHAS SUP-INF] Cursor                      [ENTER] Opción

La pantalla que tenemos es la de adquisición de los datos hacia el computador. Aquí tenemos tres opciones:

1. Introducción de datos para análisis
2. Introducción de datos para memoria del computador
3. Salir al menú principal

La segunda opción UNICAMENTE PUEDE SER UTILIZADA CUANDO SE QUIERE ALMACENAR NUEVOS DATOS PARA MEMORIA DEL COMPUTADOR, pero que fue ya utilizada cuando se experimentó con los colorantes alimenticios sintéticos. En todo caso, eventualmente se la coloca para cuando se trate de hacer otra nueva base de datos a memoria o simplemente cuando se requiera aumentarla. Además su utilización es muy similar a la primera opción.

**LA PRIMERA OPCION ES LA QUE NOSOTROS VAMOS A SELECCIONAR**

por cuanto es la que va a realizar el análisis de la muestra.

- g. Al ser escogida la primera opción se desplegará en pantalla el siguiente mensaje:

```

COLOQUE VOLUMEN INICIAL ( Vo )
DEL LIQUIDO EN EL RECIPIENTE

```

DIGITE [ENTER] SOLO SI YA LO HA HECHO

Antes de digitar [ENTER] debe colocarse CUIDADOSAMENTE Y DE MANERA MAS EXACTA POSIBLE el volúmen inicial (Vo) de la muestra a analizar en el recipiente para pruebas y luego !! SOBRETUDO TAPAR Y RECUBRIR A EL RECIPIENTE DE MANERA QUE NO PUEDA FILTRAR A EL NINGUNA LUZ AMBIENTAL O DE OTRA FUENTE DE ILUMINACION. !!

- h. Posteriormente aparecerá por unos 3 segundos la siguiente pantalla:

```

! POR FAVOR ESPERE !

EL MOTOR ESTA FUNCIONANDO

IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
0%                               100%

```

DIGITE [ESC] PARA DETENER PROCESO



- i. Al digitar [ENTER] comienza a desplegarse nuevamente en pantalla la indicación de que el motor está funcionando, el líquido está estabilizándose y la pantalla de añadir volumen de muestra hasta la siguiente señal. Este proceso se lo realizará por 10 veces. Al finalizar la última prueba se desplegará en la pantalla el resultado de el color de la muestra en la solución acuosa con su respectivo rango de densidad del color en el líquido o una pantalla donde indique la imposibilidad de detección del color en la muestra.
  
- j. Una vez finalizado el análisis del color en la muestra se podrá volver a la pantalla del menú principal únicamente digitando [ENTER].
  
- k. Si desea realizar otro análisis, siga las siguientes instrucciones:
  - k.1. Apague el equipo.
  
  - k.2. Desconecte las conexiones del circuito emisor, circuito detector, micromotor del recipiente de prueba con la caja del equipo.
  
  - k.3. Vacíe el contenido de la muestra analizada del recipiente de prueba a otro recipiente o deséchelo.
  
  - k.4. Limpie cuidadosamente el interior del recipiente de prueba, especialmente los lugares más cercanos a el emisor y al detector de rayos infrarrojos.

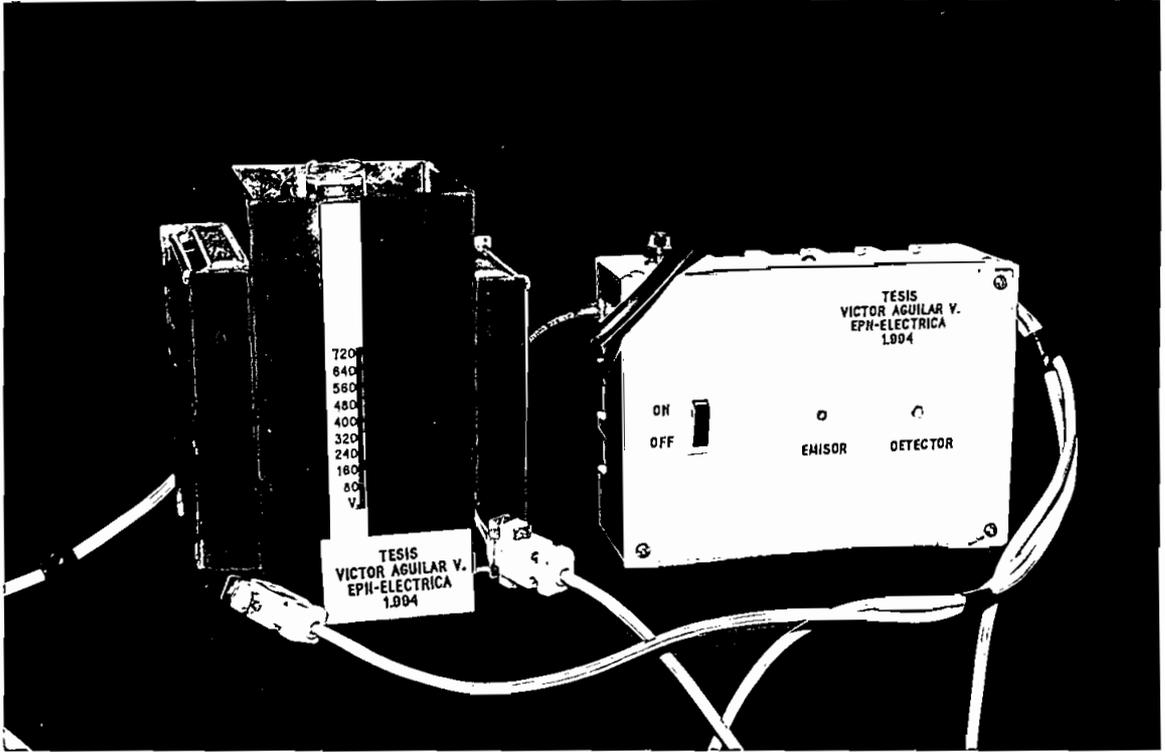
- k.5. Conecte las conexiones del circuito emisor, circuito detector, micromotor del recipiente de prueba con la caja del equipo.
- k.6. Encienda el equipo.
- k.8. Diríjase al punto e. de este manual y continúe con sus instrucciones.

A N E X O      B

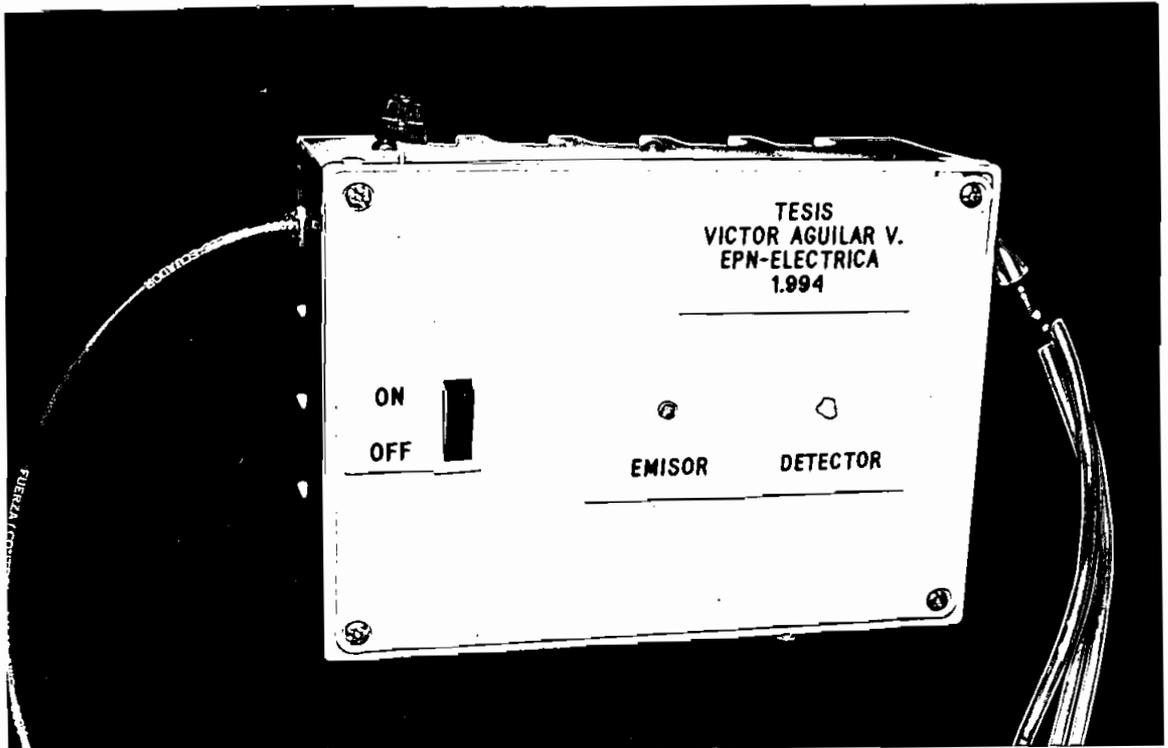
" FOTOGRAFIAS DEL EQUIPO "

