

  
Casa abierta al tiempo  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA/ IZTAPALAPA.

# REPORTES DE BIOTECNOLOGIA

FERMENTADOR PEIRIN IRCHA  
MANUAL DEL USUARIO

REALIZADO POR:  
Gilles BACQUET  
Raúl LOPEZ ULIBARRI

**CRSICM**  
INSTITUT FRANÇAIS  
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

## No. 3

Dentro del convenio de Cooperación Científica entre ORSTOM (Francia) y el CONACYT (México) se llevó a cabo este trabajo en la Planta Piloto de fermentaciones en Medio Sólido del Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana d'Iztapalapa (UAM-1). El autor agradece al Dr. Sevastianos ROUSSOS y Wilfrido RODRIGUEZ por la edición de este reporte.



Casa abierta al mundo  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA/ IZTAPALAPA

Av. Michoacán y La Purísima, Iztapalapa,

Apartado postal 55-532, México 13, D.F.

Teléfono: 686-03 22, 686-16-11



INSTITUT FRANÇAIS  
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

MISSION ORSTOM-MEXIQUE

Colle Homero 1801-404  
Colonia Los Morales  
11510 México, D. F.

F E R M E N T A D O R

P E T R I N I R C H A

MANUAL DEL USUARIO

Róal López Ulibarri y Gilles Bacquet

Planta Piloto de Fermentaciones

Departamento de Biotecnología

Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa

M E X I C O

Julio 1986

## INDICE

	pagina
PRECAUCION	1
INTRODUCCION	2
I. FERMENTADOR	3
II. EQUIPO DE CONTROL AUTOMATICO	5
II.1 Unidad de alimentación general de aire comprimido	5
II.2 Unidad de electroválvulas	6
II.3 Unidad de la válvula automática	6
II.4 Unidad de regulación de temperatura con su programador	6
II.5 Unidad de pH	8
II.6 Unidad del registrador	9
II.7 Unidad de registro de peso	9
II.8 Bombas volumétricas	10
III. OPERACION DEL EQUIPO	11
III.1 Instalación y conexiones	11
III.1.1 Servicios requeridos	11
III.1.2 Colocación de los equipos	11
III.1.3 Alimentación y conexiones	11
III.1.4 Encendido de los equipos e instrumentos	13
III.2 Operación	14
III.2.1 Calibración general	14
III.2.2 Gelatinización	15
III.2.3 Fermentación	16
III.3 Mantenimiento	17
III.4 Ayuda	17
III.4.1 Irregularidades	18
III.4.2 Emergencias	19
ANEXOS	20

```
*****  
*  
*           P R E C A U C I O N           *  
*                                           *  
*****
```

Se recomienda NO TRATAR DE OPERAR CUALQUIERA DE LOS EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS ANTES DE LEER COMPLETAMENTE EL PRESENTE MANUAL DEL USUARIO.

Una vez hecho esto, se recomienda identificar cada una de las partes que se señalan en la descripción del equipo CON LA AYUDA DEL MANUAL.

Se recomienda NO ABRIR LOS PANELES DE CONTROL CUANDO EL EQUIPO ESTA ENCENDIDO.

ES NECESARIO EVITAR DESCARGAS DE CORRIENTE ESTATICA A LOS CIRCUITOS ELECTRONICOS, lo que se logra tocando antes el soporte interno de los paneles.

Cuando se va a operar el equipo (una vez instalado sección III) verificar que TODOS LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS ESTEN CORRECTAMENTE CONECTADOS Y ALIMENTADOS (corriente eléctrica y aire comprimido).

En caso que se requieran mayores especificaciones técnicas de los instrumentos y equipos, se recomienda CONSULTAR LOS ANEXOS TECNICOS ESPECIFICOS.

## INTRODUCCION

El presente manual es un documento técnico de un equipo piloto para fermentaciones en medio sólido construido en Francia por el Instituto Nacional de Investigación en Química Aplicada (IRCHA).

El equipo consta de tres partes principales: el fermentador, el equipo de control automático y los periféricos (fotografía 1).

El fermentador consiste en una olla de tipo amasadora de harina, con doble fondo con perforaciones y un brazo agitador adentro (Sección I).

El equipo de control automático se divide en tres paneles: panel de control general, panel de registro y panel de aeración (Sección II).

Finalmente los equipos periféricos consisten en: 2 bombas volumétricas y una balanza con registrador digital (Sección II).

En la tercera sección del manual se describen los servicios requeridos y las instrucciones de instalación y operación, detallándose los datos de funcionamiento de cada equipo.

Para ampliar las especificaciones técnicas específicas respecto a los instrumentos y equipos, se cuenta con algunos anexos proporcionados por los fabricantes, de esta manera, se presentan anexos para:

- la báscula de 600 Kg de capacidad,
- las bombas volumétricas,
- circuitos eléctricos del sistema de control general,
- el sistema del programador de operaciones,
- el controlador de temperatura y
- el registrador potenciométrico.

## I. FERMENTADOR (fotografías 1 y 2)

El fermentador consta de una olla tipo amasadora de harina con doble fondo y perforaciones para aeración y de un brazo agitador. Tiene dos motores, uno para el agitador y otro para la rotación de la olla, ambos con velocidad variable. Su tablero de control posee:

- interruptor principal de encendido-apagado,
- interruptores independientes tanto de encendido como de apagado para cada motor,
- botón para control manual o automático,
- interruptor de emergencia y luz indicadora de alimentación.

El tablero está protegido contra las sobrecargas eléctricas por medio de 2 fusibles térmicos de 6 y 22 amperes de capacidad.

Para realizar el control automático del fermentador, es necesario conectar el cable del tablero al equipo de control descrito en la sección II y poner el botón correspondiente en "AUTO" (ver sección III).

El equipo está soportado en una estructura móvil con ruedas que permite desplazarlo y también posee un dispositivo que facilita depositarlo sobre la balanza girando una manivela. El fermentador tiene una tapa móvil dividida en dos partes: una de protección del brazo agitador y otra con varillas desmontables que sirven de soporte para los sensores de temperatura y pH y para el aspersor.

La olla, para facilitar su descarga y limpieza, tiene la capacidad de levantarse verticalmente (Figura 1), para lo cual se requiere seguir los siguientes pasos:

- abrir el seguro del brazo agitador (a) girando el tornillo de bloqueo (b) y desplazando el tornillo de seguridad (c);
- levantar la tapa del fermentador (d) aprox. 90 grados;
- levantar el brazo agitador (e) aprox. 90 grados;
- girar la palanca del seguro de la olla (f) liberándola;

- quitar la barra de conducción y protección del equipo (g) y
- levantar la olla haciéndola girar hacia el lugar donde se coloca la barra de conducción.

En ésta posición es posible tener acceso al motor de la olla y al sistema de admisión de aire-vapor, el cual consiste en una abrazadera hexagonal que en su interior posee dos empaques cónicos que la hacen hermética.



## II. EQUIPO DE CONTROL AUTOMATICO (fotografía 3)

El equipo de control esta constituido por 6 elementos principales que rigen la totalidad de las operaciones:

- 1 - unidad de alimentación general de aire comprimido;
- 2 - unidad de electroválvulas que distribuye los flujos de aire comprimido según las necesidades y la aereación básica;
- 3 - unidad de regulación de la válvula de aire en función del tiempo;
- 4 - unidad de regulación de temperatura y programador de operaciones;
- 5 - unidad de lectura de pH;
- 6 - unidad del registrador gráfico.

Además, se encuentran los equipos periféricos siguientes:

- 7 - balanza de 600 Kg de capacidad con registrador digital;
- 8 - 2 bombas volumétricas.

### II.1 - UNIDAD DE ALIMENTACION GENERAL DE AIRE COMPRIMIDO (fotografías 6 y 7)

Esta unidad recibe una alimentación de aire comprimido y por medio de 2 manómetros en serie se distribuye con una presión de,

- 4 bares para destapar orificios de aeración
- 2 a 3 bares para la aeración
- el elevador del sensor de pH
- el aspersor de agua

(se recomienda alimentar esta unidad con aire comprimido a 6 bares)

## II.2 - UNIDAD DE ELECTROVALVULAS (fotografías 6 y 7)

Permite la distribución del aire comprimido para las distintas operaciones (Figura 2).

