Manual para la Fortificación de Azúcar con Vitamina A

Parte 2

Guía Técnico Operativa para la Preparación de la Premezcla y del Azúcar Fortificada con Vitamina A

Omar Dary, Ph.D.
Guillermo Arroyave, Ph.D.

OMNI

USAID

INCAP

Dr. Omar Dary es un investigador bioquímico del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala.

Dr. Guillermo Arroyave es un consultor internacional experto en micronutrientes, con residencia en San Diego, California.

Esta publicación se ha realizado con el apoyo ofrecido por la Office of Health and Nutrition, Bureau for Global Programs, Field Support, and Research, United States Agency for International Development (USAID), a través del proyecto Opportunities for Micronutrient Interventions (OMNI) bajo los términos del contrato No. HRN-5122-C-00-3025-00, y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen a los autores y no necesariamente reflejan aquellas del USAID y del INCAP.

Marzo 1996.

MANUAL PARA LA FORTIFICACION DE AZUCAR CON VITAMINA A

PARTE 2

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS iii

PROLOGO GENERAL v

I. GENERALIDADES DE LA FORTIFICACION DE AZUCAR CON VITAMINA A 1
- A. Definición 1
- B. El fortificante y el vehiculo de fortificación 1
- C. Descripción del proceso de fortificación 1
- D. Estabilidad del retinol en el azúcar fortificada 2
- E. Cuidados y precauciones 3

II. PREPARACION DE LA PREMEZCLA 5
- A. Introducción 5
- B. Planta de producción de premezcla 6
- C. Preparación 8
- D. Envasado, registro y etiquetado 13
- E. Control de calidad 17
- F. Mantenimiento y cuidado del equipo 18
- G. Recursos humanos 20

III. PREPARACION DE AZUCAR FORTIFICADA 21
- A. Introducción 21
- B. Método de agregado manual 23
- C. Método de agregado automático 24
- D. Envasado, etiquetado y almacenamiento 25
- E. Garantía de calidad 25
- F. Mantenimiento y cuidado del equipo 29
- G. Recursos humanos 29

ANEXO 2.1: EJEMPLO DE LA ROTULACION DE UN SACO DE PREMEZCLA 31

ANEXO 2.2: PROTOTIPO DE MEZCLADORA PARA LA FABRICACION DE PREMEZCLA FORTIFICANTE DE VITAMINA A 33

ANEXO 2.3: CONTROL DE LA PRODUCCION Y LA CALIDAD DE LA PREMEZCLA 37

ANEXO 2.4: CONTROL DE LA DISTRIBUCION DE PREMEZCLA 39

ANEXO 2.5: CONTROL DE CALIDAD AZUCAR FORTIFICADA CON VITAMINA A 41

CUADROS

Cuadro 2.1: Tareas de Mantenimiento del Equipo utilizado en la Fabricación de Premezcla 18

TABLAS

Tabla 2.1: Formulación de Premezcla 10
Tabla 2.2: Ingredientes y materiales necesarios para Fabricación de 100,000 toneladas métricas de Azúcar Fortificada con Vitamina A 11

FIGURAS

Figura 2.1: Plano de las Instalaciones de una Planta Productora de Premezcla 7
Figura 2.2: Vista General del Sistema de Producción de Premezcla 14
Figura 2.3: Ilustración de algunas actividades realizadas durante la Producción de Premezcla 15
Figura 2.4: Gráfica de Control de Calidad de la Premezcla Fortificada 19
Figura 2.5: Diagrama de los puntos posibles de agregado de la Premezcla en la Producción de Azúcar 22
Figura 2.6: Ejemplo de Máquina Dosificadora con Control Electrónico 26
Figura 2.2a: Prototipo de Mezcladora para producir Premezclas de Azúcar-Vitamina A 34
Figura 2.2b: Detalle del Depósito para el Aceite 35

AGRADECIMIENTOS

Este manual se basa en la experiencia de la fortificación de azúcar del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Muchas personas han participado en este programa durante los últimos 25 años, y este manual representa el esfuerzo y el trabajo de todos ellos, quienes son tantos que sería imposible mençionarlos individualmente.

Los autores desean manifestar que el contenido y presentación de las partes 1, 2 y 3 de este de este manual mejoró sensiblemente debido a las correcciones y sugerencias de sus revisores, a quienes presentan un sincero agradecimiento. Fueron ellos Dra. Frances R. Davidson y Dr. Timothy Quick, de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos de América (USAID); Dr. Juan R. Aguilar, de UNICEF, Perú; Dr. José O. Mora, del Instituto Internacional de Ciencia y Tecnologia (ISTI); Dr. Luis Mejía, de la compañía Kellogg para Latinoamérica; Ing. Alberto Nilson, de la compañía Hoffman-La Roche para Latinoamérica; Dr. Kenneth Brown, de la Universidad de California en Davis; Ing. Leonardo De León, del INCAP; Dr. Jean Humphrey y Dr. Esse Yameni, de la Universidad Johns Hopkins; y especialmente la Dra. Penelope Nestel, del programa "Opportunities for Micronutrient Interventions" (OMNI).

La parte 2 de este manual, que trata sobre la descripción del proceso de fortificación, reune el conocimiento y la experiencia colectiva de varias personas que han perfeccionado la tecnología de la fortificación de azúcar en Centro América durante los últimos diez años. Merecen especial mención las siguientes personas: Ing. Leonel Anleu, de la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA); Dr. Oscar Pineda, ex-funcionario del INCAP y actual consultor en micronutrientes, Guatemala; Dra. Vilma Estrada, Dra. Doris Chinchilla, Ing. Plutarco Murillo, e Ing. Victoria Saraí Bejarano, de Honduras; y Dr. Manuel de Gracia y Dr. Enrique Murillo, de Panamá.

La parte 3 de este manual, que reúne metodologías analíticas para la determinación de retinol, se escribió con base en las contribuciones, modificaciones y mejoras que en este campo han proporcionado miembros del Laboratorio de Química y Bioquímica (LQB) del INCAP, entre quienes deben mencionarse a los siguientes profesionales: Carolina Martínez, Dora Inés Mazariegos, María Elena Estrada de Sandoval, Esmeralda Morales, Mónica Guamuch y Gerardo Pirir.

El manual fue traducido al inglés por Maritza Méndez de Oliva y Carlos Cipriani. Oddette Sanabria de Osorio se encargó de la elaboración de las figuras. Ingrid Cabrera, Hazel de Orellana y Ana Ruth de Burckhard realizaron la labor secretarial para producir la versión en español, y, Lisa Sherburne y Pamela Cubberly diagramaron y revisaron la edición en inglés. El trabajo de todas estas personas merece nuestro agradecimiento.

Actividades de apoyo, realizadas en los años de 1992-94, y que en parte han servido de base a esta publicación fueron financiadas por ROCAP/AID mediante el proyecto 596-0169.

PROLOGO GENERAL

En muchos países, la deficiencia de vitamina A es un problema generalizado y no necesariamente limitado a comunidades o poblaciones específicas. Entre las intervenciones disponibles, la fortificación de alimentos es un medio ampliamente aceptado y difundido en los países desarrollados, y que ha probado ser eficaz para el suministro de los nutrientes deseados a la población. En esos países, alimentos tales como leche en polvo, margarina y mantequilla, alimentos infantiles, y cereales para el desayuno están normalmente fortificados con micronutrientes, incluyendo la vitamina A. Los alimentos mencionados, sin embargo, no son consumidos regularmente por la mayoría de las personas de los países en desarrollo, especialmente aquellos con el mayor riesgo de sufrir la deficiencia de vitamina A. Una excepción es el azúcar, alimento que puede ser fortificado con vitamina A. La fortificación de azúcar es práctica porque no requiere el cambio de los hábitos alimentarios de la población objetivo, ni el establecimiento de un sistema de distribución específico y costoso. La fortificación simplemente requiere de la existencia de un sistema de producción y comercialización del azúcar que permita el agregado uniforme del compuesto fortificante y la supervisión del proceso. La fortificación de azúcar con vitamina A es una de las intervenciones más seguras, eficaces y de mejor costo-efectividad para prevenir y controlar la deficiencia de dicho micronutriente.

Con el fin de sistematizar y facilitar la instauración y ejecución de programas de fortificación de azúcar con vitamina A, se ha elaborado este manual, el cual está integrado por tres partes. La parte 1, titulada *Guías para el Desarrollo, Operación y Evaluación de un Programa de Fortificación de Azúcar con Vitamina A*, ofrece pautas generales y básicas para el establecimiento de un programa de este tipo. En ésta se discuten las estrategias existentes para prevenir y reducir la deficiencia nutricional de la vitamina A, y se detallan los elementos básicos que deben tenerse en consideración para establecer un programa adecuado de fortificación de azúcar con vitamina A. Además, ofrece una visión general de todo el programa, para proveer, particularmente a los funcionarios de los sectores privado y público con funciones de coordinación y gerencia, los conocimientos y elementos necesarios que aseguren su adecuado funcionamiento. Tópicos técnicos de ese documento también son de utilidad para el personal especializado involucrado en etapas específicas del proceso de fortificación, tales como operaciones necesarias para llevar a cabo la fortificación del azúcar, determinando tanto la eficiencia como la eficacia de la intervención, y guías para estimar los costos del programa.

La parte 2, *Guía Técnico Operativa para la Preparación de la Premezcla y el Azúcar Fortificada con Vitamina A*, está dirigida especialmente al personal técnico encargado de ejecutar el proceso de fortificación. El capítulo I cubre generalidades del proceso de la fortificación, el capítulo II presenta una sección especifica que describe la fabricación de la premezcla, y el capítulo III describe el procedimiento para el agregado del compuesto vitamínico al azúcar. Además, esta parte incluye una descripción detallada de las actividades de control de calidad.

La parte 3, *Metodologías Analíticas para el Control y la Evaluación de la Fortificación de Azúcar con Vitamina A* presenta métodos de laboratorio y de campo para estimar el contenido de vitamina A en la premezcla y en el azúcar fortificada. Este documento también provee detalles para la determinación de la vitamina A en muestras biológicas, lo que es indispensable en la

evaluación de impacto del programa de fortificación. Esta parte está dirigida fundamentalmente al personal de laboratorio a cargo de determinaciones analíticas.