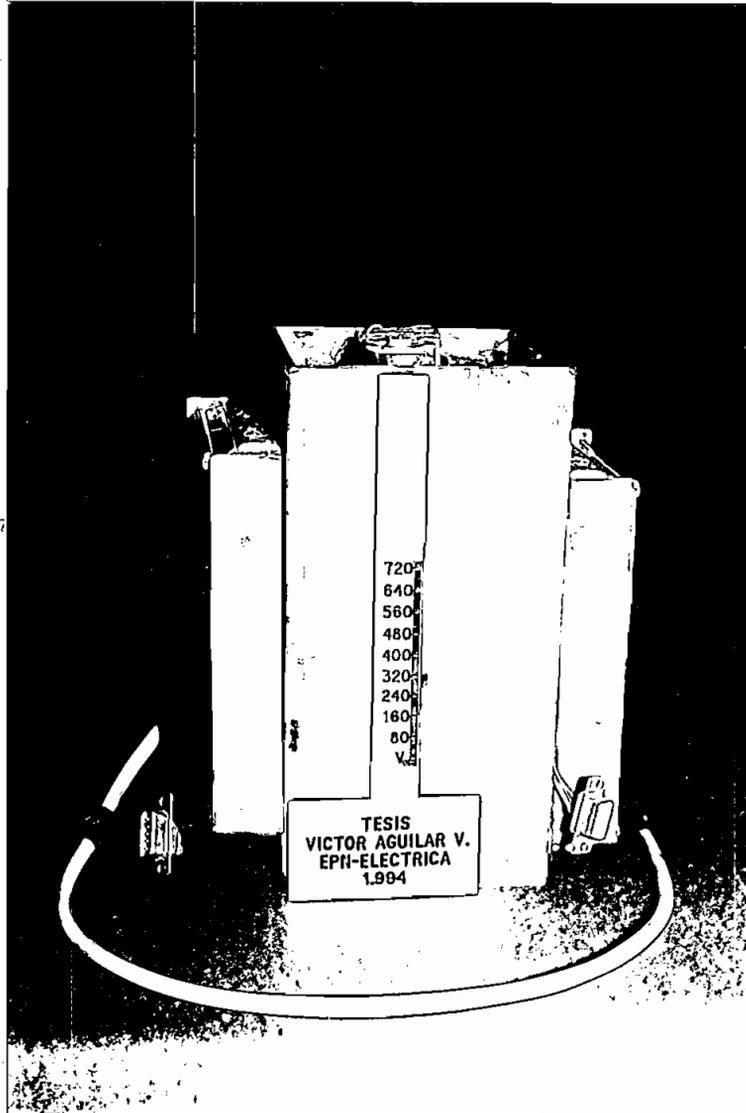
A N E X O      B  
" FOTOGRAFIAS DEL EQUIPO "

EQUIPO COMPLETO

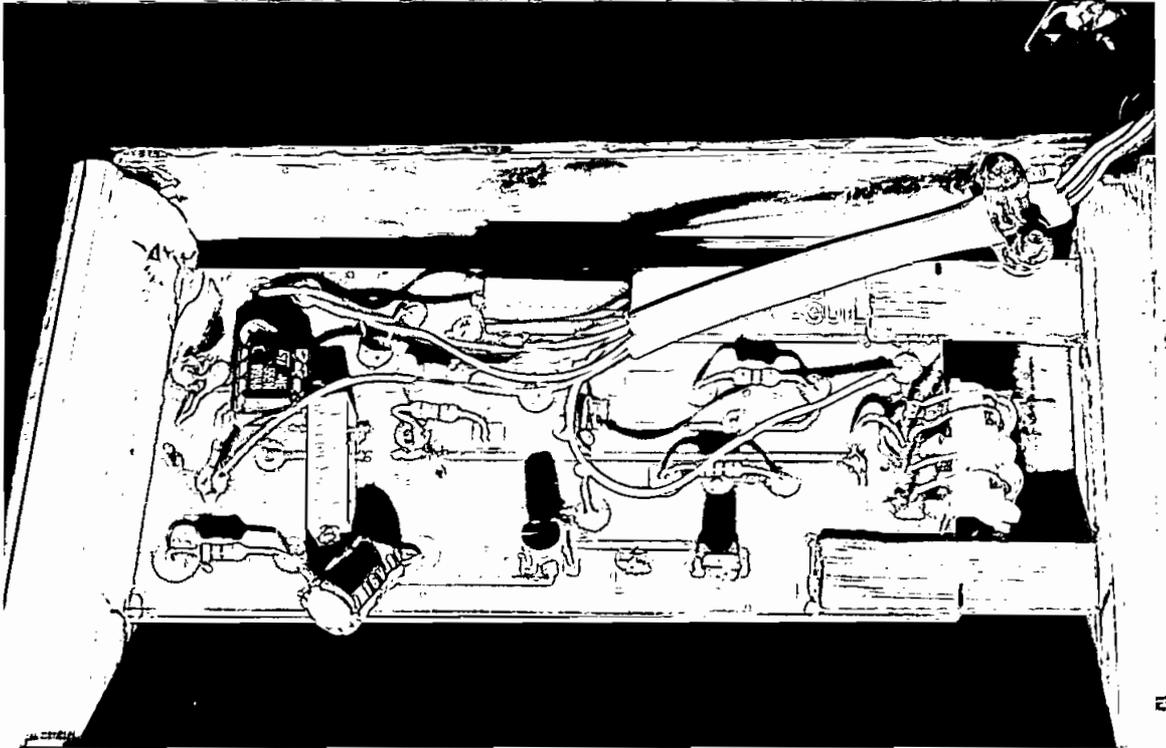


CAJA DEL EQUIPO

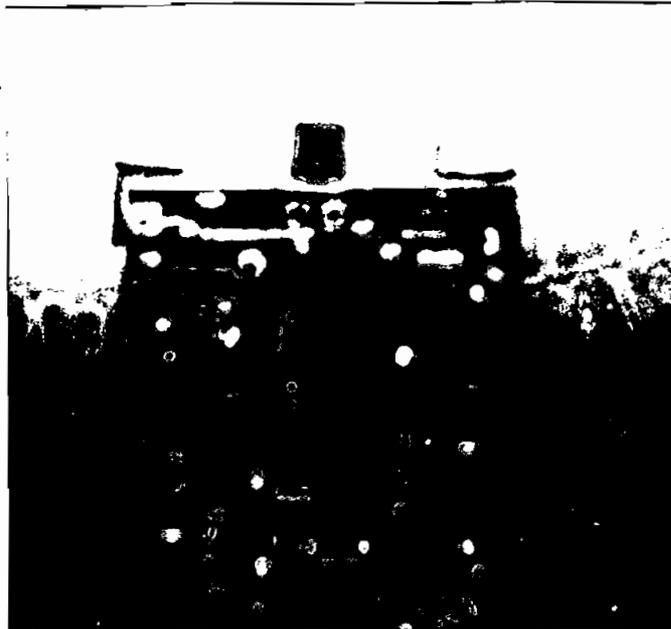




TANQUE PARA PRUEBAS



CIRCUITO EMISOR



CIRCUITO DETECTOR

A P E N D I C E I

" L A S E N C U E S T A S "

# ENCUESTA 1

FECHA: 29 de Noviembre de 1993

NOMBRE DE LA EMPRESA: TESALIA SPRING Co.

DIRECCION: Machachi

TELEFONO: 315 - 058

ACTIVIDAD: Embotelladores

AREAS EN LA EMPRESA: Producción, Mantenimiento, Control de Calidad, Bodega, Mecánica, Guardianes, Carpintería, Albañilería, Jardines, Comedor, Comisariato, Servicio Médico y Dental, Ablandadores.

AREA RELACIONADA: Producción - Refrescos.