## II.3 - UNIDAD DE LA VALVULA AUTOMATICA (fotografías 6 y 7)

Esta unidad contiene una válvula de alta precisión (Whitey SS2RS4) controlada por un motor paso por paso. El conjunto se controla por un circuito electrónico específico para la regulación con este tipo de motor (SAA 1027). Este circuito de regulación recibe los impulsos de un reloj electrónico (NE 555) necesarios para abrir la válvula según 12 escalas de tiempo de 0.5 hasta 6 horas y además tiene velocidad rápida o lenta para la operación manual de la válvula.

También cuenta con una resistencia variable, acoplada a la válvula, que permite registrar su posición (apertura) y graficarla en el canal 4 del registrador.

## II.4 - UNIDAD DE REGULACION DE TEMPERATURA CON SU PROGRAMADOR (fotografía 4)

Esta unidad esta constituida por:

- 2 relojes -----> tiempo de agitación  
  -----> tiempo de espera entre cada ciclo
- 1 regulador de temperatura
- 1 programador con discos que determinan el orden y duración de las operaciones durante un ciclo de agitación
- 1 motor a velocidad constante que actúa sobre una resistencia variable para el registro del tiempo acumulado de agitación ( canal 2 del registrador)

## FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMADOR

El conjunto de las operaciones esta determinado por el programador cuyos discos No.1 y No.2 corresponden a las posiciones de espera entre cada ciclo y durante la agitación, respectivamente. (Figura 3)

El disco No.1 conecta el reloj del tiempo de espera programado entre cada ciclo de agitación. Después de este tiempo el programador se activa y al girar pone en marcha las operaciones siguientes:

- registro en memoria del nivel actual del pH (para decidir la adición de álcali);
- apertura de la válvula de aire del circuito del aspersor;
- elevación del sensor de pH y
- se coloca en posición de espera No 2 y se detiene.

En esta posición se activa el reloj del tiempo de agitación durante lo cual el equipo realiza las operaciones siguientes:

- activar motores de agitación (brazo agitador y olla) y el motor de registro del tiempo de agitación (resistencia);
- apertura de la válvula de aire al fermentador;
- activar bomba de agua en el sistema del aspersor y
- activar bomba de álcali si el pH es inferior a la referencia.

Al final del tiempo de agitación, el programador se activa nuevamente y realiza las siguientes acciones:

- desconectar motores (brazo agitador, olla y registrador del tiempo de agitación);
- desconectar bombas (agua y álcali);
- desconectar la apertura de la válvula de aire al fermentador;
- bajar el sensor de pH a la masa;
- cerrar válvula de aire del circuito del aspersor;

- activar registro de pH;
- cerrar válvula del circuito de aire al rotámetro;
- descarga de aire a presión máxima al fermentador para destapar los orificios de aeración (5 segundos);
- reestablecer nivel de aeración normal, con lectura de gasto en el rotámetro y
- el programador se coloca en la posición de espera inicial.

Cuando la temperatura de la masa es superior a la de referencia, el controlador de temperatura rompe el ciclo de espera normal y el programador inicia un ciclo de agitación hasta llegar a la posición de espera No.2; se mantiene así hasta lograr una temperatura inferior a la de referencia. En ese momento se completa el ciclo descrito.

El tiempo mínimo de espera entre dos ciclos completos es de 1 minuto (duración de una vuelta del programador).

#### II.5 - UNIDAD DE PH (fotografía 5)

Este equipo consta de un potenciómetro y un regulador con indicador de cuarzo líquido conectado al canal 3 del registrador gráfico. Al frente presenta los controles que permite su calibración y seleccionar el pH de referencia los cuales se señalan en la figura 4.

El control de pH es de tipo todo/nada (Figura 5) y actúa sobre una bomba volumétrica que adiciona una solución alcalina al circuito de espreado durante el ciclo de agitación, cuando la lectura registrada es inferior al nivel de referencia. Esto último se hace necesario en el caso que se requiera controlar el pH de forma artificial, aunque se recomienda utilizar amortiguadores biológicos en el medio de cultivo (como urea).

NOTA: el electrodo de pH requiere una solución 1.0 molar de KCl.

**\*\* PARA MAYOR INFORMACION CONSULTAR EL ANEXO ESPECIFICO \*\***

**II.6 - UNIDAD DEL REGISTRADOR (fotografía 3)**

Este registrador gráfico realiza lecturas simultáneas de 6 canales diferentes y tiene una velocidad de avance del papel que permite relacionar la distancia recorrida con el tiempo. En su parte interna se localizan los controles de calibración para la escala, velocidad de avance del papel y velocidad de impresión de las plumillas. Las plumillas son intercambiables de forma sencilla al igual que el papel. Para detalles de operación o modificación consultar manual específico (JUMO Measure et regulation).

La especificación de los canales es la siguiente:

Canal 1: temperatura del producto (violeta)

Canal 2: ciclos de agitación (café)

Canal 3: pH (azul)

Canal 4: apertura de la válvula de aire  
(café rojizo)

Canal 5: temperatura No.2 (verde)

Canal 6: peso (negro)

**\*\* PARA MAYOR INFORMACION CONSULTAR EL ANEXO ESPECIFICO \*\***

**II.7 - UNIDAD DE REGISTRO DE PESO (fotografías 3 y 8)**

Este equipo consta de una balanza con capacidad máxima de 600 Kg y un registrador digital que registra el peso total del fermentador. Al lado de la lectura digital se encuentran los controles para determinar: cero correcto, tara a cero, inmovilidad y teclas de prueba. La lectura digital del peso se reporta en el canal 6 del registrador en forma continua.

**\*\* PARA MAYOR INFORMACION CONSULTAR EL ANEXO ESPECIFICO \*\***

## II.8 - BOMBAS VOLUMETRICAS

Son bombas ajustables en volumen unitario y en frecuencia de pulsación. Se calibran al inicio de cada experimento para que operen a un gasto determinado, tanto para adicionar agua o álcali según los requerimientos específicos. El rango de operación varía desde 0.02 hasta 2.8 ml/min.

**\*\* SE RECOMIENDA EVITAR PRENDER Y APAGAR DEMASIADO \*\***

**\*\* LAS BOMBAS PARA NO DAÑAR SUS CIRCUITOS ELECTRONICOS \*\***

**\*\* PARA MAYOR INFORMACION CONSULTAR EL ANEXO ESPECIFICO \*\***

### III. OPERACION DEL EQUIPO

#### III.1 INSTALACION Y CONEXIONES :

##### III.1.1 Servicios requeridos

**Instalación eléctrica :** 110 volts 60 Hertz monofásica (positivo y neutro) y con tierra física ( ± 10% de tolerancia)

**Aire comprimido :** de compresora con filtro de aire, presión mínima de 4 bars.

**Vapor :** de caldera con regulador, presión requerida = 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

##### III.1.2 Colocación de los equipos (fotografía 1)

Se recomienda colocar los equipos con sus periféricos de la forma señalada en la fotografía citada.

##### III.1.3 Alimentación y conexiones (fotografías 4,5 y 6)

El fermentador puede funcionar tanto manualmente como de manera completamente automatizada. Por esta razón casi la totalidad de las conexiones salen o pasan a través del equipo de control.

Las conexiones se realizan por la parte trasera del equipo.

Por este propósito, es necesario retirar las tapas traseras del rack para tener acceso a las conexiones de cada panel.

Los paneles son movibles independientemente por medio de un soporte con ruedas que permite sacarlos por el frente y tener acceso al interior de cada uno.

Al panel de control general, panel superior (fotografía 4), se conectan (de izquierda a derecha):

- el cable de control del tablero del fermentador (motores);

- salida del cable al panel de registro gráfico;
- salida de los cables al panel de aeración;
- entrada del cable del sensor de temperatura 2 (opcional);
- entrada del cable del sensor de temperatura del fermentador y
- fusible (1.5 Amp.).

Al panel de registro y lectura de pH, panel central (fotografía 5), se conectan (de izquierda a derecha):

- entrada del cable del registrador de la balanza;
- entrada del cable del sensor de pH;
- salida del cable de control de la bomba de agua;
- salida del cable de control de la bomba de álcali y
- salida analógica a interfase (ADALAB).

Al panel de aeración, panel inferior (fotografía 6), se conectan (de izquierda a derecha):

- entrada de la manguera de alimentación general de aire comprimido (6 bares);
- salida de la manguera al rotámetro;
- entrada de la manguera del rotámetro;
- salida de la manguera para elevación del sensor de pH;
- salida de la manguera para descenso del sensor de pH;
- salida de la manguera para el aspersor y
- salida de la manguera para aeración del fermentador.