La lectura de los tres documentos descritos anteriormente (partes 1, 2 y 3) que conforman este manual revela que, ocasionalmente, se repite cierta información y algunos conceptos. Estas repeticiones no son el resultado de descuidos editoriales sino, por el contrario, se hacen a propósito para resaltar su importancia y conferirle a cada parte individual una relativa autosuficiencia en los aspectos más básicos. Sin embargo, la situación ideal, y es lo que aquí se recomienda, es que las tres partes se consideren una unidad teórica y práctica y que sean utilizadas en conjunto para asegurar su papel complementario.

La investigación para la fortificacion de azúcar con vitamina A principió en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) en los años sesenta, bajo el liderazgo de Guillermo Arroyave con el apoyo del Dr. M. Forman de USAID. El desarrollo de esta tecnología necesitó aproximadamente 10 años. Finalmente a partir de 1974, Costa Rica, Guatemala, Honduras y Panamá legislaron que el azúcar debía fortificarse con vitamina A. Con el apoyo de USAID, el INCAP demostró en forma concluyente que la fortificación de azúcar con vitamina A es eficaz y costo-efectiva. El respaldo de USAID a este programa, recientemente a través del proyecto OMNI, ha continuado durante los años; esta ayuda ha contribuido a que la fortificación de azúcar haya mejorado en Centro América, y ha estimulado su adopción por otros países en Latinoamérica.

El establecimiento de un programa exitoso de fortificación de azúcar refleja el esfuerzo conjunto de la iniciativa privada, funcionarios públicos, investigadores y entidades de cooperación internacional. El propósito de este documento es compartir las experiencias de Centro América, para que así otros países puedan planificar y establecer este tipo de programas con la finalidad de controlar y prevenir la deficiencia nutricional de vitamina A.

Frances Davidson
Oficina de Salud y Nutrición, USAID
Washington, D.C.

Hernán Delgado
INCAP/OPS
Guatemala

I. GENERALIDADES DE LA FORTIFICACION DE AZUCAR CON VITAMINA A

A. Definición

En este manual, se entiende como *azúcar fortificada con vitamina A* al azúcar blanca de mesa, a la que se le ha añadido un compuesto especial de retinol (vitamina A preformada). Este documento describe los procesos técnicos para preparar la premezcla y el azúcar fortificada. La concentración de retinol que se usará, tanto en la premezcla como en el azúcar fortificada, debe ser determinada en cada país; detalles de como hacerlo se incluyen en la parte 1 de este manual. Los ejemplos presentados en este documento están basados en la experiencia de Centro América.

El *retinol* es la forma de la vitamina A utilizada por las células humanas y animales. Este se encuentra naturalmente en alimentos de origen animal como hígado, huevo y productos lácteos que no hayan sido desgrasados, tales como leche entera y queso. Las plantas producen compuestos carotenoides pro-vitamina A, que el organismo humano necesita transformar en retinol como paso previo a su utilización bioquímica y fisiológica como vitamina A. El ser humano, por lo tanto, puede obtener directamente la vitamina A en su forma activa por medio de algunos productos de origen animal y de alimentos fortificados con retinol, o indirectamente de alimentos vegetales.

B. El fortificante y el vehículo de fortificación

El *fortificante* es el nutriente que se agrega a un alimento para que este último sirva como el medio de su suministro, es decir como *vehículo de fortificación*. El azúcar es uno de los vehículos de fortificación para el retinol.

El compuesto que se utiliza como fortificante en el azúcar es una preparación especial de palmitato de retinol, que contiene otras sustancias que incrementan la estabilidad del retinol, protegiéndolo especialmente contra el efecto del oxígeno del aire y la luz ultravioleta, y transformando su forma originalmente líquida y liposoluble a sólida e hidrodispersable. El compuesto de fortificación actualmente en uso es un microencapsulado que se conoce con el nombre de "250-CWS".

C. Descripción del proceso de fortificación

La fabricación del azúcar fortificada con retinol consiste de tres etapas:

- elaboración de una premezcla;
- agregado de la premezcla al azúcar; y
- control de calidad.

En países en los que se practica la fortificación de azúcar, se ha determinado que los preescolares pueden llenar los requerimientos diarios de vitamina A si el nivel de retinol en el azúcar en el momento de producción es 15 µg/g. Con el propósito de facilitar este proceso se

prepara una mezcla concentrada del fortificante en azúcar, denominada la *premezcla*. La preparación de la premezcla tiene dos propósitos: *(a)* obtener un producto que impida que el fortificante se segregue del azúcar; y *(b)* diluir el compuesto fortificante para facilitar su dosificación y disminuir la probabilidad de variaciones en su agregado al azúcar

La microcápsula que contiene el retinol se adhiere a los cristales de azúcar por medio de una capa de aceite vegetal. Con el propósito de reducir la oxidación del aceite, y por consiguiente su rancidez, se agrega al mismo un antioxidante apto para consumo humano. Este agregado se hace bajo una atmósfera inerte, generalmente burbujeando nitrógeno a la mezcla del aceite con el antioxidante.

Una vez que la premezcla ha sido preparada en la planta productora, que puede estar en uno de los ingenios, ésta se transporta a los ingenios para ser agregada al azúcar que está siendo fabricada. La premezcla se agrega ya sea manualmente o utilizando dosificadores mecánicos. El propósito de esta etapa es agregar la premezcla al azúcar en una proporción adecuada, con el objeto de que la concentración final de retinol en el azúcar sea la deseada. La práctica actual en los países que fortifican el azúcar es hacer una dilución 1:1000 de la premezcla, para obtener un nivel promedio de concentración final de retinol en el azúcar, que generalmente es de 15 µg/g. Cualquiera que sea el método de agregado, el apego a las normas de homogeneidad y uniformidad de los niveles de fortificación es esencial. El azúcar fortificada así producida es envasada, y está lista para su almacenamiento, distribución, expendio y consumo.

El proceso de fortificación del azúcar se completa con la integración de metodologías analíticas para la determinación de los niveles de retinol dentro de las rutinas de *control de calidad* del azúcar en los ingenios. El propósito de esta actividad es vigilar constantemente la eficiencia del proceso, haciendo los ajustes necesarios para garantizar que el azúcar está siendo fortificada adecuadamente en cuanto a la magnitud y uniformidad de los niveles del fortificante. Los métodos analíticos para el control de calidad de la fortificación de azúcar con vitamina A se cubren en detalle en la parte 3 del presente manual.

D. Estabilidad del retinol en el azúcar fortificada

El retinol se conserva en el azúcar fortificada sin pérdidas cuando el azúcar es sometida por 10 minutos a 105°C.[1] Esta información es importante ya que generalmente la premezcla se agrega al azúcar antes de su paso por las turbinas de secado, en donde se ve expuesta a un flujo de aire caliente con temperaturas de 65-70°C durante aproximadamente 5 minutos.

La estabilidad del retinol en el azúcar fortificada en envases para la venta al público se ha determinado experimentalmente en azúcar blanqueada por sulfitación en Guatemala.[2] y en azúcar

---

1. INCAP. 1974. *Fortification of Sugar with Vitamin A in Central America and Panama*. Publicación INCAP V-36.
2. Trabajo hecho por E. Morales de Canahuí como parte de un estudio colaborativo entre la Universidad del Valle de Guatemala y el INCAP.

refinada en Panamá.[3] Después de 8 meses de almacenamiento, que es el tiempo que transcurre entre el final de una zafra y el inicio de la siguiente, y bajo las condiciones climáticas estudiadas (temperatura ambiental entre 13.5 y 27.7°C, y humedad ambiental entre 62.5% y 78.5%), entre 50% y 70% del contenido inicial de retinol permaneció en el azúcar. Se estableció que la estabilidad del retinol en el azúcar depende de las condiciones climáticas y no del tipo de materiales o volúmenes de envase usualmente utilizados para su venta al consumidor final. El valor de vida media (período de tiempo en el que se conserva el 50% del contenido inicial de retinol) oscila entre 240 días en las zonas más calientes y húmedas, a 535 días en las zonas templadas y menos húmedas. Por lo tanto, a los 6 meses de almacenamiento se espera que el azúcar contenga 62-77% del nivel inicial de retinol. Estos resultados sugieren que en el peor de los casos, la población está recibiendo por medio del azúcar un promedio prorrateado anual de 9-10 µg/g, si su nivel de retinol al momento de producción es de 15 µg/g, lo que es suficiente para satisfacer las necesidades basales de este nutriente en casi toda la población. Asumiendo que no se están consumiendo otras fuentes naturales de vitamina A, un preescolar necesitaría consumir diariamente 20 g de azúcar (lo que corresponde aproximadamente a 3-4 cucharaditas de uso culinario), mientras que una mujer amamantando requeriría 45 g (6-9 cucharaditas).

Teóricamente, el uso de envases herméticos podría mejorar la estabilidad del retinol en el azúcar, probablemente manteniendo más del 75% del nivel inicial de retinol después de 6 meses de almacenamiento.[4] Sin embargo, el costo de estos envases hace poco práctica y factible, por el momento, su introducción en la fabricación del azúcar en países en desarrollo.

En ensayos con algunas bebidas refrescantes de preparación casera, la estabilidad del retinol proveniente del azúcar es también buena. Cerca del 80% y el 60% del contenido inicial se mantienen en limonada y naranjada después de uno y dos días, respectivamente, de haber sido preparadas.

E. Cuidados y precauciones

La premezcla contiene generalmente mil veces más retinol que el azúcar fortificada, por lo que sus envases deben ir adecuadamente rotulados, indicando que este producto *"no es apto para consumo humano directo"*, y debe asegurarse que los operarios de los ingenios atiendan claramente esta advertencia.

La ingestión excesiva de retinol, especialmente durante el embarazo, puede ser peligrosa y causar malformaciones congénitas. Por esta razón, la OMS y el IVACG recomiendan que las mujeres embarazadas sean suplementadas con no más de 3,000 µg/día (10,000 UI/día) de retinol. Por el hecho de que el azúcar contiene 15 µg de retinol por gramo, la probabilidad de alcanzar un consumo de 3,000 µg es muy remota; se requeriría el consumo de 200 g (30-40 cucharaditas) de azúcar por día.