TECNICO ENCARGADO: Supervisor de Embotellado y/o Inspector de Control de Calidad.

Jefe inmediato: Gerente de Producción.

## PROCESO

TITULO: Embotellado.- Preparación de Jarabe Terminado.

OBJETIVO DEL PROCESO: Elaboración Bebidas Gaseosas-  
Quintuples.

DESCRIPCION:

El jarabe simple cocinado es sometido a enfriamiento y

posterior adición de todos los ingredientes como son: esencias, conservadores, colorantes, etc una vez mezclado es dosificado en las botellas y luego adicionado agua mineral gasificada.

Proceso Continuo ( x )

Discontinuo ( )

Otros ( )

Esquema: (Adjuntar hoja si es posible)

Ver figura 1.8.

a.) *COLORANTES UTILIZADOS*

Nombre	Composición	Importancia (principal/secundaria)
--------	-------------	---------------------------------------

Rojo # 40

Principal

Amarillo # 6

Principal

Amarillo # 5

Principal

Azul # 1

Principal

Caramelo Colorante

Principal

Ubicación (respecto al resto del proceso)

Entrada ( x )

Salida ( )

Otro ( )

Observaciones:

Control de Coloración: Si ( x )

No ( )

Caso Si

Tipo

=====

ENCUESTAS

Manual ( x )  
Automático ( )

Variable manipulada

Concentración ( x )  
Coloración ( x )  
Sabor ( x )  
Conductividad ( )  
Otro ( )

Sensores

Tipo  
Ubicación  
Descripción

Transmisión

Distancia del sensor al indicador y/o controlador:

Tipo de cable:

Tipo de transmisión

Por voltaje ( )  
  
Por corriente ( )  
Serial ( )  
Paralelo ( )  
Otro ( )

Actuadores

Tipo (dimensiones)

Ubicación (distancias)

Descripción

**b.) LIQUIDO UTILIZADO**

Nombre: Jarabe Simple

Control Si ( x )

No ( )

**Tipo**

Nivel ( )

Volúmen ( x )

PH ( )

Conductividad ( )

Impurezas ( x )

Otro ( x ) %Bx

Flujo Si ( x )

Valor

No ( )

**c.) OTROS COMPONENTES AÑADIDOS**

Nombre	Composición
Conservadores	Benzoato de Sodio
Estabilizante de Sabor	Acido Cítrico
Enturbiador	
Esencias	Característica
Agua Oligomineralizada Gasificada	Característica

Control de Variables de interés relacionadas al proceso

Componente	Control	Importancia (principal/secundaria)
Dosificación	Físico - Visual	Principal
Gasificación	Físico - Visual	Principal
Bacteriológico	Microbiológico	Principal
Agua Mineral	Químico	Principal
Cloro Residual	Químico	Principal

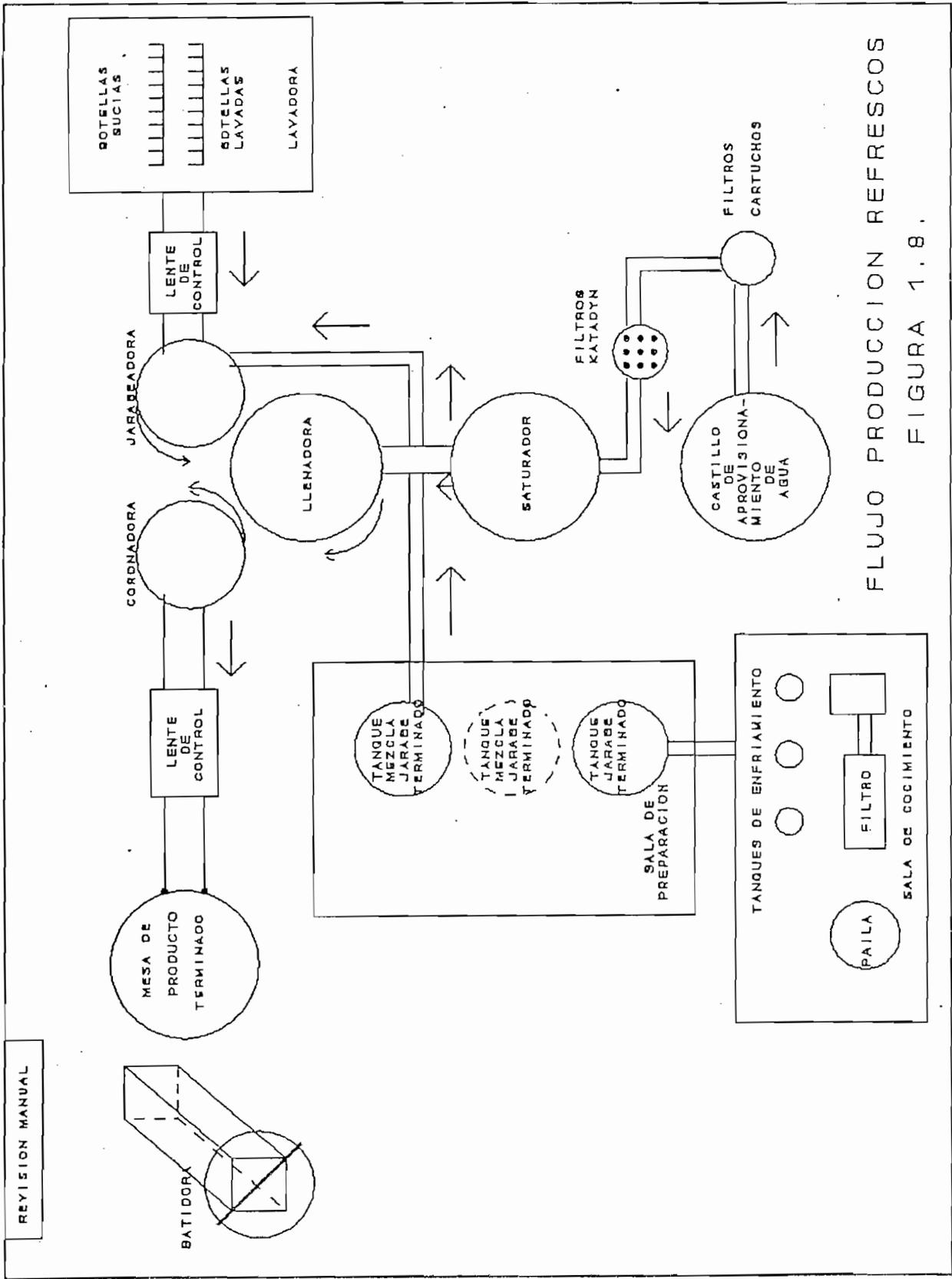
*d.) OTRAS VARIABLES CONTROLADAS EN EL PROCESO*

Coronado y/o roscado

Limpieza de Botellas

Arrastre de Sosa

Ausencia de partículas extrañas.



FLUJO PRODUCCION REFRESCOS  
 FIGURA 1.8.

## E N C U E S T A 2

FECHA: 30 de Noviembre de 1993

NOMBRE DE LA EMPRESA: CONFITECA S.A.

DIRECCION: Panamericana Sur

TELEFONO: ----

ACTIVIDAD: Industrial, productos de consumo masivo,  
confitería.

AREAS EN LA EMPRESA:

Producción: Chicles, Caramelos, Toffees, Chupetería,  
Masticables, Turrone, chocolates.

AREA RELACIONADA: Chicles.

TECNICO ENCARGADO: Sr. Victor Ordoñez. Jefe de Relaciones  
Industriales.

**P R O C E S O**

TITULO: Chicles

OBJETIVO DEL PROCESO: Transformar materias primas en  
productos de consumo masivo.

DESCRIPCION:

Existen un proceso diferente para elaborar cada clase de

chicles; nos centraremos a uno de ellos, el mas elaborado. Todos los ingredientes (sólidos y esencias) entran al mezclador, luego se da forma a la masa en las troqueladoras. Pasa luego a un recubrimiento de la masa (Ir añadiendo capas de azúcar encima). Al final se coloca el sabor. Luego darle brillo al producto mediante un proceso de pulimiento continuo, para finalmente ir el producto al empackado para su salida al mercado.