Para completar la instalación del equipo, se necesita:



- conectar la manguera de entrada de aire al fermentador;
- conectar las mangueras de entrada de aire al elevador del sensor de pH (inferior: elevar, superior: bajar);
- unir las mangueras de las salidas de las bombas y la entrada de aire al aspersor y conectar este circuito al aspersor (Figura 6);
- conectar el cable de la balanza al enregiistrador digital y
- verificar la alimentación del fluido respectivo de las bombas en tanques de 10 litros mínimo.

#### III.1.4 Encendido de los equipos e instrumentos.

Para encender los equipos e instrumentos del fermentador se requiere realizar las conexiones y alimentación referidas en la sección anterior (sección III.1.3); VERIFICAR que el tablero de control del fermentador esté colocado en posición "MANUAL" y su perilla de encendido (color negro) se encuentre en posición "0", VERIFICAR que  TODOS  los contactos de control estén colocados en posición "CERO" y conectar  TODAS  las unidades que requieran energía eléctrica (que son todas, excepto el panel de aeración).

En el caso del tablero del fermentador, para encender el equipo, la perilla de encendido se coloca en posición "1" girandola en el sentido de las manecillas del reloj y la luz del indicador de encendido "EN SERVICE" se encenderá indicando que esta alimentado. El botón de paro de emergencia (color rojo) debe estar desconectado. Esto se verifica girandolo en el sentido del movimiento de las manecillas del reloj, si salta a una posición mas alejada del tablero significa que se encontraba enganchado en la posición de "encendido", si no es así se encontraba "desconectado".

Una vez realizadas las operaciones anteriores, los paneles de control y de registro se encienden colocando los contactos de encendido en posición "M" (de en marcha), que para el caso del primero se localiza en la parte inferior izquierda del panel de control, y los del panel de registro se localizan: el de registro y control de pH, en la parte superior del potenciómetro (zona central superior del panel) y el del registrador potenciométrico en la parte

superior del tablero de la carta de registro (Fotografía 3). Al hacerlo, se encenderán las luces indicadoras de encendido situadas junto a los interruptores.

### III.2 OPERACION

```
*****
*
* LA CARGA MINIMA DEL REACION SE DEFINE POR EL NIVEL DE SUSTRATO *
* SECO NECESARIO PARA TOCAR LA PARTE INFERIOR DEL SENSOR DE *
* TEMPERATURA Y LA MAXIMA SE DETERMINA CUANDO EL NIVEL DEL MISMO *
* A LA HUMEDAD DE OPERACION, ALCANZA ENTRE 5 Y 10 CM. DEL DOMO. *
*
*****
```

\*\*\*\*\*

#### III.2.1 Calibración general

a) Bombas: ajustar el gasto deseado para cada bomba (ver sección II.8).

b) pH: calibrar el potenciómetro con dos soluciones buffer, sumergiendo el sensor y el cable de tierra (negro) en estas. El primer buffer se ajusta girando el segundo tornillo de arriba a abajo del lado izquierdo (letra "E") y el segundo girando el tornillo abajo de éste (también letra "E") situados en el tablero del potenciómetro (panel central) - ver sección II.5 - . Para seleccionar el pH de referencia, inclinar la palanca superior a la derecha (posición "2or") para visualizar la referencia actual señalada con un signo negativo y ajustar la nueva referencia girando el tornillo superior del lado derecho (hoyo "2"), manteniendo la palanca en dicha posición.

c) Válvula automática: fijar velocidad de apertura de la válvula automática de aeración según el gasto mínimo requerido y el tiempo total de fermentación (se recomienda calcular la apertura máxima con base en el tiempo total de fermentación, tomando en cuenta que la válvula se abre en cada ciclo de agitación; por ejemplo, usando como sustrato papa y como inóculo *A. niger*, para una fermentación que dura 30 horas se calcula un tiempo de apertura máxima de 3 horas -10 % aprox.- con una velocidad: lenta, y un nivel de pulsación de 6).

d) Aeración: ajustar la presión de alimentación del panel de aeración registrada en los manómetros de dicho panel y en el rotámetro. Las presiones requeridas son: entre 4 y 6 bares para la aeración general y entre 2 y 3 bares para la válvula automática, que se ajustan con las perillas colocadas en su parte inferior. El gasto de aire inicial en el fermentador se establece por medio de la perilla de "AIRE DE LATENCIA" y para leerlo en el rotámetro se debe abrir la válvula de la parte superior del mismo (color naranja). Una vez establecido el gasto inicial, se cierra la válvula del rotámetro y la válvula de apertura automática controla el gasto durante la fermentación.

e) Balanza: calibrar el peso en "cero correcto" con la balanza vacía (tolerancia  $\pm$  2 Kg.). Colocar el fermentador sobre la balanza y anotar el peso del mismo vacío (referencia). Si se prefiere se puede trabajar en peso relativo, tarando el equipo vacío.

f) Relojes: ajustar los tiempos deseados entre ciclos de agitación (lado izquierdo) y de duración de los mismos (lado derecho), en el panel superior, girando la carátula de los mismos y la escala de tiempo (6 seg, 60 seg, 60 min, 6 hr), en la parte inferior derecha de cada uno, con la llave especial para dicho propósito.

g) Temperatura: seleccionar la temperatura de referencia a la cual se desea que actúe el control automático presionando el botón del lado izquierdo del indicador digital de temperatura (panel superior) que señala la referencia actual. Mantenerlo presionado y fijar la nueva referencia girando la perilla del lado derecho del mismo.

h) Registro gráfico: el registrador gráfico realiza lecturas simultáneas de 6 canales diferentes y tiene una velocidad de avance del papel que permite relacionar la distancia recorrida con el tiempo, por lo que se necesita seleccionar la hora "cero" de lectura. Esto se logra abriendo la puerta de acrílico del registrador, retirando el soporte del papel y girando el eje inferior de éste hasta la posición deseada.

### III.2.2 Gelatinización

Esta operación se realiza de manera manual utilizando la balanza y el equipo de control únicamente como indicador y registrador de peso y temperatura, para lo cual se requiere:

- colocar en la posición "MANUAL" el fermentador;

- colocar en posición "0 (CERO)" el programador en el panel de control;
- calibrar la balanza y anotar el peso de referencia;
- poner el sustrato seco en la olla;
- poner en marcha los motores de agitación;
- mezclar la solución de sales con el sustrato por medio del aspersor, usando las bombas manualmente (sin cable de control);
- conectar el vapor a la olla (presión 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>);
- dejar subir la temperatura hasta la de gelatinización y mantenerla durante el tiempo necesario;
- desconectar el vapor, vaciar la olla y
- destapar los orificios del doble fondo.

```
*****  
*  
* PELIGRO: RETIRE EL SOPORTE Y EL SENSOR DE pH *  
* ANTES DE CONECTAR VAPOR A LA OLLA *  
*  
*  
*****
```

### III.2.3 Fermentación

Para realizar una corrida de fermentación automatizada, se requiere ejecutar las operaciones de instalación y conexión ya mencionadas (sección III.1). Para la etapa de inoculación se realizan las 6 primeras operaciones señaladas en la sección anterior (gelatinización) utilizando el sustrato gelatinizado y el inóculo en solución en lugar de las sales. Al término de la adición del inóculo, se completa la humidificación del sustrato con agua (esta etapa funciona también para despejar el inóculo residual en el circuito).

Para iniciar el proceso de control automático se necesita:

- proporcionar las soluciones requeridas a las bombas;
- conectar las bombas al control automático (panel central);

- seleccionar los tiempos entre ciclos de agitación y duración de los mismos (panel superior);
- colocar la válvula automática de aeración en posición inicial (cerrada) y seleccionar la velocidad de apertura de la misma (panel superior);
- seleccionar la temperatura de referencia (panel superior);
- seleccionar la posición inicial del papel del registrador;
- seleccionar el pH de referencia (panel central);
- seleccionar el nivel mínimo de aeración (panel inferior);
- colocar en posición "AUTO" el tablero del fermentador, el programador y el motor de registro de ciclos de agitación ("Recopie cycle") y
- colocar en posición de apertura "O" la válvula automática de aeración y en posición "AUTO" su control.