---

3 Trabajo hecho por M. De Gracia y E. Murillo como parte de un estudio colaborativo entre el Depto. de Química, Universidad de Panamá, y el INCAP.

4. Bauernfeind J.C. (Ed.) 1981. *Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors* New York: Academic Press.

A pesar de que el compuesto de retinol utilizado en la fortificación del azúcar es altamente estable, tanto la premezcla como el azúcar fortificada deben manejarse adecuadamente para reducir al máximo la probabilidad de pérdida de la potencia vitamínica. El almacenamiento de estos productos debe hacerse en locales bien ventilados, a temperaturas ambientales bajas a moderadas (preferiblemente menores de 25°C), y evitando exposición al sol, el calor, la luz directa y la humedad.

Es recomendable que la preparación de la premezcla se sincronice con la producción del azúcar fortificada, de tal forma que las cantidades de premezcla que están siendo preparadas sean utilizadas en los ingenios azucareros relativamente pronto, reduciendo al máximo el tiempo de almacenamiento en bodegas. Debe asegurarse que la premezcla sea suministrada y utilizada en la secuencia en que ésta está siendo fabricada. Esto es, utilizar la regla de "lo primero que es producido, es lo primero en ser utilizado"

De sobrar retinol de una zafra a otra, es preferible que sea la materia prima (250-CWS) y no premezcla ya preparada, ya que la estabilidad de la primera en su envase original es muy buena. De todas formas, debe asegurarse que el fortificante sea utilizado dentro de la fecha de garantía indicada por el productor. Si se pasa esta fecha, el producto aún puede emplearse, pero su potencia vitamínica debe confirmarse analíticamente y hacerse las correcciones pertinentes. La premezcla sobrante de zafras anteriores podría utilizarse confirmando previamente sus niveles de vitamina A y peróxidos, de tal manera que éstos se encuentren dentro de los valores apropiados.

II. PREPARACION DE LA PREMEZCLA

A. Introducción

La *premezcla* es el producto constituido por la combinación de azúcar y el compuesto fortificante de palmitato de retinol y que se agrega al azúcar que está siendo fabricada en el ingenio; de ahí su designación de "premezcla". Como ya se explicó anteriormente, además del azúcar y el compuesto de retinol, la premezcla contiene aceite vegetal y un antioxidante apto para consumo humano. La premezcla es un producto amarillo pálido uniforme, de flujo libre, ligeramente grasosa al tacto, y con el olor característico del retinol. Premezclas viejas, mal fabricadas o inadecuadamente conservadas pueden adquirir olor anormal e indeseable a rancidez, causado por la oxidación del aceite.

El nivel de retinol en la premezcla es equivalente a la concentración final promedio de retinol que se desea en el azúcar multiplicado por un factor equivalente a la magnitud de la dilución de la premezcla durante la fabricación del azúcar fortificada, y añadiendo usualmente 10% para compensar por pérdidas durante el almacenamiento y el proceso de producción. Hasta la fecha, los países que han instaurado la fortificación de azúcar con vitamina A han seleccionado un nivel promedio de 15 µg/g de retinol en el azúcar y la fabrican realizando una dilución 1:1000 de la premezcla, por lo que la concentración promedio de retinol en ésta debe ser 16.5 mg/g.

La premezcla se fabrica con azúcar de similar calidad con la que será diluida en el ingenio, con el propósito de que el producto final sea lo más homogéneo posible. La premezcla se elabora con un equipo mezclador apropiado para la producción de alimentos destinados a humanos, recomendándose que sea de acero inoxidable. La premezcla es almacenada y distribuida dentro de un doble envase, cerrado lo más herméticamente posible. Este doble envase está constituido por un saco exterior de polipropileno y una bolsa interior de polietileno negro, con el propósito de reducir la exposición de la premezcla a los factores ambientales que pueden dañarla (p.e. calor excesivo, humedad y luz). El saco exterior debe estar adecuadamente rotulado indicando, como ya se mencionó, que el producto no es apropiado para consumo humano directo (ver anexo 2.1). Se recomienda que los envases no sean de más de 25 kg (55 lbs), para facilitar su transporte hasta los sitios de uso dentro del ingenio.

En la práctica, es conveniente que la premezcla sea elaborada en uno solo o pocos lugares, desde donde se distribuye a los ingenios involucrados en el programa de fortificación. La fabricación de la premezcla debe iniciarse pocas semanas antes del comienzo de la zafra, y programarse de tal forma que no ocurra escasez durante el período de zafra ni queden excedentes significativos a su finalización. Vale hacer énfasis en que, en el peor de los casos, el producto que no se utilice debe recogerse, almacenarse en un lugar fresco y seco. La premezcla almacenada por más de dos meses debe ser analizada, tanto para determinar su actividad vitamínica como el nivel de peróxidos; esto es especialmente importante en ambientes húmedos y calurosos.

Con el propósito de que la producción de premezcla se inicie sin contratiempos, los ingredientes y materiales necesarios deben ser ordenados por lo menos con 6 meses de anticipación (ver sección II.C para detalles).

B. Planta de producción de premezcla

La planta de producción debe estar estratégicamente situada en un punto aproximadamente equidistante de todos los ingenios a los que se suministre la premezcla, en un lugar lo más fresco y seco posible. El local en donde se fabrica la premezcla podría ser específicamente construido; sin embargo, se recomienda que éste se localice en uno de los ingenios. La planta debe contar con suministro continuo de agua potable y energía eléctrica, e idealmente con servicio de teléfono y/o fax.

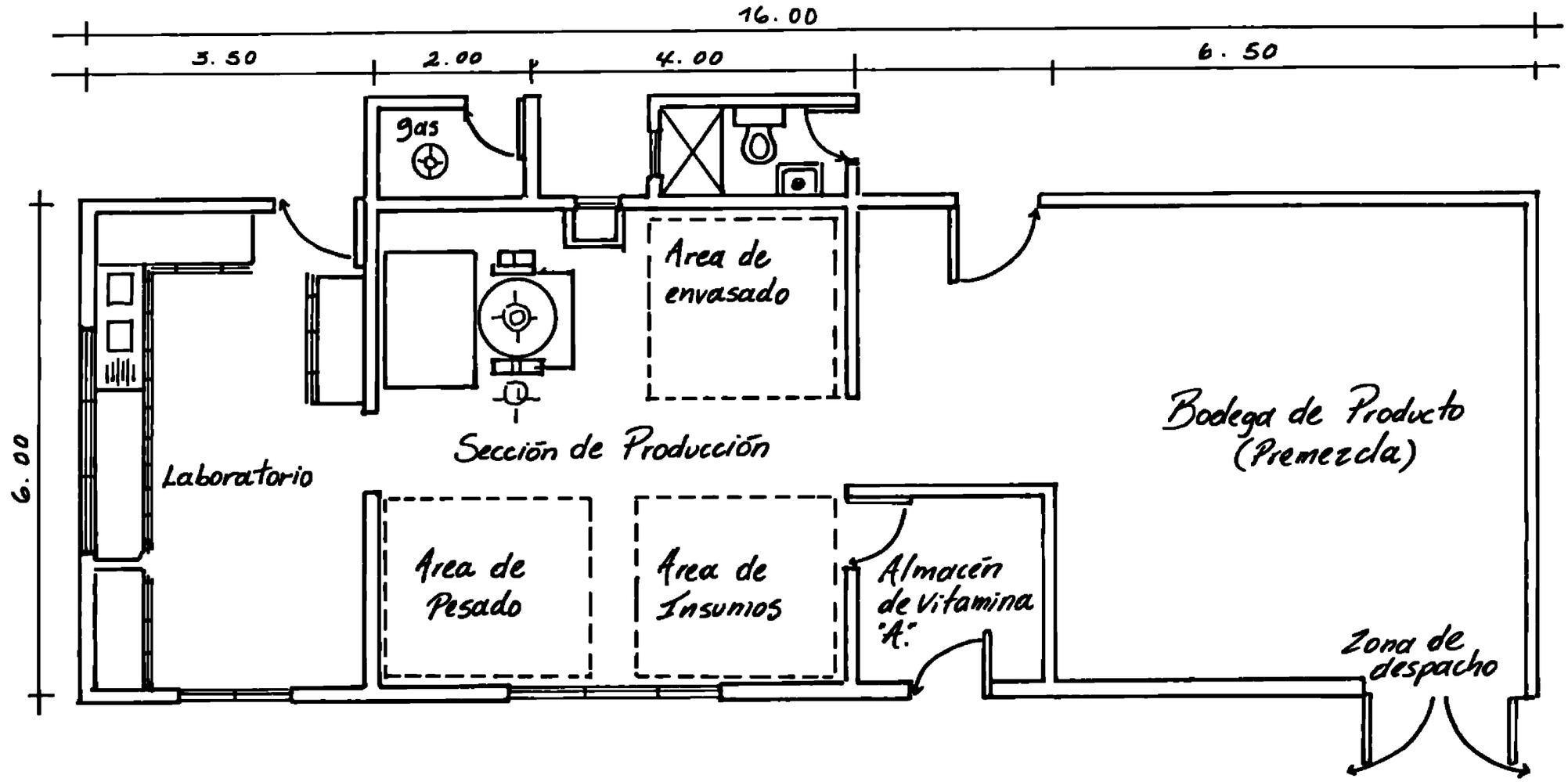
La planta de producción debe tener por lo menos tres secciones: bodega de materias primas, un área de producción y envasado, y una bodega de producto elaborado. La figura 2.1 muestra un ejemplo de los planos de una planta productora de premezcla.

Las bodegas deben tener un ambiente ventilado y seco, y su interior debe estar protegido de la exposición a la luz solar directa y a la invasión de insectos, roedores y cualquier otra plaga ya que en ella se almacenan los ingredientes requeridos en la producción, así como el material para el envasado y el producto elaborado. Estos locales deben tener una puerta suficientemente grande hacia el exterior, para facilitar la carga y descarga de los vehículos de transporte.

La sección de producción debe acomodar a la mezcladora, las básculas, una balanza analítica, un baño de agua o estufa, y un cilindro de nitrógeno. La iluminación natural y artificial debe ser suficiente, pero no excesivamente intensa. El piso debe ser liso e impermeable para facilitar su aseo. Se recomienda considerar varias fuentes de agua y drenajes para facilitar la labor de limpieza.