Proceso Continuo ( )  
 Discontinuo ( x )  
 Otros ( )

Esquema: (Adjuntar hoja si es posible)

No se obtuvo esquema general de la planta.

a.) *COLORANTES UTILIZADOS*

Nombre	Composición	Importancia (principal/secundaria)
Rojo # 3 (Pink) Color	----	Principal
Rojo # 40	----	Principal
Azul # 1	----	Principal
Amarillo # 5	----	Principal
Amarillo # 6	----	Principal
Verde Quito, solo aquí	----	Principal

Ubicación (respecto al resto del proceso)

Entrada ( x )  
 Salida ( )  
 Otro ( )

Observaciones:

Al inicio ya que en la mezclada inicial de todos los

ingredientes, se incluyen los colorantes.

Control de Coloración: Si ( x )  
No ( )

Caso Si

#### Tipo

Manual ( x )  
Automático ( )

#### Variable manipulada

Concentración ( x )      Formulación de concentración  
Coloración ( x )  
Sabor ( )  
Conductividad ( )  
Otro ( )

#### Sensores

Tipo:      Algunos

Ubicación:      En cada tina o bombo.

Descripción:

Existen:      Sensores de Temperatura.

Sensores de Humedad con recubrimiento.

Nanómetros: miden cantidad de aire que tienen que insuflar.

Sensores de medición de Dureza.

Sensores de masa

El proceso de automatización es mecánico; en el cual se está pasando de un proceso continuo a discontinuo.

#### Transmisión

Distancia del sensor al indicador y/o controlador:

A la vista del operador.

Tipo de cable: Depende del caso.

## Tipo de transmisión

Por voltaje ( x ) 110v , 220v  
 Por corriente ( ) Todo operador solo tiene un  
 pushbottom que manejar  
 Serial ( )  
 Paralelo ( )  
 Otro ( )

## Actuadores

Tipo (dimensiones)

Ubicación (distancias)

## Descripción:

Consola está afuera del ambiente de trabajo de la  
 empresa.

## b.) LIQUIDO UTILIZADO

Nombre: Esencia del determinado sabor

Control Si ( x )  
 No ( )

Caso si:

## Tipo

Nivel ( )  
 Volúmen ( x )  
 PH ( )  
 Conductividad ( )  
 Impurezas ( )  
 Otro ( )

Flujo Si ( )  
 No ( )

## Valor

En mezclador no se controla el  
 flujo. En el relleno líquido si

hay control del flujo..

*c.) OTROS COMPONENTES AÑADIDOS*

Nombre	Composición
Colorantes	----
Saborizantes	----
Azúcar	----

Control de Variables de interés relacionadas al proceso

Componente	Control	Importancia (principal/secundaria)
------------	---------	---------------------------------------

En todos los procesos existe el control, de acuerdo al tipo de control, incluso hasta el empacamiento.

*d.) OTRAS VARIABLES CONTROLADAS EN EL PROCESO*

- Humedad: es uno de los parámetros muy importantes.
- Aerómetros: miden el flujo del viento.
- Cámaras de enfriamiento o de simulación de humedad de la costa y del oriente.

## E N C U E S T A 3

FECHA: 15 de Diciembre de 1993

NOMBRE DE LA EMPRESA: BEBIDAS ANDINAS S.A.

DIRECCION: Av. Maldonado 11-120

TELEFONO: 261966 - 268457

ACTIVIDAD: Embotelladora de Gaseosas.

AREAS EN LA EMPRESA: Producción; Control de Calidad;  
Preparación de Jarabes, Tratamiento de  
Agua, Microbiología; Mantenimiento  
Eléctrico y Mecánico; Stock; Ventas;  
Administración.

AREA RELACIONADA: Producción de cola.

TECNICO ENCARGADO: xxxx

*P R O C E S O*

TITULO: Embotellado. Producción de cola.

OBJETIVO DEL PROCESO:

- Cocimiento del jarabe simple en Marmita (cocina a través de vapor).
- Filtración.
- Enfriamiento con intercambiador de calor.
- Almacenamiento del jarabe simple en tanques de acero

- inoxidable.
- Dosificación de esencias.
- Control de Calidad.
- Embotellado o Producción.

#### DESCRIPCION:

Primeramente se procede a Estibar o colocar botellas sucias en transportadores. Luego en la Desencajonadora se saca las botellas de las jabas y se pone en línea para el embotellado. En la Lavadora se consta con 3 tanques con solución de sosa cáustica a diferente concentración y diferente temperatura; las botellas se colocan en canastas sumergiéndolas en el agua tibia, donde inyectores y roceadores riegan el agua con la sosa a las botellas para lavarlas de todos los ángulos posibles. Se procede a la revisión visual de las botellas vacías (2 personas con lámparas). Posteriormente se envía las botellas a la Máquina llenadora donde se introduce la *mezcla* desde el Roblemix compuesto por *jarabe preparado, agua pura sin microorganismos y gas*. El Roblemix es un aparato que incluye un pre-carbonatador, carbonatador y la mezcla indicada anteriormente, además tiene su propio enfriador. Luego sigue el proceso con el coronado donde se ponen los tillos a las botellas a una velocidad aproximada de 50 botellas por minuto con la ayuda de 60 válvulas.

Con la ayuda de un visor se observa al producto terminado para ver si tiene alguna falla.

Posteriormente se lleva las botellas a la Encajonadora para su posterior almacenamiento y venta.

Proceso Continuo ( )  
 Discontinuo ( x )  
 Otros ( )

Esquema: (Adjuntar hoja si es posible)

Ver figura 1.9.

a.) *COLORANTES UTILIZADOS*

Nombre	Composición	Importancia (principal/secundaria)
A	----	Principal
B	----	Principal
C	----	Principal

Ubicación (respecto al resto del proceso)

Entrada ( )

Salida ( )

Otro ( x )

Observaciones: Respecto al resto del proceso total, este proceso de embotellado sería Intermedio.

Control de Coloración: Si ( )  
No ( x )

Caso Si

Tipo

Manual ( )

Automático ( )

Variable manipulada

Concentración ( x )

Coloración ( x ) Visual, Código 207 dado por C. Calidad

Sabor ( x ) Gusto

Conductividad ( )

Otro ( x ) Olor

Sensores

Tipo

Ubicación

Descripción: No existen ningún tipo de sensores en este proceso.

Transmisión

Distancia del sensor al indicador y/o controlador:

Tipo de cable:

Tipo de transmisión

- Por voltaje ( )
- Por corriente ( )
- Serial ( )
- Paralelo ( )
- Otro ( )

Actuadores

Tipo (dimensiones)

Ubicación (distancias)

Descripción: No existen actuadores

b.) LIQUIDO UTILIZADO

Nombre: Agua tratada (analizada microbiológicamente)

Control Si ( x )  
 No ( )

Tipo

- Nivel ( )
- Volúmen ( )

PH ( x )  
 Conductividad ( )  
 Impurezas ( x ) Bacterias, hongos, levaduras.  
 Otro ( )

Todo esto lo realiza y es parte del Control de Calidad.

Flujo Si ( ) Valor  
 No ( )

*c.) OTROS COMPONENTES AÑADIDOS*

Nombre	Composición
----	----
----	----

Control de Variables de interés relacionadas al proceso

Componente	Control	Importancia (principal/secundaria)
-	Volúmen Gas CO <sub>2</sub>	Principal
-	BRIXS Concent. azúcar	Principal
-	Acidez titulable (PH)	Principal
-	Volúmen líquido c/botella	Principal

*d.) OTRAS VARIABLES CONTROLADAS EN EL PROCESO*

- Presión en el Precarbonatador, en el Carbonatador, en la mezcla hecha en el Roblemix. Se controla que exista flujo continuo en la Llenadora.
- Control de la Temperatura.

- Control de la Sosa Caústica en la Lavadora.
- Concentración de cloro en el tratamiento de agua (se coloca de 7 a 8 PPM de cloro para matara las bacterias).
- Control de la velocidad de la Llenadora, es decir control de la velocidad del transportador, debe estar de 250 a 300 botellas por minuto cuando se trabaja normalmente, pero se puede subir la producción a 400 botellas por minuto en caso de exceso de demanda.