### III.3 MANTENIMIENTO

Se recomienda cambiar el electrolito del sensor de pH cada 3 corridas y debe guardarse sumergido en agua destilada.

El fermentador debe lavarse con agua y jabón al final de cada experimento.

Es importante mantener la balanza en posición horizontal. **NUNCA** en posición vertical y descargarla cuando no se esté utilizando.

Se recomienda proteger al equipo en general de factores ambientales como altas temperaturas, polvo, agua, animales indeseables, etc.

### III.4 AYUDA

En algunos casos se pueden presentar problemas para operar el equipo, por lo que aquí se presentan algunos de los posibles problemas más comunes y las causas que lo pueden originar. Mediante el uso frecuente del equipo, el operario

se familiarizará con el funcionamiento correcto del mismo, provocando que las sugerencias que aparecen aquí resulten obvias.

#### III.4.1 Irregularidades.

En el caso de que en alguno de los equipos no encienda el botón indicador de encendido, se puede deber a que no está correctamente colocada la clavija de alimentación eléctrica o que no se ha colocado en posición "M" (o "I", en el caso del fermentador) el interruptor de encendido.

Si a pesar de haber verificado esto, el equipo de control no enciende, se puede deber posiblemente a que se haya quemado el fusible de protección, por lo que se recomienda revisarlo (se localiza en la parte posterior del panel superior).

Si cualquiera de los indicadores con que cuenta el equipo (temperatura, pH y peso) señala lecturas incoherentes, ceros o, incluso, no enciende, se debe probablemente a que no se encuentran correctamente conectados a los sensores correspondientes, por lo que se recomienda verificar dichas conexiones.

En caso de que en el panel de aeración no se registre presión en los manómetros, se puede deber a que las válvulas que se encuentran bajo los mismos se encuentran cerradas (ver sección III.2.1 inciso d). Si a pesar de verificarlas no existe presión en el sistema se puede deber a que no se encuentra alimentado con aire comprimido por lo que se debe verificar la conexión de alimentación general de aire comprimido (parte posterior del mismo panel) o en su defecto comprobar si existe aire comprimido en la línea de alimentación de compresor.

Si el peso registrado no varía adecuadamente al adicionar sustrato o cualquier materia al fermentador, se puede deber a que no está correctamente depositado sobre la balanza o por una defectuosa conexión del sensor.

Cuando el motor de agitación o el de rotación de la olla no responden al mando manual o automático de puesta en marcha Y SE ESCUCHA UN GOLPETEO DENTRO DE LA CAJA DEL TABLERO DE CONTROL DEL FERMENTADOR, ocurre que los elementos térmicos de protección del mismo rechazan la carga que se les está administrando y la consecuencia es que no arrancan los motores. Esto puede ocurrir de manera ordinaria al inicio de cada experimento. La solución que se propone, en primer término, es el de intentar DE FORMA MANUAL poner en marcha los motores presionando los botones de arranque (de hule, color negro) y de paro (de hule, color rojo) que se encuentran en la parte superior derecha de dicho tablero alternando uno y otro, para cada motor. De no lograr dicho

propósito, ABRIR CON CUIDADO la caja del tablero quitando el tornillo de seguridad que se localiza en la parte central del extremo izquierdo de éste y presionar el botón de marcha del motor que no encienda. De esta forma se tiene acceso a los elementos térmicos de protección (cajas negras de baquelita). PRECAUCION: \*\*\* RECUERDE QUE EL EQUIPO ESTA ALIMENTADO CON CORRIENTE ELECTRICA \*\*\*. Los botones rojos en la parte inferior de las cajas negras, dentro de la caja del tablero, se deben deslizar cada vez que oprima el botón de marcha. Localice la caja que rechaza la carga (la que produce el ruido al accionar el botón de marcha) y oprima ÚNICAMENTE el botón deslizable que se encuentra en la parte inferior de la caja. Repetir esta operación tantas veces sea necesario hasta lograr que no sea rechazada la orden de marcha.

Si a pesar de esta operación el motor de rotación de la olla no enciende, (es el que mas probabilidades tiene de reaccionar así, sobre todo cuando se encuentra vacía la olla), se recomienda favorecer el movimiento de rotación (para romper la inercia) girando la olla en el sentido inverso del movimiento de las manecillas del reloj.

#### III.4.2 Emergencias

El caso mas común de emergencia que se puede presentar en la operación del equipo, es que la olla, el agitador, o el resto de las operaciones se pongan en funcionamiento (manual o automáticamente) cuando el resto del equipo no se encuentra dispuesto para operar propiamente (Por ejem. las mangueras estén mal colocadas o sin conectar, objetos extraños al equipo sobre la olla, etc.).

Para este tipo de casos la solución es desconectar lo mas rápido posible el equipo involucrado, que en el caso del tablero del fermentador se logra presionando el botón de paro de emergencia (color rojo) mencionado en la sección anterior (irregularidades) y para el caso del equipo de control se logra colocando en la posición "A" (de apagado) los interruptores de encendido.

Una vez apagado el equipo, se corrige el desperfecto y se reinicia el experimento.

Tabla 4. Cinética de fermentación en "Petrin" con papa

Tiempo de incubación (horas)	pH	Humedad (%)	Azúcares totales (%)	Proteínas (%)
0	4.05	56.16	79	6.26
18	4.1	55.32	92	6.109
23	3.95	56.2	98	7.03
26	4	56.42	78	9.597
42	4.275	58	67.15	16.24

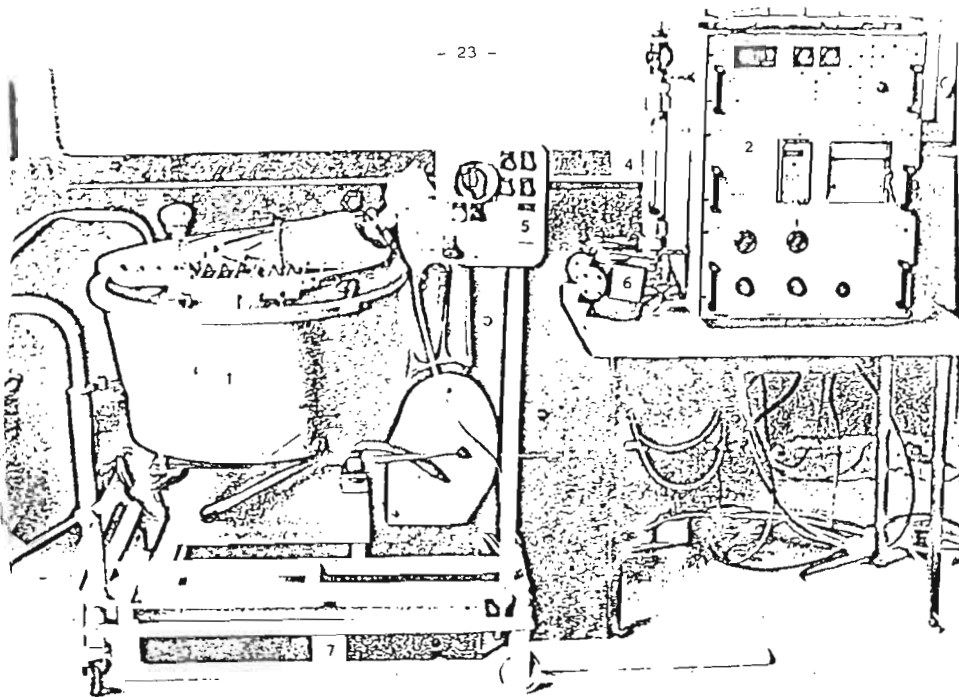


Tabla 5. Cinética de fermentación de yuca en "Petrin"

Tiempo de incubación (horas)	pH	Humedad (%)	Azúcares totales (%)	Proteínas (%)
2	5.3	41.96	90	3.455
18	5.55	41.07	96	3.477
21	5.55	42.01	97	5.925
25	5.45	41.59	96	6.56