El envasado puede localizarse en la bodega, en el área de producción, o en un punto intermedio entre ambas. Aquí deben estar situadas una báscula, una máquina selladora de los envases, un rotulador, un escritorio y un archivo para guardar los documentos de registro de producción, control de calidad y despachos. En este sitio deben colocarse el botiquín de primeros auxilios y equipo para extinguir incendios.

Figura 2.1:
PLANO DE LAS INSTALACIONES DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE PREMEZCLA[5]



5 Este plano fue elaborado con base en una propuesta hecha por Norman E. Guandique. del Ministerio de Salud Pública de Honduras, al ingenio Yojoa. responsable de fabricar la premezcla en Honduras.

C. Preparación

1. Equipo

a. Mezcladora de acero inoxidable, idealmente con una capacidad superior a 150 kg. Es recomendable que se almacenen suficientes cantidades de repuestos de las partes reemplazables recomendados por el fabricante. En el anexo 2-2 se ilustra y se describe un prototipo de una mezcladora que ha dado resultados satisfactorios.

b Dos *básculas* con capacidad de 100 kg, una para pesar el azúcar con la que se fabricará la premezcla y la otra para pesar la premezcla durante su envasado. Debe verificarse constantemente que este equipo esté calibrado.

c. *Balanza de laboratorio* con sensibilidad en centígramos para pesar el antioxidante. Periódicamente debe verificarse su exactitud

d. *Baño de agua o estufa para calentar* el aceite, preferiblemente con sistema de mezclado automático, y en donde se incorpore un sistema de burbujeo de nitrógeno. (Este baño no se requiere si se cuenta con la mezcladora prototipo).

e. *Agitador eléctrico* para mezclar el aceite y el antioxidante. (Este no se requiere si se cuenta con la mezcladora prototipo).

f. *Cilindros de nitrógeno y sistema de burbujeo* al recipiente para el calentamiento del aceite. (El sistema de burbujeo no se requiere si se cuenta con la mezcladora prototipo).

g. Dos *carretillas acarreadoras* con capacidad mínima de 125 kg para transportar la premezcla del sitio de producción al lugar de su envasado.

h. *Máquina cosedora* de las bolsas de envase.

i. *Rotulador* para identificar secuencialmente los envases de la premezcla.

2. Materiales

a. *Probeta de 4000* mL para medir el aceite.

b. *Erlenmeyer* o *Balón de fondo plano de 2 litros* para calentar el aceite y el antioxidante. (Este no se requiere si se usa la mezcladora prototipo).

c. *Espátula* para aplicar el antioxidante.

d. *Bolsas negras de polietileno* de 25 kg de capacidad (p.e. 45 cm X 70 cm) y de grueso adecuado para evitar su ruptura durante el manejo de la premezcla.

e. *Sacos de polipropileno* de 25 kg de capacidad (p.e. 50 cm X 80 cm).

f. *Cuaderno de registro y formulario* para asentar los datos de producción y despacho de premezcla.

3. Ingredientes y formulación

a. *Azúcar* Esta debe ser del mismo tipo que el azúcar a la cual se agregará la premezcla.

b. *Palmitato de retinol (compuesto fortificante)*. El retinol para la fortificación del azúcar se encuentra en un microencapsulado que es fabricado por Hoffman-La Roche[6] y BASF [7] El prototipo es el compuesto conocido como 250-CWS, contiene 250,000 UI de retinol por gramo (75 mg/g) de donde deriva el 250 de su nombre. Las siglas CWS significan "Cold-Water Soluble", esto es, "soluble en agua fría". El palmitato de retinol está dentro de una matriz de gelatina en combinación con antioxidantes (butil-hidroxi-anisol, BHA, y butil-hidroxi-tolueno, BHT) y otras sustancias que lo hacen hidrodispersable.

c. *Antioxidante*. El prototipo actualmente utilizado es el Ronoxán-A, producido por Hoffman-La Roche, que está compuesto de di-α-tocoferol (50 mg/g), palmitato de ascorbilo (250 mg/g) y lecitina (700 mg/g). El propósito de esta sustancia es reducir la velocidad de oxidación del aceite vegetal que se utiliza en la preparación de la premezcla. Debe mantenerse refrigerado (< 10°C), en el envase original hasta por 9 meses. Una vez abierto, el producto debe utilizarse dentro de un mes.

d. *Aceite vegetal*. El aceite debe tener el contenido más bajo posible de peróxidos. El nivel máximo de peróxidos especificado es 5 meq/kg, lo que debe confirmarse previo a su uso. La parte 3 de este manual incluye un método para este análisis. El prototipo es el aceite de maní; sin embargo, otros aceites similares pueden ser utilizados, tales como el de palma

---

6. Hoffman-La Roche: CH4002, Basel, Switzerland. Tel.: 061-688-1111. Fax: 061-691-9600.
7 BASF: 6700 Ludwigthafen-Rehin, Ludwigthafen, Germany. Tel. 049-621-600. Fax 049-621-604/622-525.

africana y el de maíz.[8] Como ya se dijo, la función del aceite es adherir las microcápsulas de vitamina A a los cristales de azúcar y así evitar su segregación.

e. *Nitrógeno* El gas inerte no es en realidad un ingrediente de la premezcla, pero se requiere para reducir la oxidación del aceite vegetal.

La tabla 2.1 presenta la formulación recomendada para la premezcla. En el caso que se desee cambiar el nivel final de retinol en el azúcar fortificada, se sugiere que esto se haga ajustando la proporción de premezcla agregada al azúcar, manteniendo inalterada la composición propuesta para la premezcla. Asimismo, se recomienda emplear una mezcladora lo suficientemente grande (capacidad de 150 kg o más) para utilizar el contenido completo de una bolsa original del fortificante, que es de 25 kg. De no contarse con una mezcladora con esa capacidad, debe pesarse la cantidad correspondiente del fortificante para mantener las proporciones señaladas.

Tabla 2.1: Formulación de Premezcla *(Nivel promedio de retinol de 16.5 mg/g)*

Ingredientes	**% Peso**	**Cantidad** *(kg)*
Azucar	76.35	86.63[a]
250-CWS	22.03	25.00
Antioxidante (Ronoxán A)	0.008	0.009
Aceite vegetal	1.60	1.82[b]
TOTAL	**100.00**	**113.459**

a. Equivalente a 190 lbs.
b. Equivalente a 2.0 litros.

La tabla 2.2 presenta un ejemplo de los ingredientes y materiales consumibles que deben adquirirse para producir 100,000 T.M. de azúcar fortificada, así como sus costos aproximados. Las cantidades de materiales para una cantidad dada de azúcar por fortificar puede ser calculada con los datos de ese tabla, empleando las ecuaciones siguientes:

$$Cantidad\ del\ material = \frac{Q \times Producción\ (TM)}{100{,}000}$$

En donde Q es la cantidad del material o ingredientes que aparecen en la tabla 2.2.

---

8 Mejía L.A. y Pineda O. 1986. Substitucion del Aceite de Mani usado para la Fortificación de Azúcar con Vitamina "A" por otros Aceites Vegetales disponbiles en Centroamérica. *Arch. Latinoamer. Nutr.* **36**:127-134

Si la producción se mide en quintales,[9] la ecuación es:

$$Cantidad\ de\ material = Q \times Producción\ (millones\ qq) \times 0.454$$

Tabla 2.2: Ingredientes y materiales necesarios para Fabricación de 100,000 toneladas métricas de Azúcar Fortificada con Vitamina A *(Nivel promedio de retinol de 15 µg g)*

Ingredientes y Materiales	Cantidad	Costo Unitario[10]	Costo total *(US$)*[11]
Azucar	76,350 kg	$0.40/kg	$30,540
250-CWS	22,030 kg	$915/25 kg	$806,298
Antioxidante (Ronoxán)	8 kg	$36/kg	$288
Aceite vegetal	2,000 L	$200/200 L	$2,000
Bolsas negras de polietileno	4,000	$67/millar	$268
Bolsas de polipropileno	4,000	$180/millar	$720
Nitrogeno	2 cilindros de 100 lbs	$10/cilindro	$20
Total			**840,134**

4. Acciones iniciales

Un mes antes del principio de la fabricación de la premezcla deben realizarse las siguientes tareas:

a. *Cerciorarse* de:

   i. que se dispone del equipo y todos los materiales listados en secciones II.C.1 y II.C.2.

   ii. que se cuenta con suficientes cantidades de todos los ingredientes listados en sección II.C.3 (ver tabla 2.2).

   iii. que el envase es adecuado, con una bolsa de polietileno negra en el interior, y un saco de polipropileno o material equivalente con la rotulación apropiada en el exterior.

b. *Verificar* la calibración de las básculas y la balanza analítica.

c. *Inspeccionar* las partes mecánicas de la mezcladora, tales como sellos, boquillas, engranajes, y empaques.