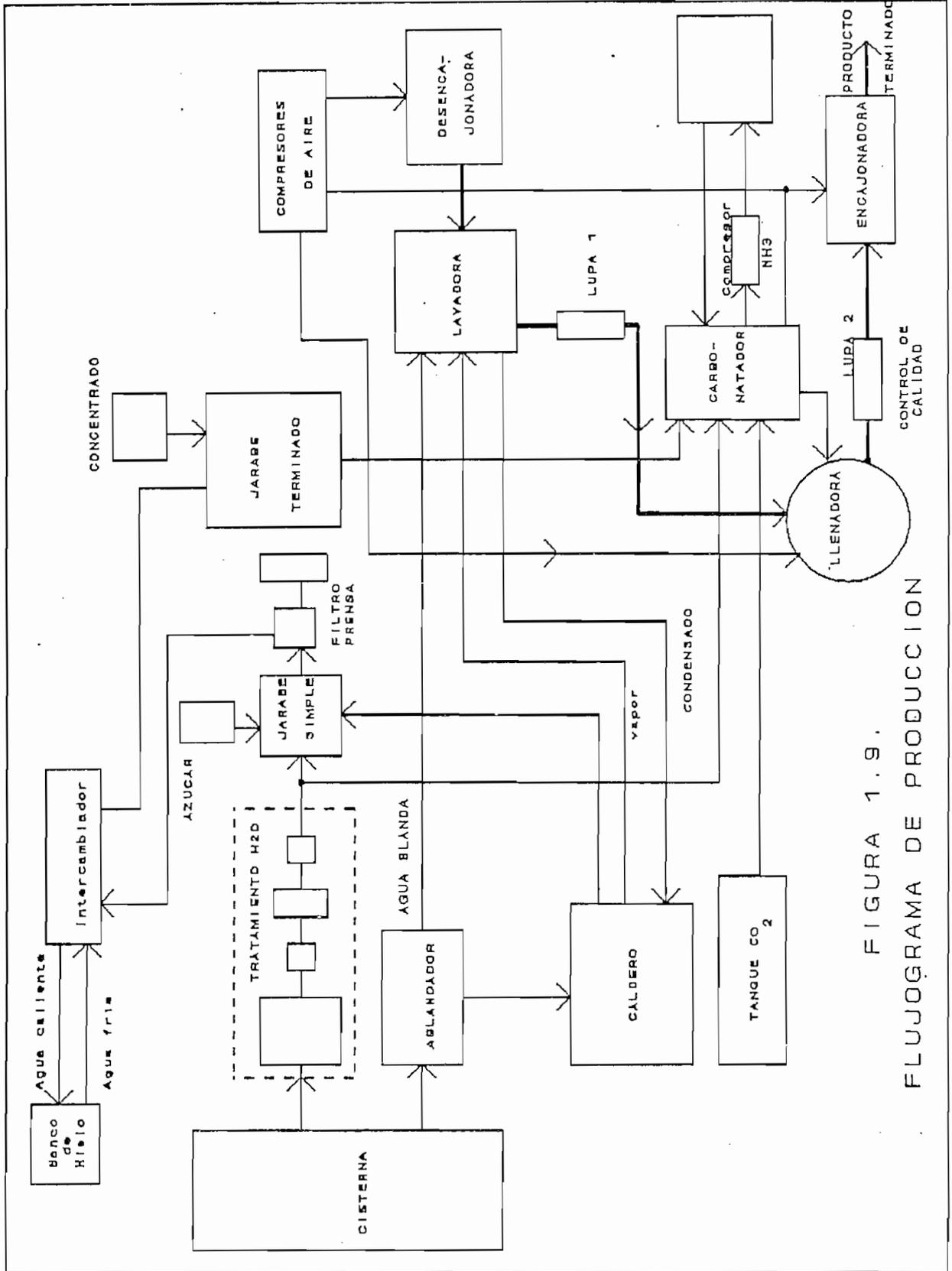


FIGURA 1.9.  
FLUJOGRAMA DE PRODUCCION

## E N C U E S T A 4

FECHA: 22 de Diciembre de 1993

NOMBRE DE LA EMPRESA: Textil Equinoccial. La Internacional S.A.

DIRECCION: San Antonio de Pichincha.

TELEFONO: -----

ACTIVIDAD: Textiles en general de hilo grueso e hilo fino.

AREAS EN LA EMPRESA:

Administración, Guardiana, Preparación de Hilatura, Hilatura, Preparación de Tejeduría, Tejeduría Sulzer, Tejeduría Picañol, Control de Calidad, Relaciones y Servicios Industriales.

AREA RELACIONADA: Preparación de Tejeduría

TECNICO ENCARGADO: xxx

*P R O C E S O*

TITULO: Tinturación del hilo grueso

OBJETIVO DEL PROCESO: Coloración del hilo grueso para la fabricación de la tela del Indigo

DESCRIPCION:

El hilo grueso que viene de el área de Hilatura en forma de madejas de 5000 a 10000 metros de longitud es colocado

en un número de 12 madejas a un proceso continuo de rodillos. Se inicia con el llevado de estos hilos a la tina de *descruce* donde se moja al hilo, luego sigue a la tina de *lavado* donde se lo lava en solución concentrada de sosa caústica.

Luego, el proceso continuo pasa a las tinajas propias de *tinturación* donde se va tiñiendo con el color deseado al hilo de una manera que en inicio se tiña de forma suave y en la última tina se tinte fuertemente porque allí existe una mayor concentración del colorante (pigmento de colorante) en la solución compuesta por Hidrosulfito, Sosa y agua. En este paso del proceso se tiene a una persona que revisa de que en el tren de innumerables hilos no se produzcan trabazones o enredos.

Luego, se pasa al proceso de *lavado* en cuyas tinajas nuevamente se añade agua con concentración de Sosa Caústica y con un PH neutro para evitar acidez o basicidad.

Finalmente se introducen los hilos a la *Secadora* que consiste en varios rodillos de gran diámetro que se encuentran a altas temperaturas y que por fricción con el hilo estirado en dichos tambores hacen que este salga seco.

Proceso Continuo        ( )  
 Discontinuo        ( )  
 Otros                ( x )        Continuo cuando la maquinaria y los horarios de trabajo lo permiten.

Esquema: (Adjuntar hoja si es posible)

Observar proceso de tinturación del indigo en la figura

1.10.

a.) *COLORANTES UTILIZADOS*

Nombre	Composición	Importancia (principal/secundaria)
--------	-------------	---------------------------------------

Se utilizan diferentes colores de Indigo (Azul, Negro, Café, Azul tenue o Celeste, Rojo, Verde, etc). Todos estos colores se adquieren de pigmentos nacionales e importados y su importancia no es solo principal sino *fundamental* en la fabricación posterior de la tela Indigo, sostén económico de la planta.

Ubicación (respecto al resto del proceso)

Entrada ( )

Salida ( )

Otro ( x )

Observaciones:

Intermedio

Control de Coloración: Si ( x )

No ( )

Caso Si

Tipo

Manual ( x )

Automático ( )

Variable manipulada

Concentración ( x ) Del pigmento colorante empleado

Coloración ( x ) Visual y Regularizada.

Sabor ( )

Conductividad ( )

Otro ( )

### Sensores

Tipo

Ubicación

Descripción

-----

### Transmisión

Distancia del sensor al indicador y/o controlador:

Tipo de cable:

Tipo de transmisión

Por voltaje ( )

Por corriente ( )

Serial ( )

Paralelo ( )

Otro ( )

### Actuadores

Tipo (dimensiones)

Ubicación (distancias)

Descripción

### b.) LIQUIDO UTILIZADO

Nombre: Agua caliente a 80 °C

Control Si ( x )

No ( )

Tipo

Nivel	( x )
Volúmen	( x )
PH	( x )
Conductividad	( )
Impurezas	( )
Otro	( )

Flujo	Si ( x )	Valor ----
	No ( )	

*c.) OTROS COMPONENTES AÑADIDOS*

Nombre	Composición
- Hidrosulfito	2,5 gr/litro
- Sosa Adicionada	----
- Hidrosulfito adicionado	----
- Agua Oxigenada	----