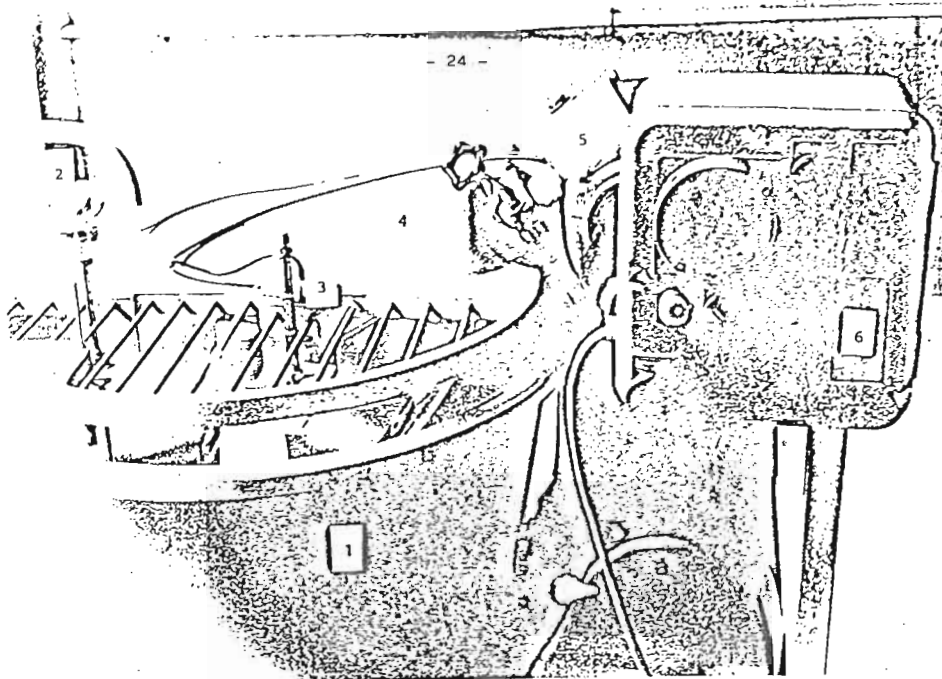
Tabla 6. Cinética de gelatinización en "Petrin"

Tiempo de gelatin. (min.)	Presion vapor (Kg/cm <sup>2</sup> )	Temperatura (C)	Humedad (%)	Grado de gelatin. (%)
0	0.2	26.5	32.72	0
45	0.5	75	32.82	0
55	0.3	80	32.56	0
60	0.3	78.3	33.9	0
65	0.5	78.6	33.4	0
70	0.5	77.7	33.08	0



FOTOGRAFIA 1: Fermentador " Petrin " con la unidad de control y los periféricos

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| 1- fermentador               | 5- tablero del fermentador |
| 2- equipo de control         | 6- bombas volumétricas     |
| 3- registrador de la balanza | 7- balanza                 |
| 4- rotámetro                 |                            |

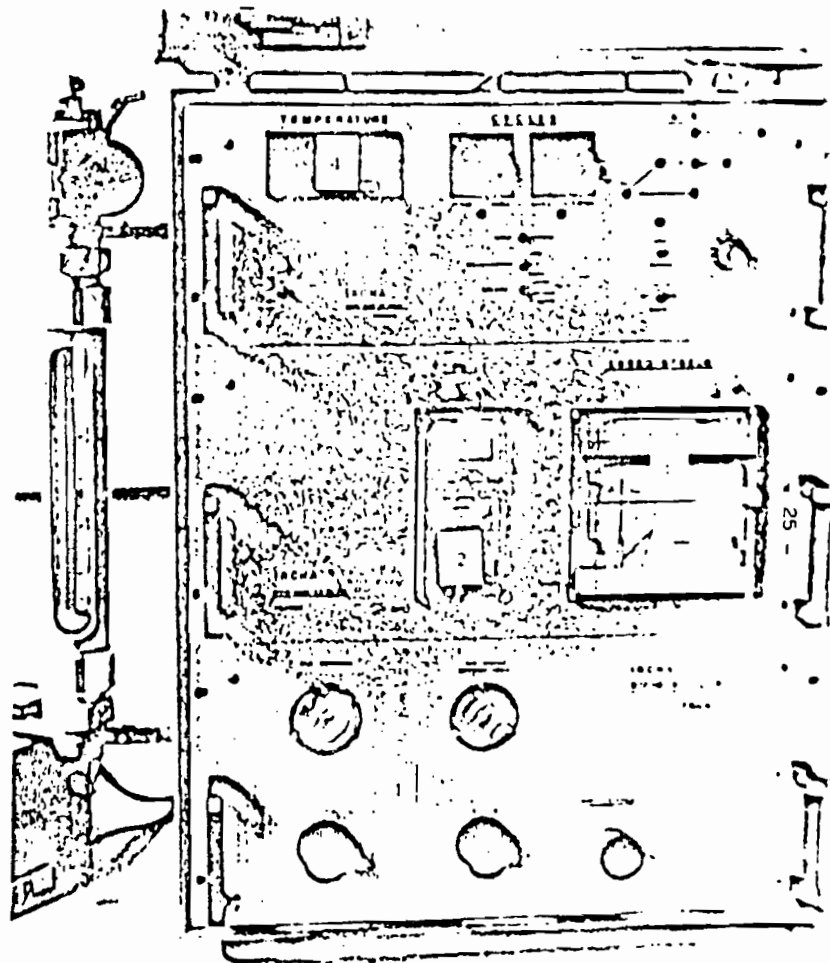


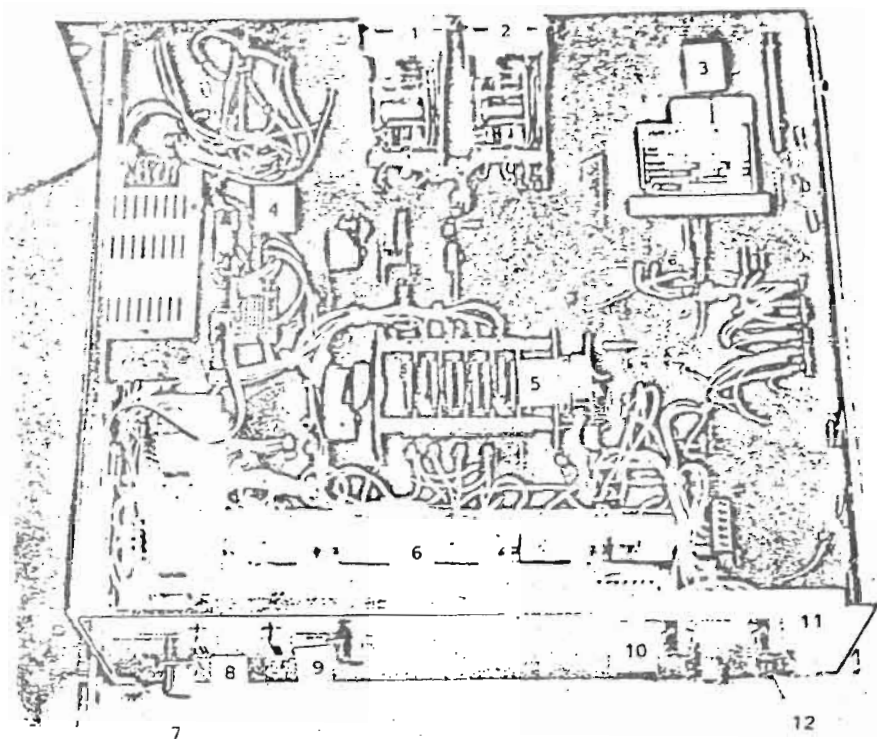
FOTOGRAFIA 2: Detalle del fermentador

- |                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| 1- fermentador                        | 4- tapa           |
| 2- sensor de temperatura              | 5- brazo agitador |
| 3- soporte neumático del sensor de pH | 6- tablero        |

- 1- panel de aeración
- 2- unidad de lectura de pH
- 3- unidad de regulación de la válvula automática
- 4- controlador de temperatura
- 5- registrador gráfico
- 6- registrador de la balanza