---

9 Un quintal (qq) es igual a 100 libras, o aproximadamente 45.4 kilogramos.

10 Basado en datos de 1995

11. Al menos que sea especificamente señalado, la moneda que se utiliza en este documento es la de dolares estadounidenses.

d. *Revisar* el sistema eléctrico, y el funcionamiento de las medidas de seguridad del equipo para evitar daños a los mismos y riesgos a la salud de los operarios.

e. *Confirmar* la efectividad del tiempo indicado de mezclado con el equipo disponible, elaborando un lote de premezcla y determinando el nivel y la homogeneidad del retinol. Esto se hace tomando dos muestras (una por la compuerta superior y otra por la compuerta inferior de la mezcladora), después de diferentes periodos de mezclado

5. Procedimiento

a. *Despejar*, *limpiar* y *organizar* el área de trabajo para una mejor movilidad, seguridad y rapidez en la operación. La figura 2.2 muestra el arreglo básico del sitio de producción de la premezcla

b. Si la mezcladora tiene incorporado el depósito para el calentamiento del aceite, *verificar* que el espacio anular entre la paredes cilíndricas externa e interna del depósito esté lleno con glicerina. Debido a la facilidad con que se evapora el agua, ésta no debe usarse en lugar de glicerina.

c. *Agregar* dentro de la mezcladora la cantidad correcta de azúcar y fortificante. Se recomienda que los ingredientes se agreguen en forma de "sandwich", es decir primero una parte de azúcar, luego el fortificante, y finalmente el resto del azúcar; esta práctica facilita un mezclado mejor (panel A, figura 2.3). Se sugiere instalar un sistema mecánico o semiautomático (polea manual, p.e.) que facilite a los operarios introducir los ingredientes dentro de la mezcladora (paneles B y C, figura 2.3).

d. *Mezclar* (panel D, figura 2.3) por un período de tiempo equivalente a un tercio del total del tiempo determinado para un buen mezclado (ver sección 4.e., atrás). De acuerdo con la experiencia éste es de 5 a 10 minutos.

e. Mientras ocurre la primera etapa de mezclado, *medir* con la probeta graduada la cantidad de aceite a utilizar y *colocarlo* en la cámara para calentamiento del aceite o en un balón de fondo plano dentro del baño de agua a 60°C (panel E, figura 2.3). El aceite debe burbujearse continuamente con nitrógeno.

f. Al aceite caliente *agregar* la cantidad necesaria de antioxidante (Ronoxán A). Mientras se continúa el burbujeo con nitrógeno, *mezclar* el aceite con un agitador mecánico hasta lograr la disolución completa del antioxidante (aproximadamente 5 minutos).

g. Si la mezcladora tiene el depósito de aceite incorporado, *abrir* la válvula que comunica éste con la cámara de la mezcladora (panel F, figura 2.3). De lo contrario, *parar* la mezcladora y *agregar* manualmente el aceite con el antioxidante.

h. *Continuar* con la segunda etapa del mezclado (de acuerdo con la experiencia, durante 10-20 min).

i. Mientras ocurre la segunda etapa de mezclado, *preparar* las cantidades de azúcar, 250-CWS, aceite y antioxidante necesarios para la producción del siguiente lote de premezcla.

j. *Parar* la mezcladora y *descargar* la premezcla sobre la carretilla transportadora (panel G, figura 2 3) y *trasladarla* al sitio de envasado.

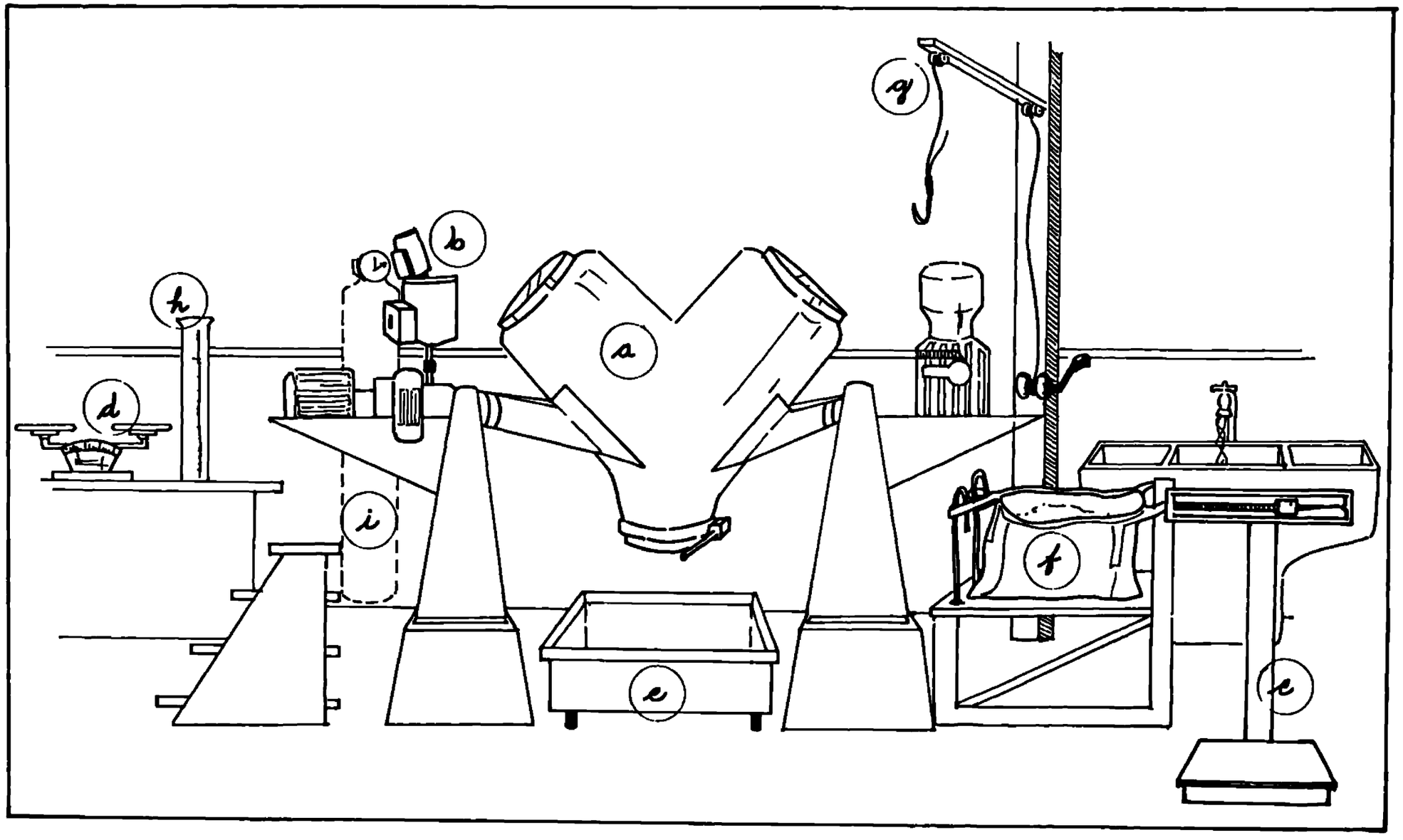
La operación completa descrita anteriormente toma aproximadamente de 20 a 35 minutos por cada lote. Por lo tanto, puede esperarse que se produzcan cerca de 19 lotes en una jornada de trabajo de 8 horas, o sea 2155 kg de premezcla si se usan las cantidades ejemplificadas en la tabla 2.1. Esto significa 46 dias de trabajo para preparar suficiente premezcla para fortificar 100,000 T.M. de azúcar.

D. Envasado, registro y etiquetado

La sección de envasado debe estar cerca del lugar de producción, pero independiente de éste. Una de las carretillas acarreadoras es llevada con la premezcla recién preparada hasta el sitio de envase, en donde se realizan las siguientes tareas:

1. *Llenar* manualmente los envases, los que se colocan sobre una báscula (panel H, figura 2.3). Como se dijo anteriormente, se recomiendan envases no mayores de 25 kg (55 lbs) para facilitar su transporte hasta el lugar de uso de la premezcla en los ingenios.

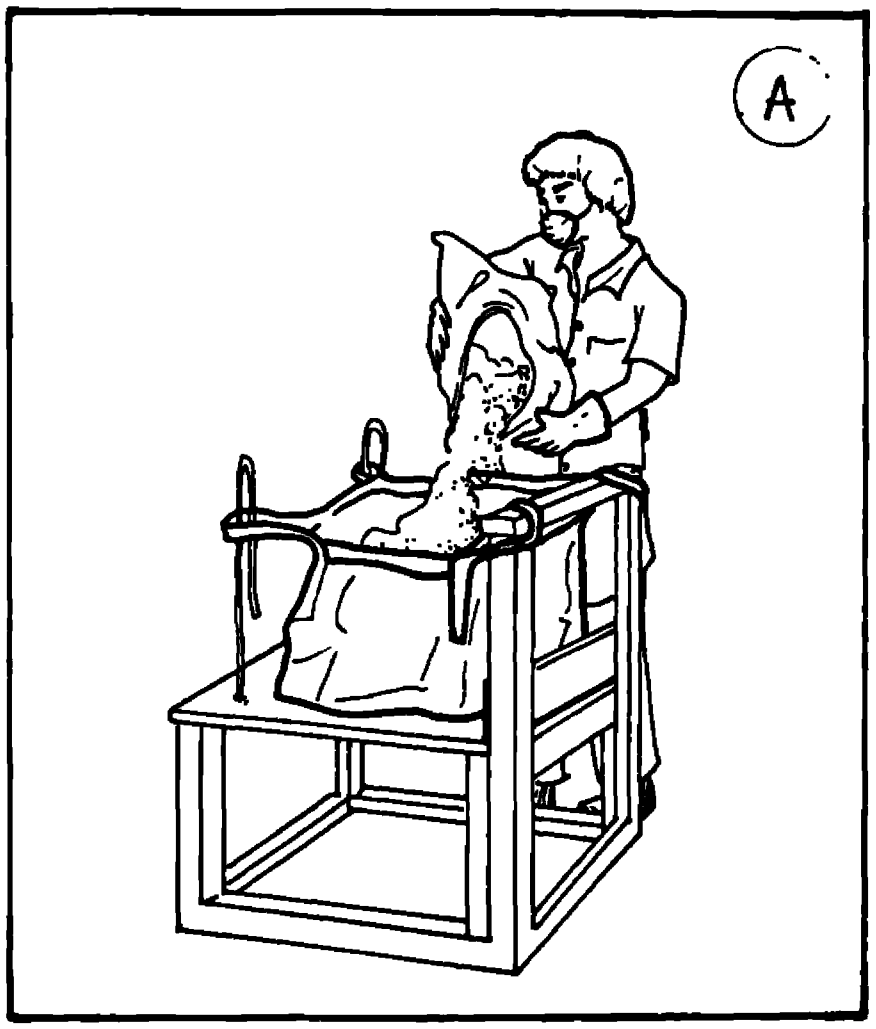
Figura 2.2:
VISTA GENERAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PREMEZCLA