Control de Variables de interés relacionadas al proceso

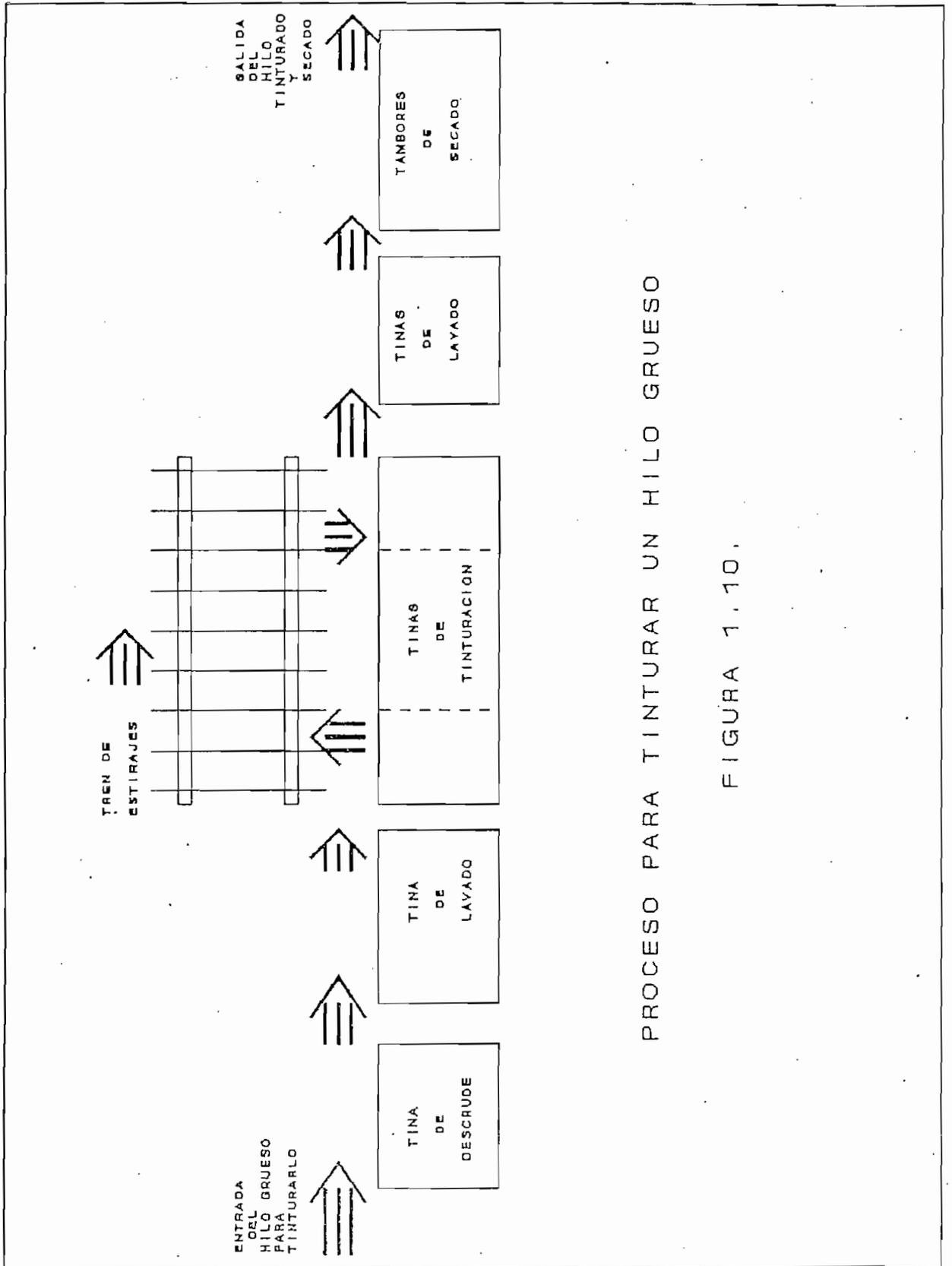
Componente	Control	Importancia (principal/secundaria)
PH	cada tina	Principal
Temperatura	cada tina	Principal

*d.) OTRAS VARIABLES CONTROLADAS EN EL PROCESO*

- Presión de rodillos por donde pasa el hilo
- Número de pesas en cada tina que ayudan a dar mayor o menor presión a los rodillos por donde transita el hilo

durante su tinturación.

- Control de alimentación adecuada de agua a las tinajas.
- Control de alimentación de energía a el proceso.
- Control de Adicionamiento de Sosa Caústica y de Agua Oxigenada a cada una de las tinajas.



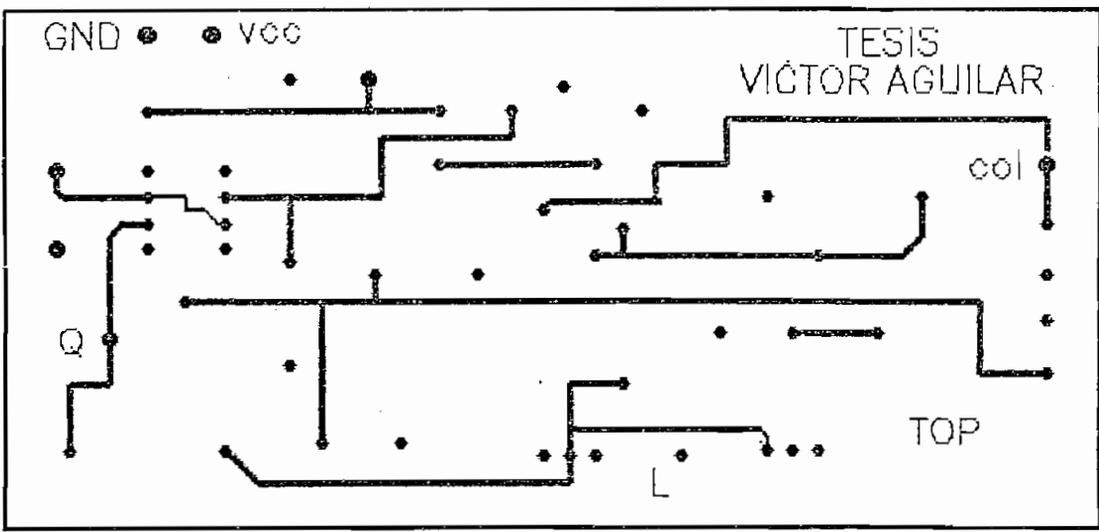
PROCESO PARA TINTURAR UN HILO GRUESO

FIGURA 1.10.

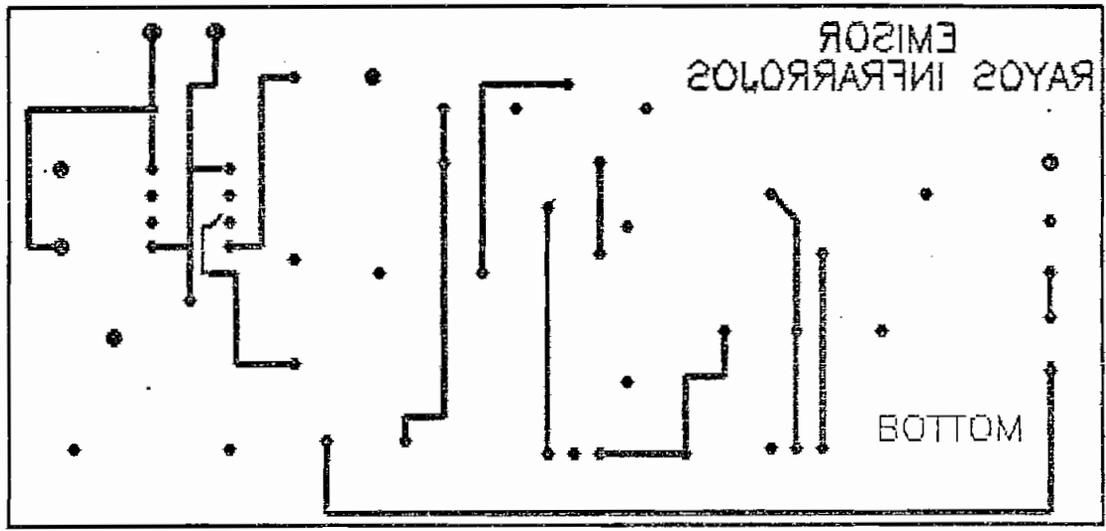
A P E N D I C E      I I

" C I R C U I T O S    I M P R E S O S "