FOTOGRAFIA 3: Equipo de control

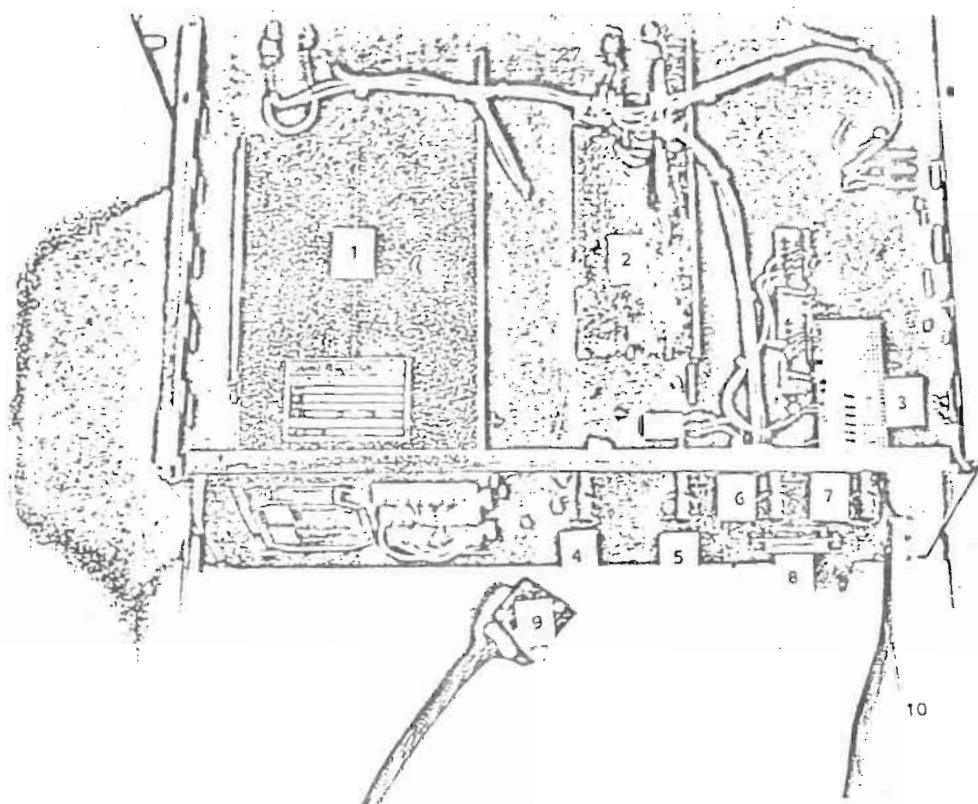




FOTOGRAFIA 4: Panel de control general

(vista de arriba, posterior)

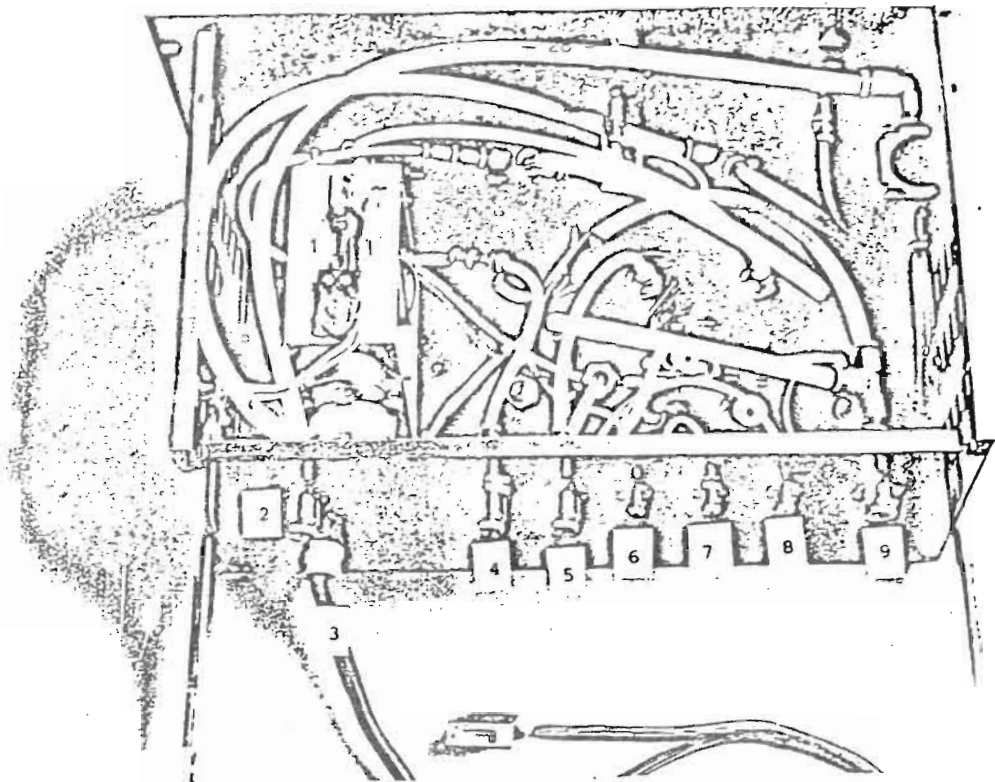
- 1- reloj de tiempo de agitación
- 2- reloj de tiempo de espera
- 3- controlador de temperatura
- 4- unidad de aeración automática
- 5- programador (con sus discos)
- 6- unidad de " relays "
- 7- entrada del cable de control del tablero del fermentador
- 8- salida del cable al registrador
- 9- salida de cables al panel de aeración
- 10- entrada del cable del sensor de temperatura nº 2
- 11- entrada del cable del sensor de temperatura del fermentador
- 12- cable de alimentación



FOTOGRAFIA 5: Panel de registro y de lectura de pH

(vista de arriba, posterior)

- 1- registrador gráfico
- 2- unidad de lectura y control de pH
- 3- tarjeta de conversión para la interfase ADALAB
- 4- entrada del cable del registrador de la balanza
- 5- entrada del cable del sensor de pH
- 6- salida del cable de control de la bomba de agua
- 7- salida del cable de control de la bomba de alcali
- 8- salida del cable a la interfase ADALAB (analógica)
- 9- cable de entrada del panel de control
- 10- cable de alimentación

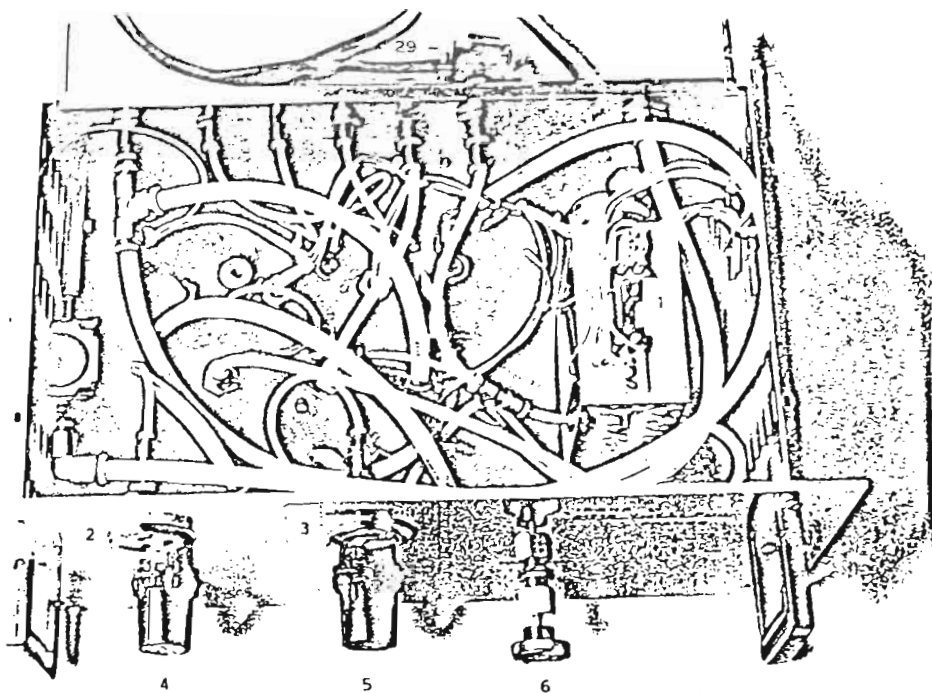


FOTOGRAFIA 6: Panel de aeración

(vista de arriba, posterior)

- 1- válvula automática de aeración
- 2- entrada de la manguera de aire comprimido
- 3- cable de control de la válvula automática
- 4- salida para la manguera al rotámetro
- 5- entrada para la manguera del rotámetro
- 6- salida para la manguera de elevación del sensor de pH
- 7- salida para la manguera de descenso del sensor de pH
- 8- salida para la manguera del aspersor
- 9- salida para la manguera de aeración al fermentador