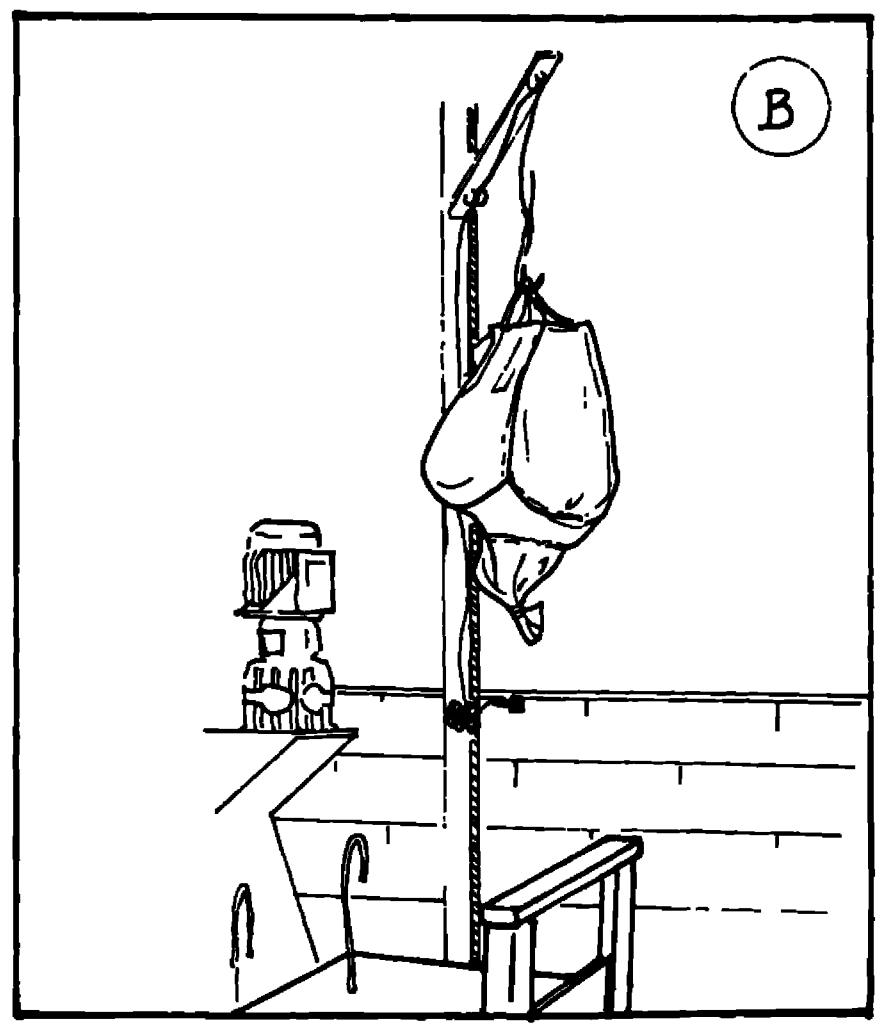
a Maquina mezcladora
b Baño para calentar el aceite
c Balanza para pesar el antioxidante
d Bascula para pesar el azucar
e Carretilla acarreadora
f. Bolsa de polipropileno en donde se forma el "sandwich" azúcar-retinol
g. Polea para trasladar el "sandwich" a la entrada de la mezcladora
h. Probeta para medir el aceite
i. Cilindro de nitrógeno

Nota El sistema aquí ilustrado es el actualmente empleado por la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA).

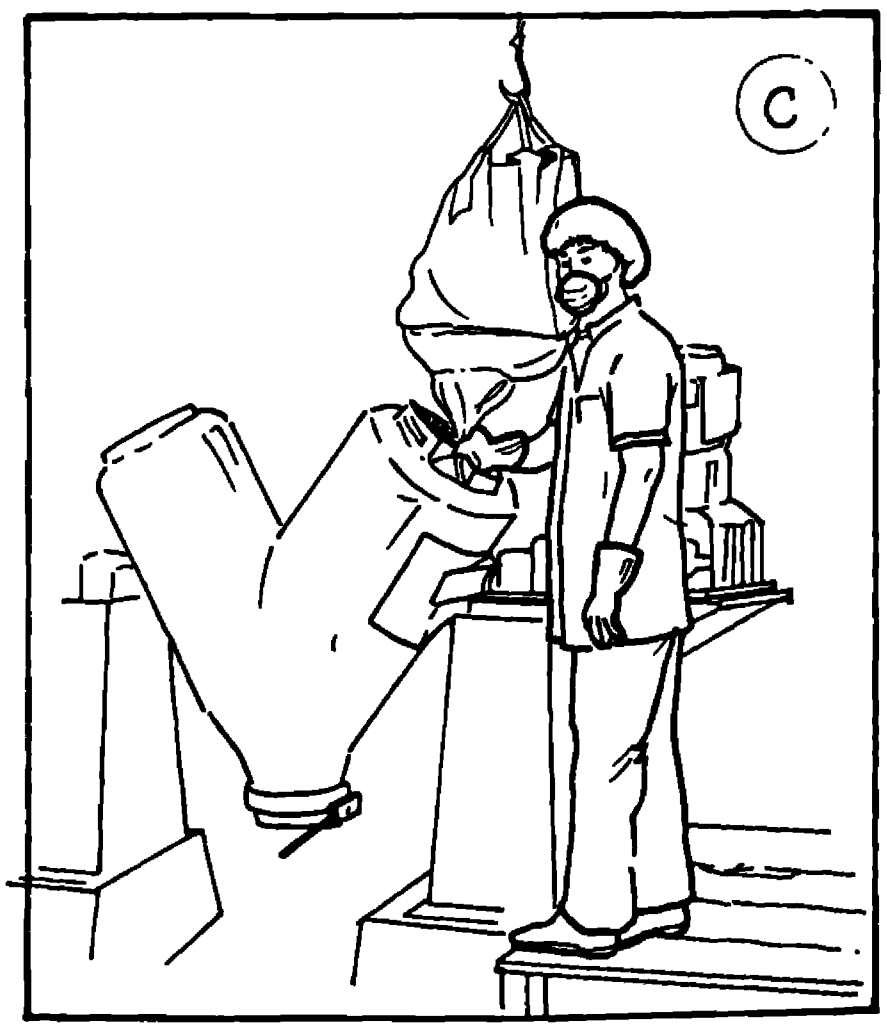
Figura 2.3
ILUSTRACION DE ALGUNAS ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRODUCCIÓN DE PREMEZCLA



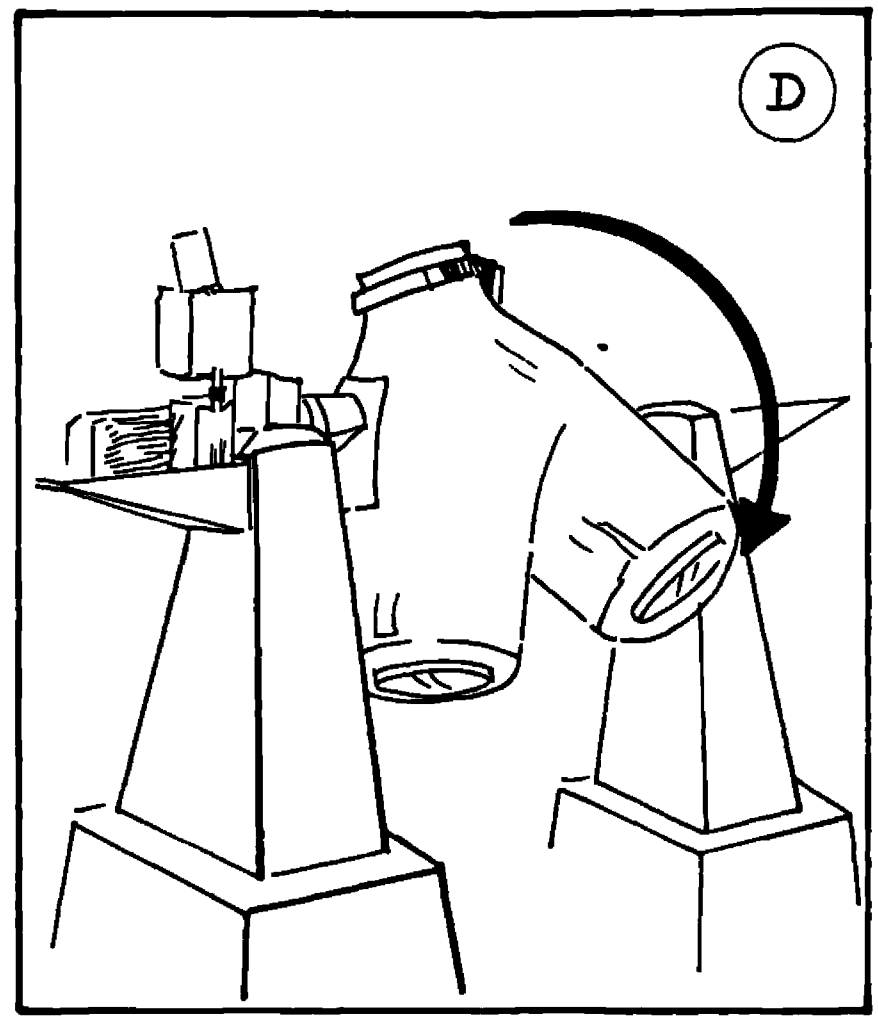
A Formación del "sandwich" azúcar-retinol-azúcar en un contenedor de polipropileno