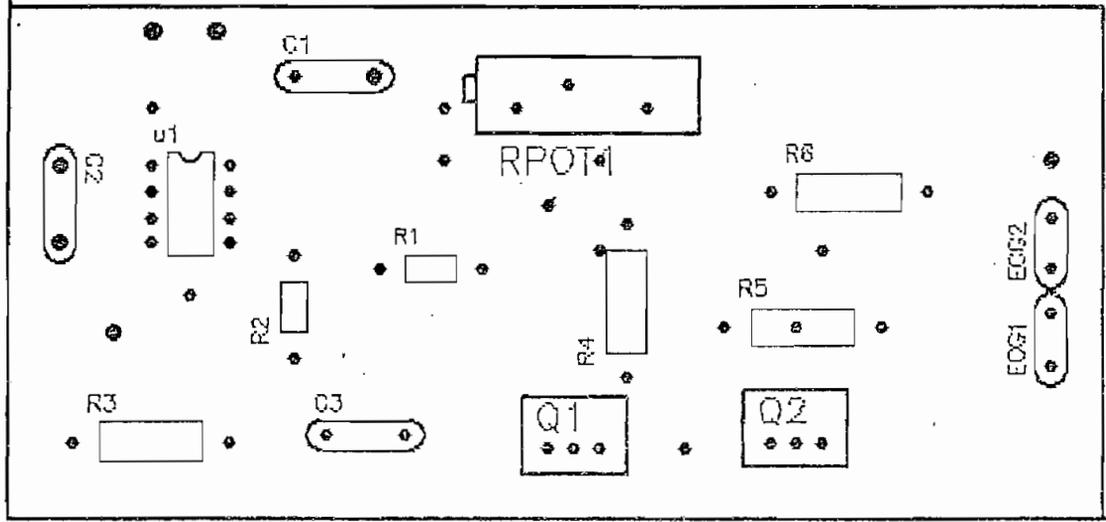
CIRCUITO EMISOR. LADO SUPERIOR



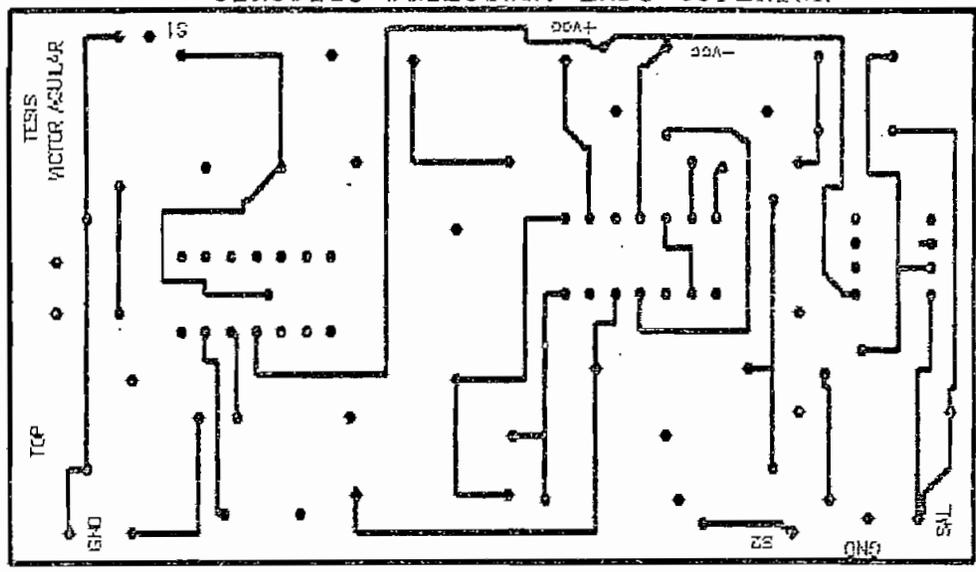
CIRCUITO EMISOR. LADO INFERIOR



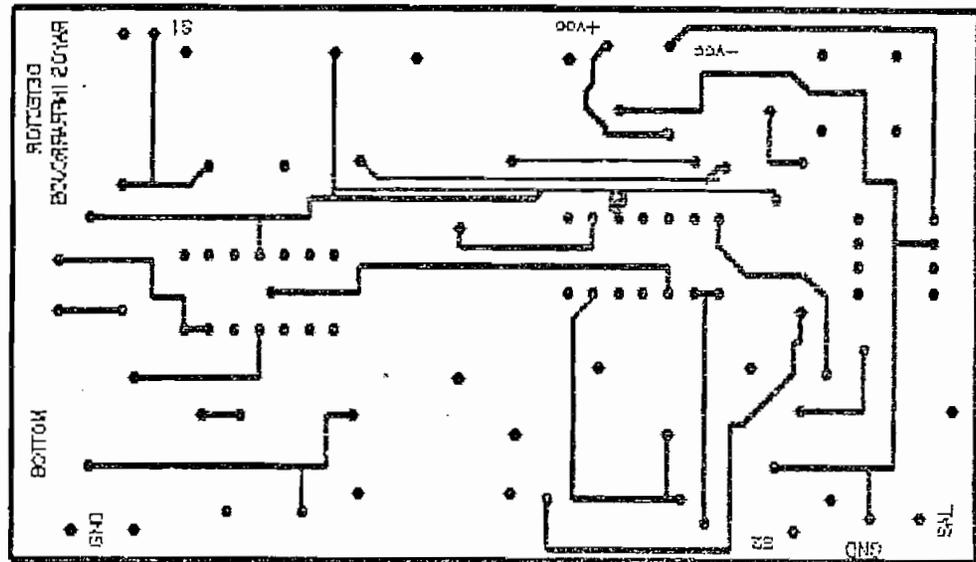
CIRCUITO EMISOR. SILUETA DE COMPONENTES



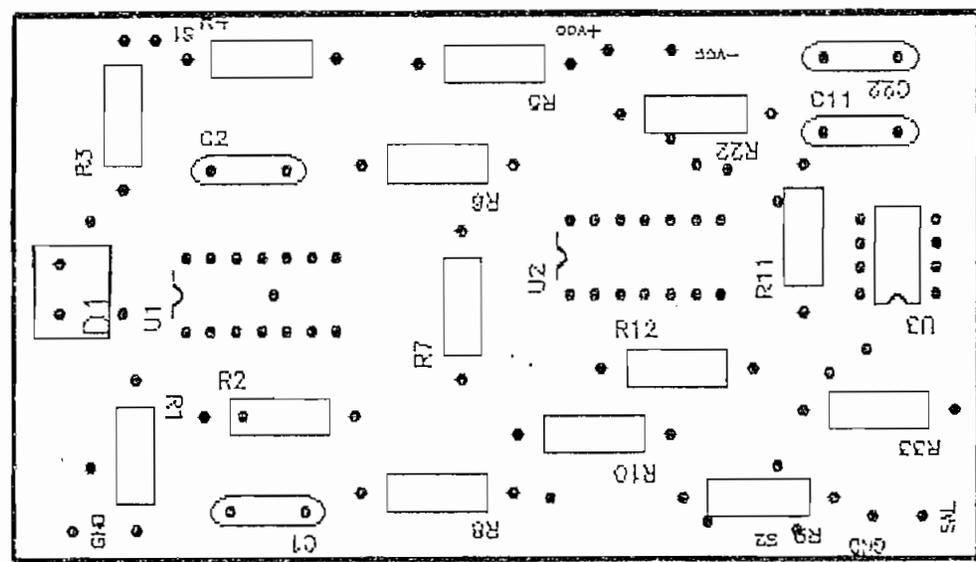
CIRCUITO DETECTOR. LADO SUPERIOR

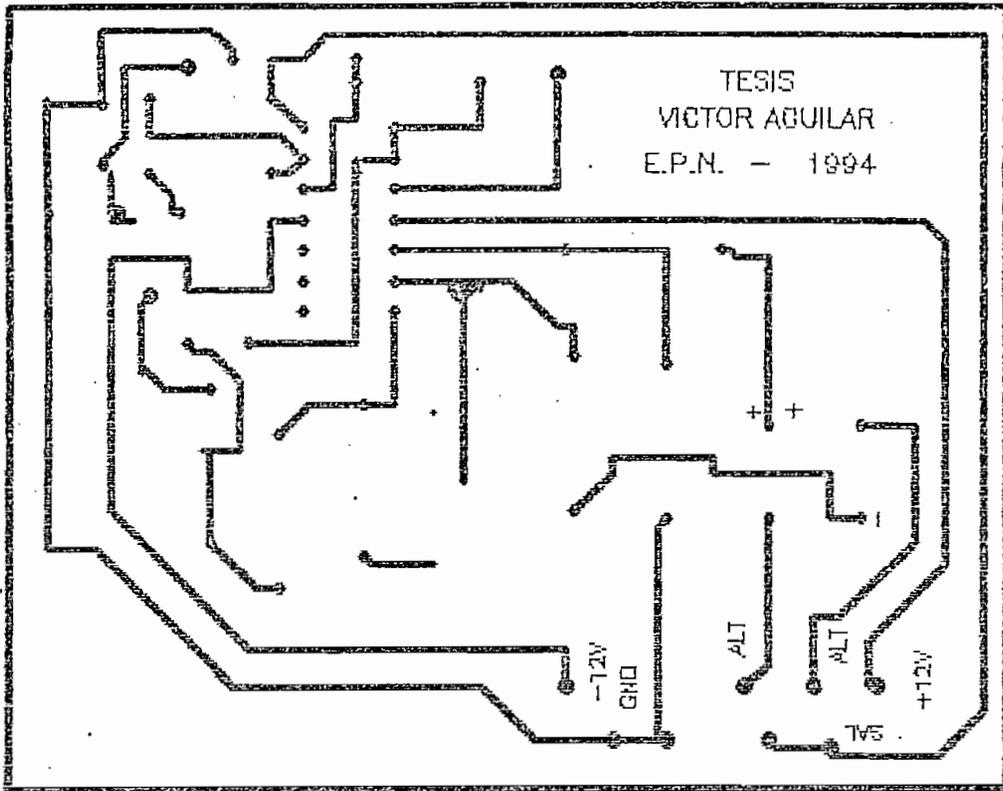