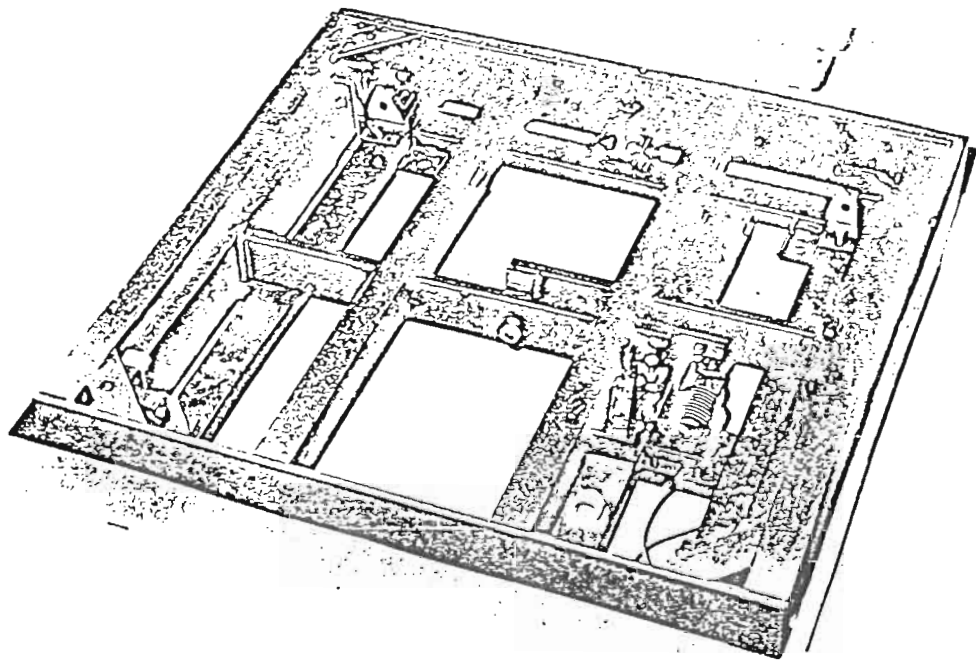




FOTOGRAFIA 7: Panel de aeración

(vista de arriba, frontal)

- 1- válvula automática de aeración
- 2- manómetro de aeración general
- 3- manómetro de la válvula automática
- 4- válvula de aeración general
- 5- válvula de alimentación al control automático de aeración
- 6- válvula de aeración inicial



FOTOGRAFIA 8: Balanza sin tapa

(vista superior)

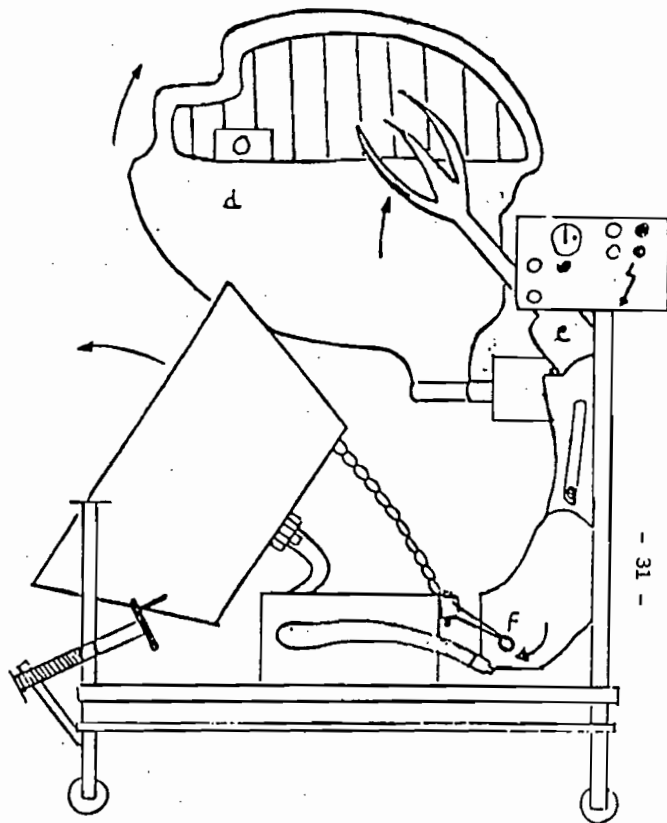
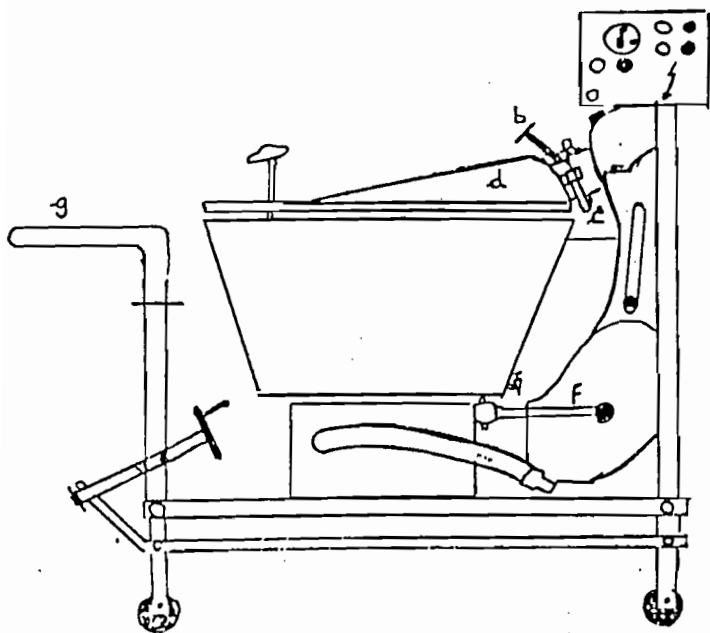
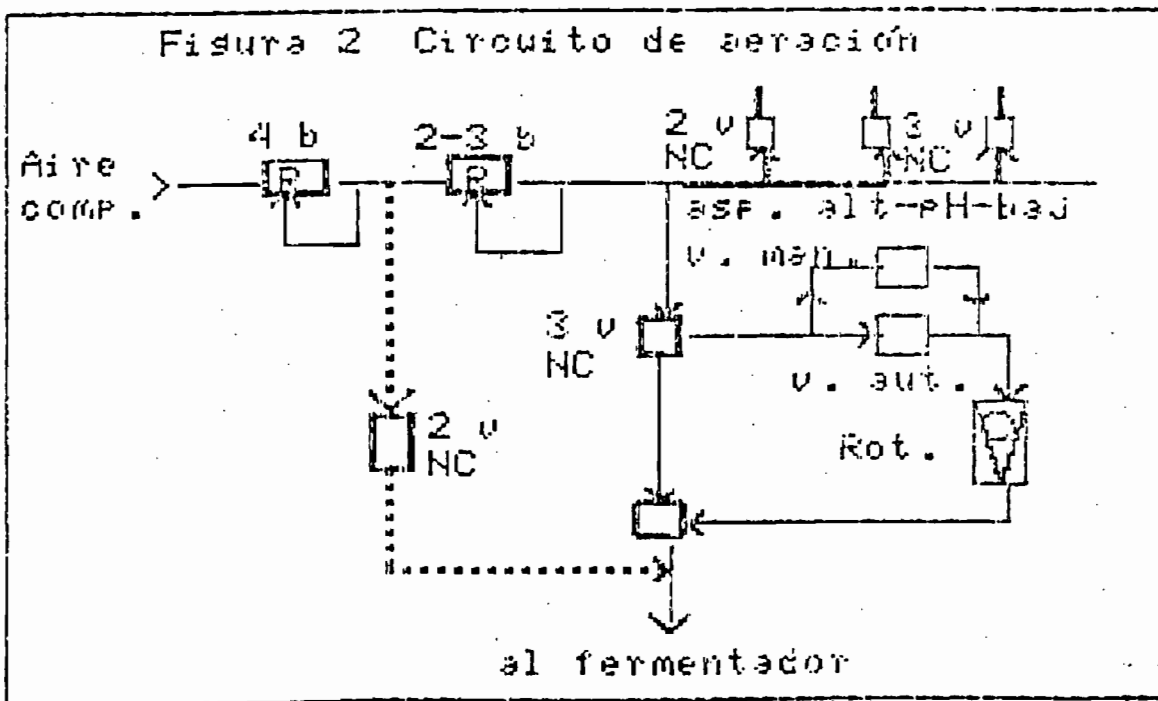
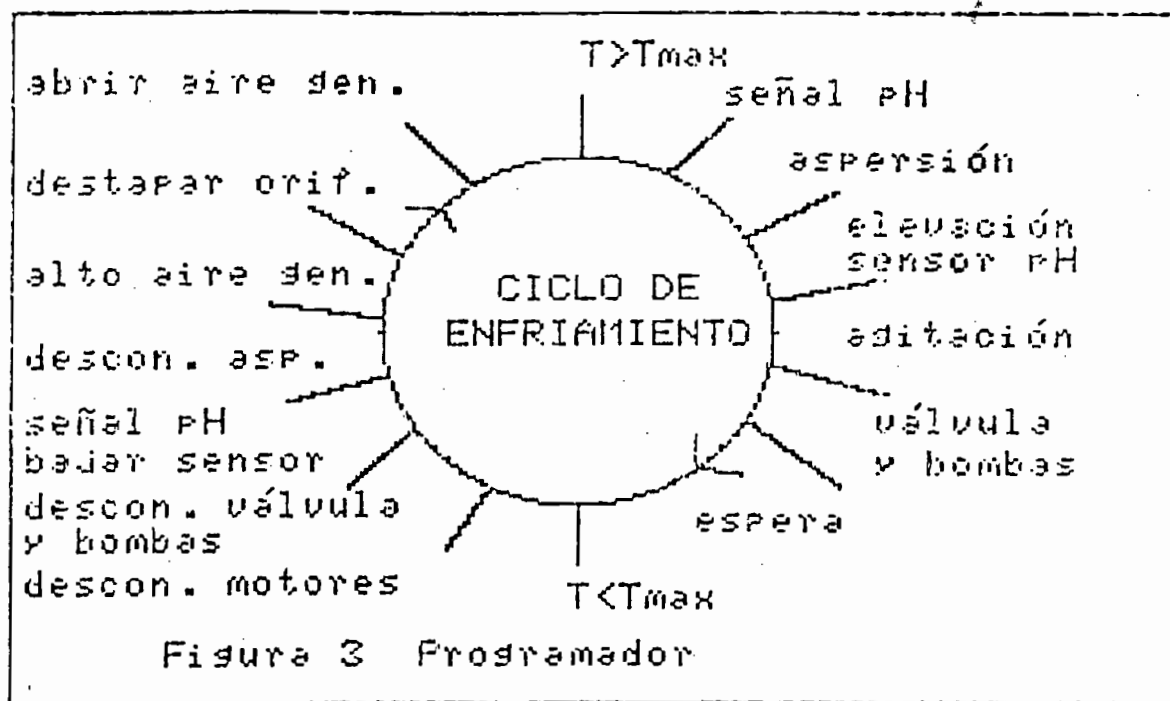