B. Traslado de los ingredientes a la mezcladora

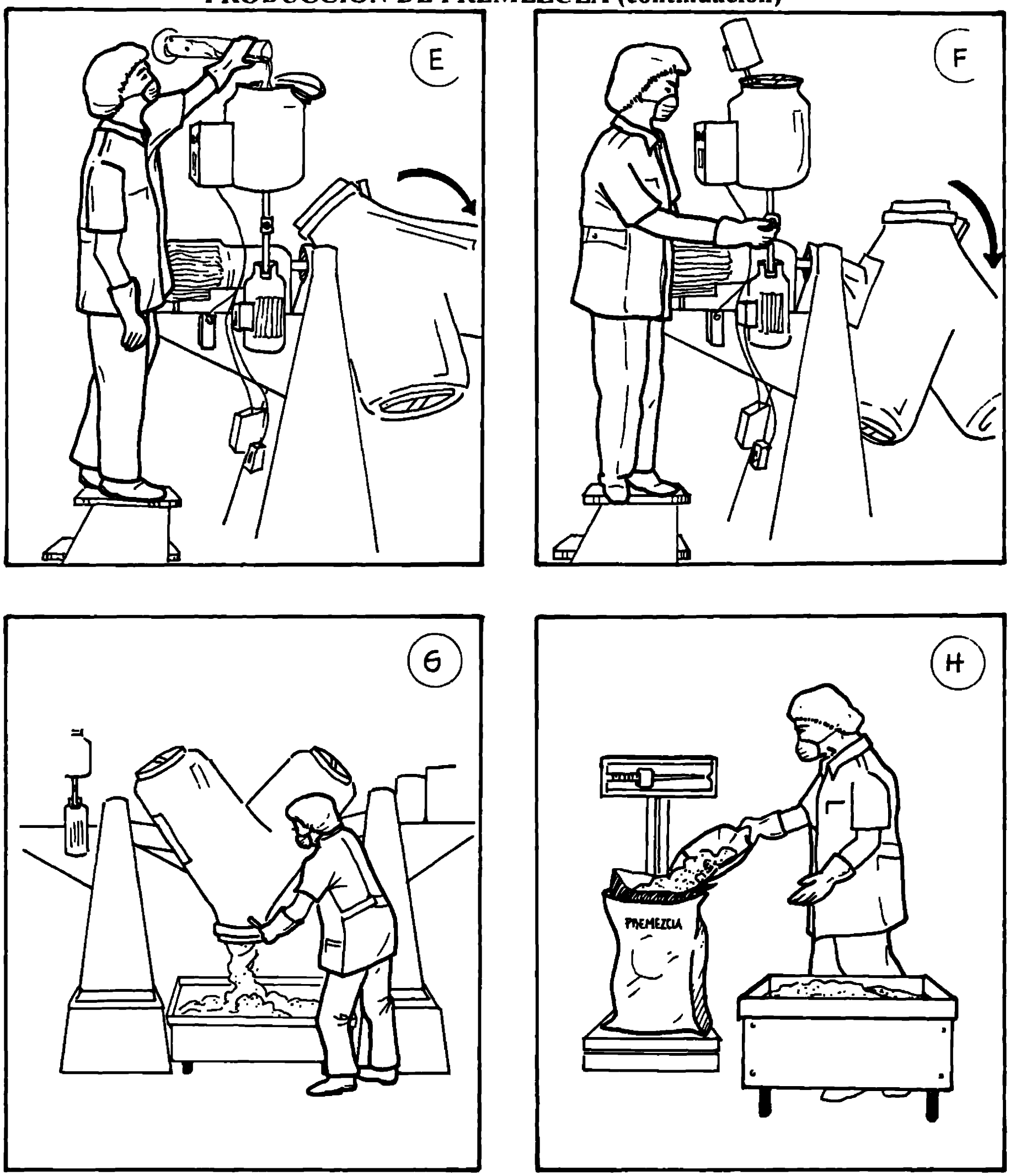


C Agregado del "sandwich" dentro de la mezcladora.



D. Inicio del mezclado.

Figura 2.3
ILUSTRACION DE ALGUNAS ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRODUCCIÓN DE PREMEZCLA (continuación)



E. Agregado del aceite y el Ronoxán dentro del baño de agua.

F. Transferencia de la mezcla aceite-Ronoxán al interior de la mezcladora.

G. Vaciado de la premezcla sobre la carretilla acarreadora.

H. Pesado y envasado de la premezcla.

2. *Cerrar* el envase por medio de varias costuras con la máquina cosedora, dejando el mínimo posible de espacio libre.

3. Con el rotulador, *anotar* en la etiqueta el número secuencial correspondiente.[12] Un ejemplo de esta etiqueta se muestra en el anexo 2.1.

4. *Estibar* los sacos con premezcla sobre tarimas de madera, en un lugar lo más fresco, seco y menos iluminado posible La estibación de los sacos debe ser en tal forma, que su despacho pueda hacerse en el orden en el que fueron producidos.

5. *Anotar*, en el formulario de registro, la identificación de los sacos de premezcla producidos, la fecha y la hora de producción. Un ejemplo de este formulario se muestra en el anexo 2.3.

6. *Despachar* la premezcla en la secuencia en que ésta fue producida, registrando en formularios adecuados la fecha, lugar de destino e identificación de las bolsas despachadas. Un ejemplo de este formulario se presenta en el anexo 2.4.

E. Control de calidad

La premezcla se produce en un sistema cerrado, en el que los ingredientes y procedimientos son invariables y por lo tanto el riesgo de cometer errores es mínimo. No obstante, su calidad y el cumplimiento de las especificaciones deben vigilarse continuamente. La premezcla debe estar sujeta a un control visual y un control químico.

Control Visual. Los trabajadores responsables de la producción deben observar las características físicas de la premezcla: color amarillo claro y uniforme, flujo libre y sin grumos, y ausencia de olor a rancidez.

Control Químico. Idealmente, la fábrica de premezcla debiera contar con el servicio de un laboratorio químico capaz de efectuar la determinación de retinol.[13] Los resultados deben conocerse lo más pronto posible, con el propósito de que se corrijan posibles errores con prontitud. La experiencia hasta la fecha sugiere que la determinación de retinol en la premezcla, una vez que el proceso ha sido estandarizado, debe hacerse por lo menos dos veces al día, tomando muestras de 10 gramos en frascos herméticos de plástico o de vidrio opaco. Debe anotarse el día y la hora en que la premezcla muestreada fue producida.

---

12. Se sugiere que el número secuencial de identificación sea antecedido por los últimos dos dígitos del año en el que se inicia la elaboración de la premezcla. Por ejemplo, la identificación del primer saco de premezcla de la producción iniciada en la zafra de 1995, llevaría el número 95-0001, mientras que el centésimo la numeración 95-0100

13. Un método sencillo y confiable se incluye en la parte 3 de este manual, *Metodología Analítica para el Control y Evaluación de la Fortificación de Azúcar con Vitamina A*.

Si el nivel de retinol de la premezcla cae afuera del rango estipulado, el supervisor de la fabricación de la premezcla debe investigar e identificar la causa del problema, p.e: la actividad vitamínica del fortificante es baja o se han cometido errores de peso durante la preparación de la premezcla. Lotes que contienen cantidades inadecuadas (exceso o defecto) de retinol deben ser reprocesadas, añadiendo azúcar o retinol según el caso.

El técnico encargado del control de calidad de la premezcla debe enviar los resultados al encargado de producción. Además, debe llevar un registro de los resultados analíticos. Estos pueden presentarse en forma tabular o gráfica. Un ejemplo aparece en la figura 2.4. Se recomienda como criterio de éxito que el 90% de las muestras analizadas tengan los niveles de retinol dentro de un intervalo del 10% a ambos lados de la media especificada. Si el promedio deseado es de 16.5 mg/g, este intervalo estaría entre 14.9 y 18.1 mg/g.

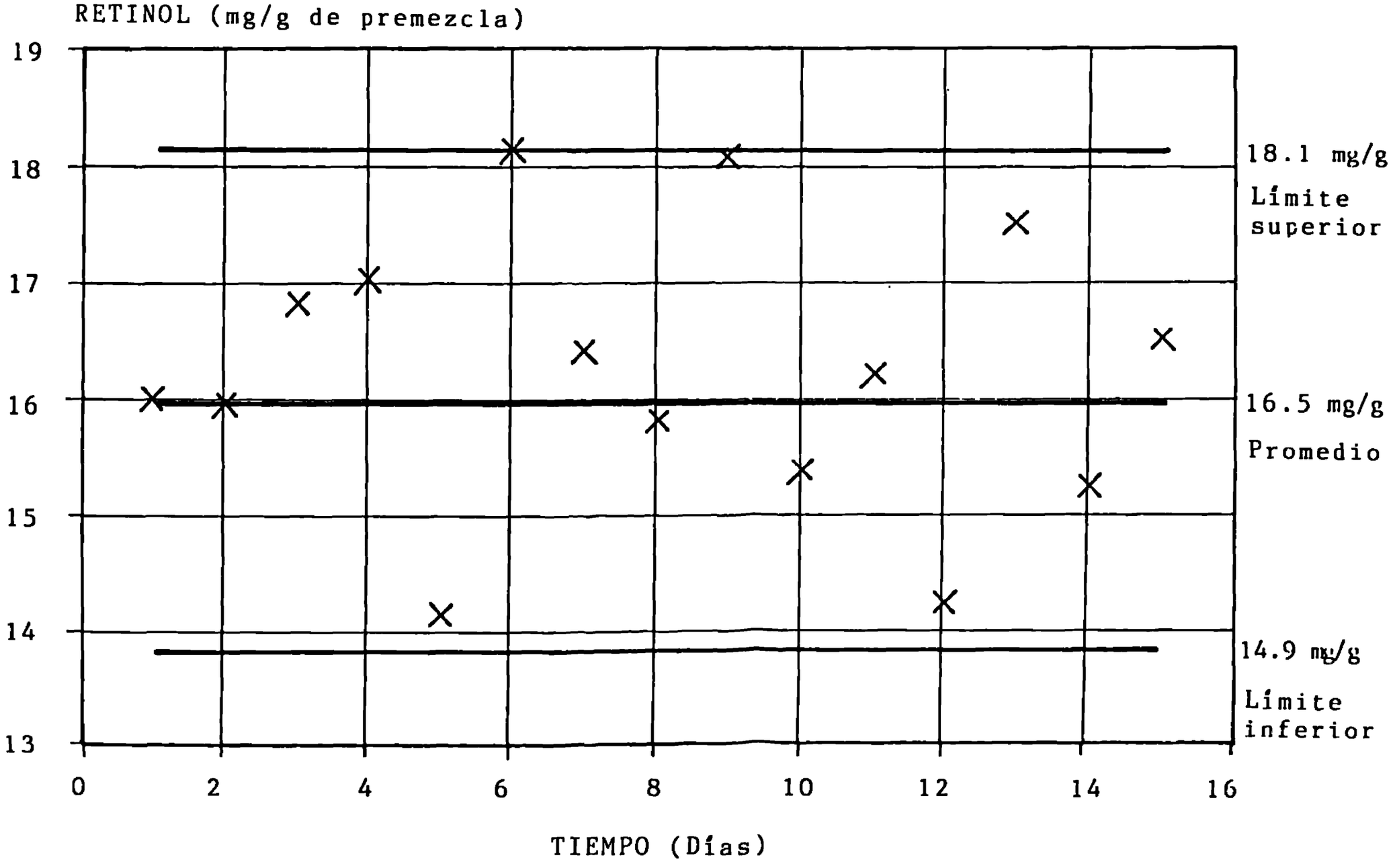
Cuadro 2.1:
Tareas de Mantenimiento del Equipo Utilizado en la Fabricación de Premezcla

Al final de cada día	*Lavar* la mezcladora con agua y jabón o detergente. *No usar* cepillos metálicos, para evitar daños a las paredes de la máquina. *Asegurarse* de que quede completamente seca y *evitar* que se contamine antes del próximo uso.
Cada semana	*Revisar y limpiar* las partes accesibles del aparato. *Verificar* el estado de las partes más susceptibles al daño.
Cada mes	*Revisar* los niveles de aceite y engrase en los engranajes del diferencial y los ejes, así como el sistema de aspersión de la mezcladora.
Al principio y final de la zafra	*Revisar* los carbones de los motores y los cojinetes de la mezcladora, asegurando su buen estado de funcionamiento.