CIRCUITO DETECTOR. LADO INFERIOR



CIRCUITO DETECTOR. SILUETA COMPONENTES





ACONDICIONADOR DE SEÑAL. SILUETA DE COMPONENTES

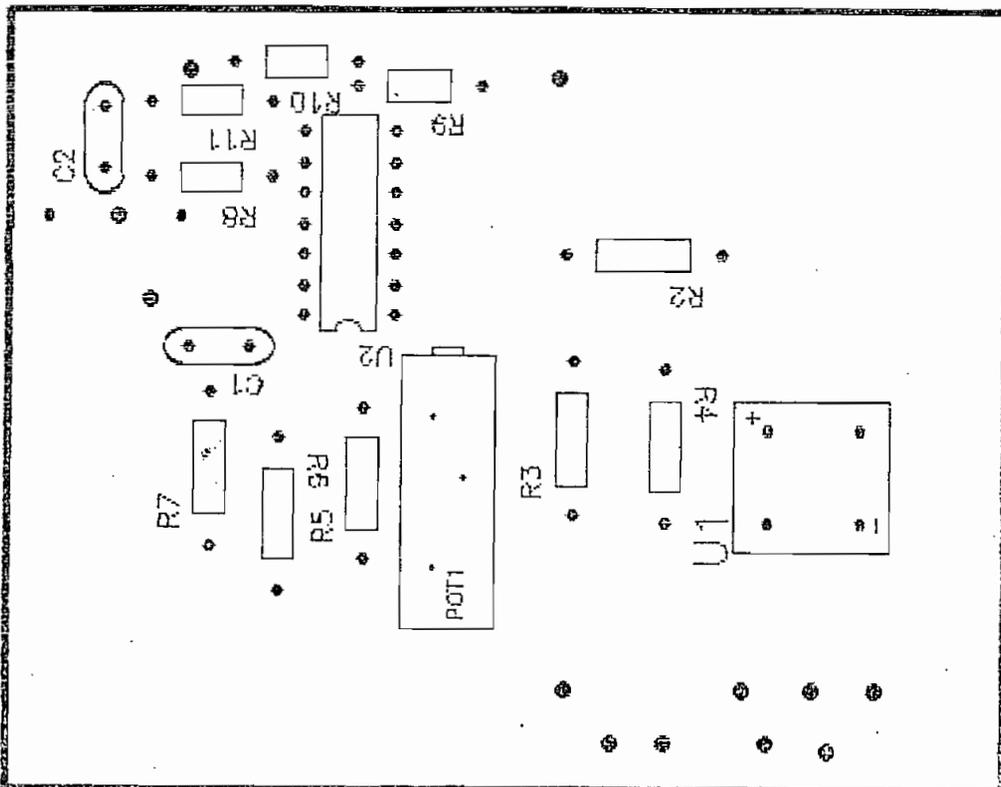
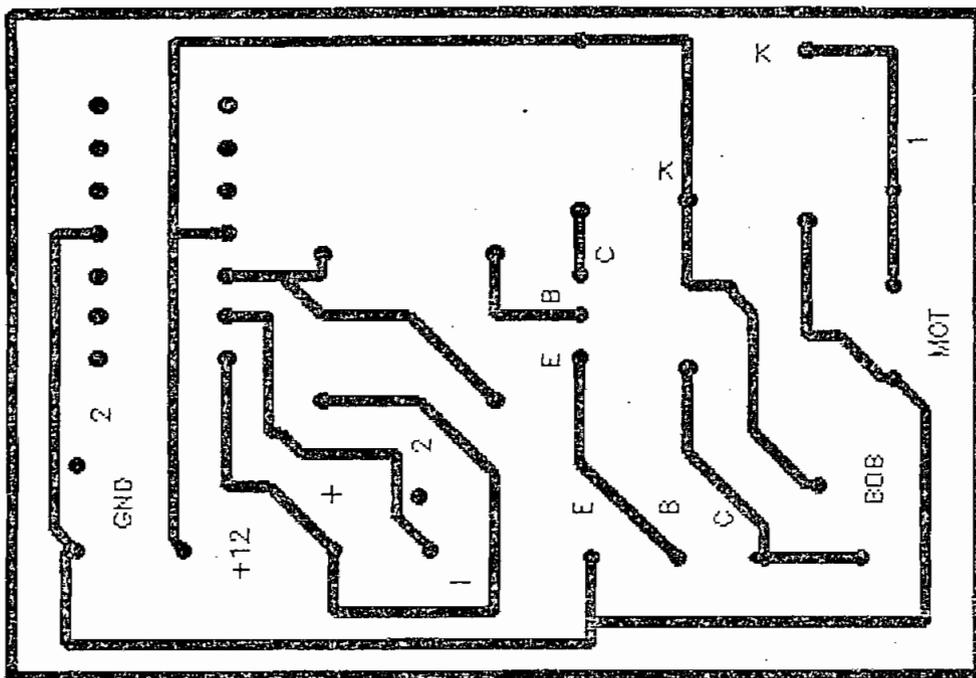


FIGURA No. APII. 3



CIRCUITO DE MANEJO DEL MICROMOTOR. SILUETA DE COMPONENTES

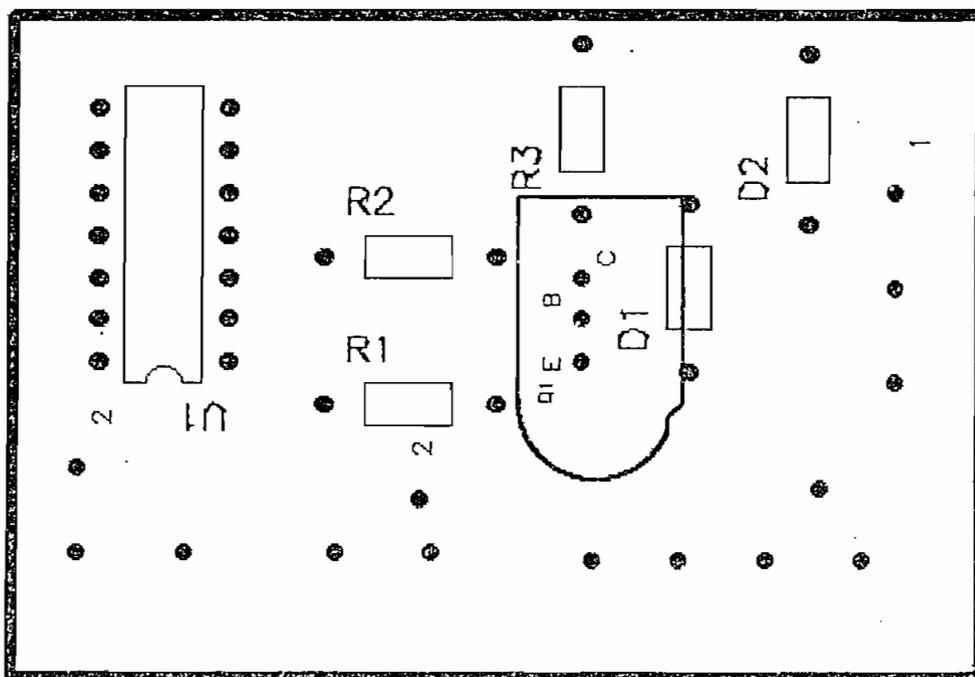


FIGURA No. APII.4.