Figura 1: Diagrama del fermentador "Petrin-IRCIA"

Figura 2 Circuito de aeración





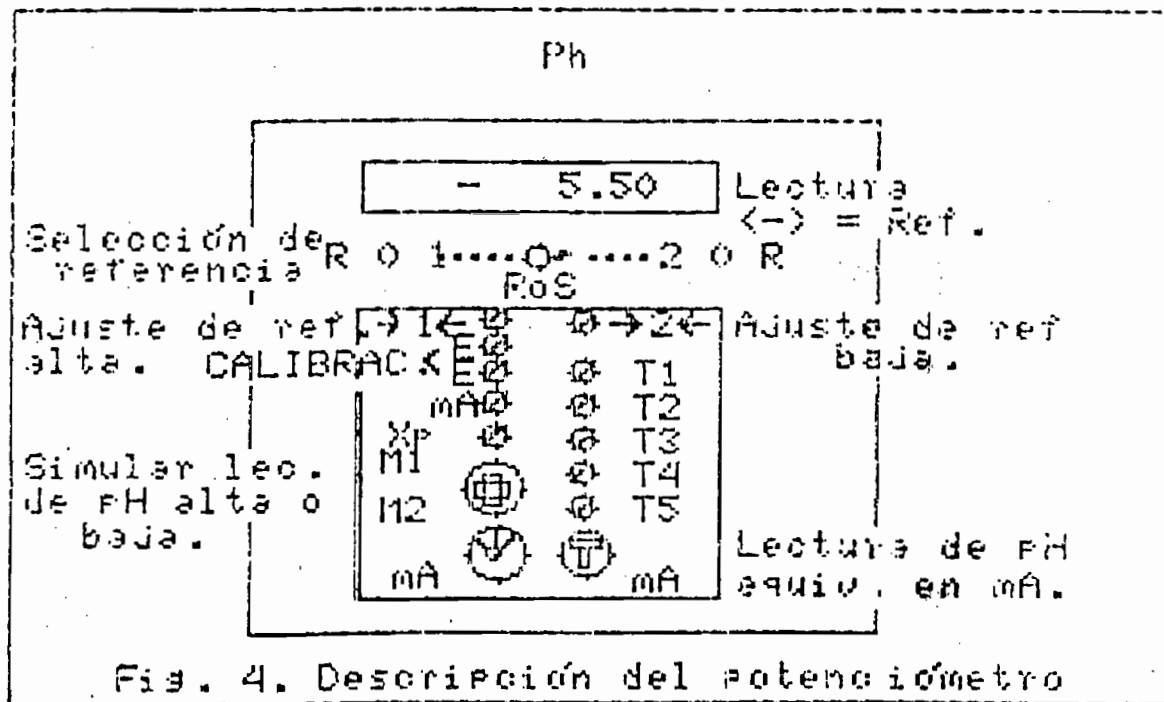


Fig. 4. Descripción del potenciómetro

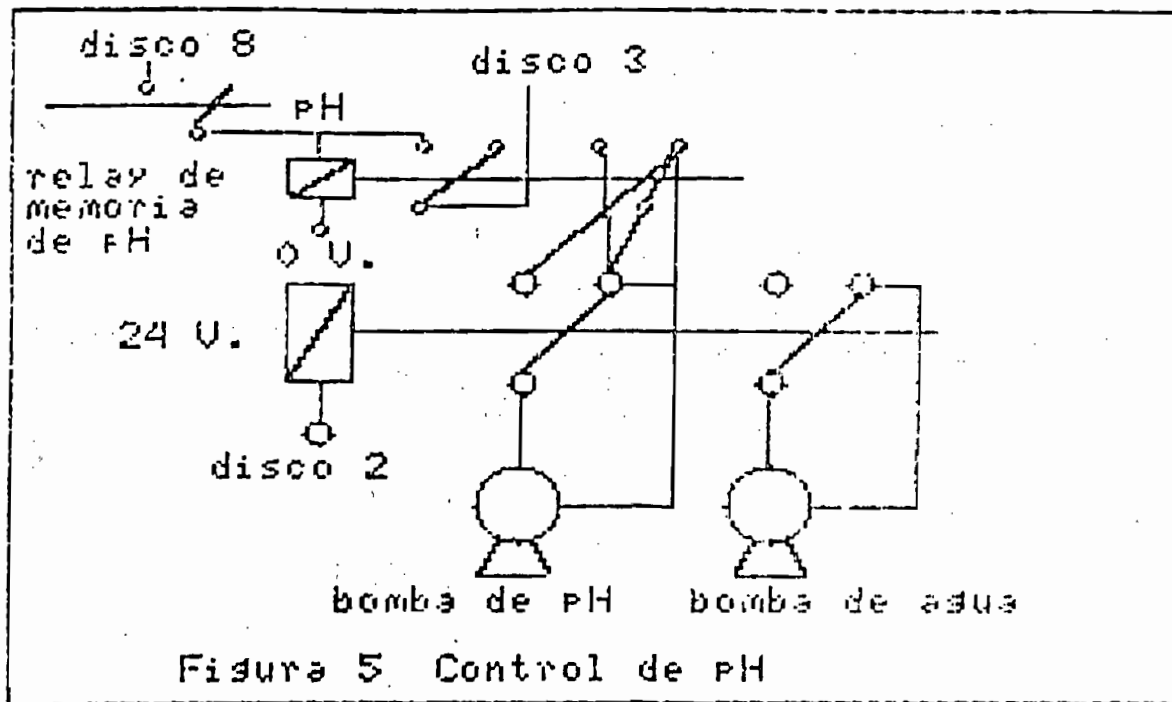


Figura 8 Circuito del espreador