F. Mantenimiento y cuidado del equipo

La eficiencia del proceso y el tiempo de vida útil del equipo dependen del uso correcto del mismo y de su mantenimiento preventivo. Además de seguirse las instrucciones de mantenimiento del fabricante, se considera importante resaltar las tareas mencionadas en el cuadro 2.1

Figura 2.4:
GRAFICA DE CONTROL DE CALIDAD DE LA PREMEZCLA FORTIFICADA



G. Recursos humanos

La preparación de la premezcla requiere por lo menos de dos operarios. Uno de ellos se encarga del manejo de la mezcladora y de todas las tareas relacionadas con la producción, mientras que el otro se responsabiliza del transporte de la premezcla del sitio de producción al de envasado y de las actividades de envasado, etiquetado, almacenamiento, despacho y registros. Este último operario también se encarga de tomar las muestras y remitirlas al laboratorio.

Además de estas dos personas, debe contarse con un técnico que haga los análisis químicos de la premezcla. Con el propósito de hacer el uso más eficiente del recurso humano, esta función podría asignarse a uno de los técnicos permanentes del laboratorio de control de calidad del ingenio en el cual se prepara la premezcla. Si esta condición no existe, la planta productora de premezcla tiene que tener su propio laboratorio y el personal necesario para realizar los análisis del control de calidad.

III. PREPARACION DE AZUCAR FORTIFICADA

A. Introducción

La premezcla recibida de la planta de fabricación debe ser almacenada en el ingenio en una bodega que ofrezca condiciones similares a aquéllas requeridas en la planta productora de premezcla. La persona encargada debe anotar la fecha de recepción y almacenar los sacos en tal forma que su uso coincida con el orden de su producción y entrada. Los sacos de premezcla deben ser llevados al área del ingenio donde se agrega al azúcar poco tiempo antes de su uso, despachándolos solamente en las cantidades necesarias para su pronta aplicación.

El agregado de la premezcla al azúcar puede realizarse en cualquier punto desde las centrífugas de lavado hasta las tolvas de envasado, como se ilustra en la figura 2.5. El sitio usual de aplicación de la premezcla es previo a las turbinas de secado ya que en ellas el mezclado es intenso. Estudios recientes basados en análisis por balance de materiales, revelaron que cuando la premezcla se agrega antes de la etapa de secado, se pierde una parte del retinol presente en la premezcla, la que puede variar entre el 10% y el 20% de acuerdo a la estructura de cada ingenio.[14] En efecto, durante el secado, algunas microcápsulas del compuesto de retinol son desprendidas de la superficie de los cristales de azúcar y pasan a integrarse a lo que se conoce como el "polvillo", que se escapa de la secadora. Por tal razón, la premezcla se prepara con un porcentaje de exceso con el objeto de compensar estas pérdidas. La pérdida puede estimarse comparando el contenido de retinol final en el azúcar con el valor teórico esperado, el cual se calcula con base en el contenido de retinol en la premezcla y la magnitud de su dilución al agregarla al azúcar.

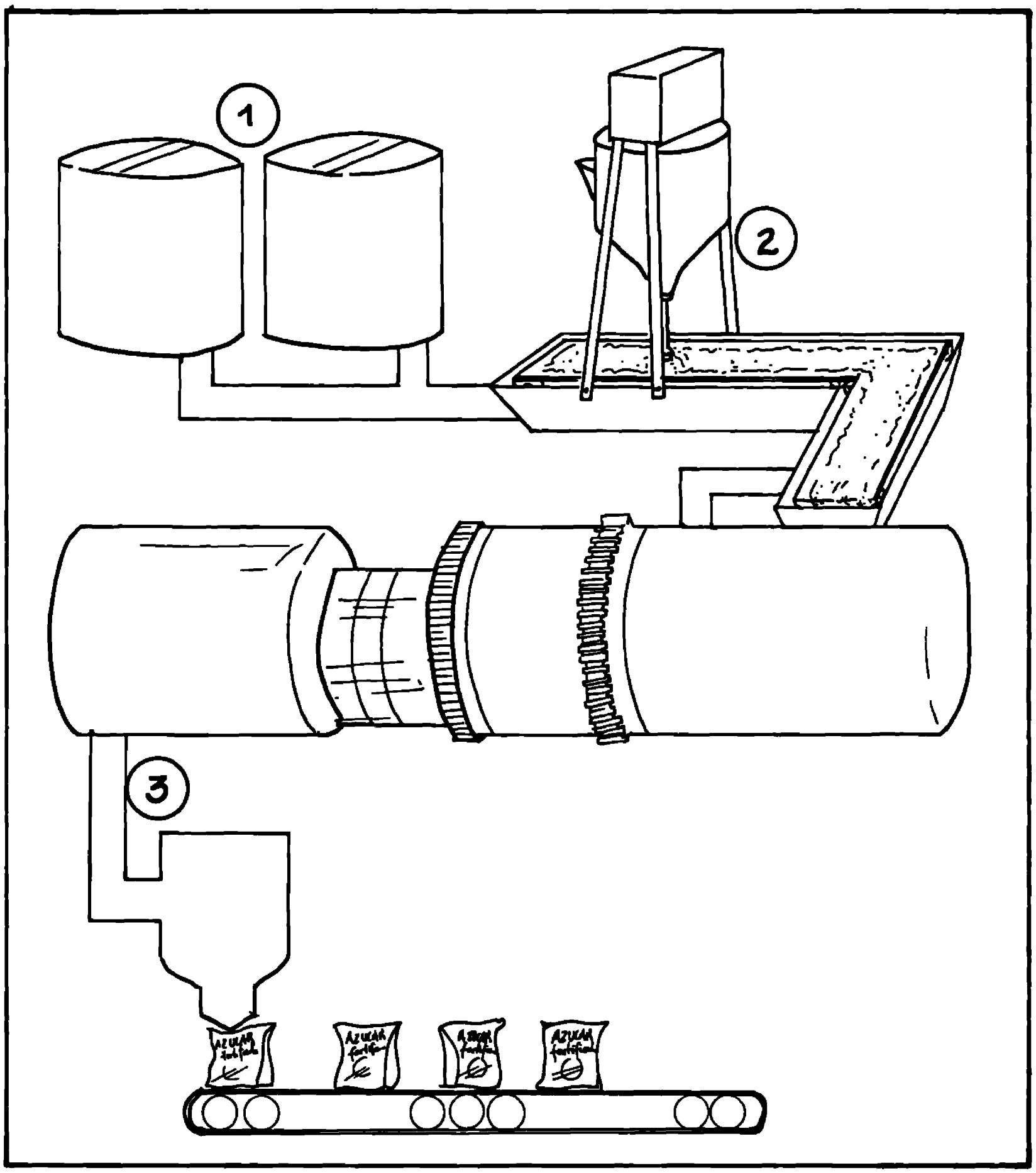
La premezcla puede agregarse al azúcar en dos formas: manualmente o utilizando una máquina dosificadora automática. La operación *manual* consiste en que el operario agrega la premezcla al azúcar dentro de cada centrífuga (punto 1, figura 2.5) con un recipiente adecuadamente calibrado, inmediatamente antes de su descarga o cuando el volumen de azúcar empieza a pasar por el canal de conducción (punto 2, figura 2.5). El procedimiento *automático* requiere de una máquina dosificadora que vierta la premezcla a una velocidad que corresponde a la cantidad de azúcar que pasa por el canal de conducción hacia las turbinas de secado, como se describirá en detalle más adelante.[15]

---

14 Un estudio que muestra este tipo de pérdida fue llevado a cabo por P.A. Murillo Martínez, como parte de un estudio colaborativo entre la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Honduras y el INCAP.

15. Actualmente, la Asociación de Azucareros de Guatemala (AZASGUA) está evaluando la eficiencia de colocar el dosificador sobre el canal de conducción entre las turbinas de secado y las tolvas de envasado (punto 3, figura 2.5) Teóricamente, agregar la premezcla después del secado aumentaría la eficiencia del proceso, al reducir las pérdidas de vitamina A. Hasta la fecha, los mecanismos ensayados (parrillas con perforaciones en los conductos por donde cae el azúcar hacia las tolvas de envasado) han dado resultados parcialmente satisfactorios.

Figura 2.5:
DIAGRAMA DE LOS PUNTOS POSIBLES DE AGREGADO DE LA PREMEZCLA EN LA PRODUCCION DE AZUCAR



1. Dentro de las centrífugas.
2. En el canal de conducción entre las centrífugas y las turbinas de secado.
3. En el canal de conducción entre las turbinas y las tolvas de envasado

B. Método de agregado manual

En este método, los operarios que manejan las centrífugas son los directamente responsables de agregar la premezcla. Para ello, se coloca la premezcla en un recipiente de plástico de aproximadamente 10 kg cerca del trabajador que está operando la centrífuga, a una corta distancia y a altura cómodas para su acceso fácil. El operario toma con el recipiente calibrado de plástico u otro material inoxidable, la cantidad calculada de acuerdo al rendimiento de cristalización y al peso de la carga de la centrífuga (equivalente de azúcar seca). El recipiente debe ser de tal tamaño que, lleno y rasado, contenga el peso requerido de premezcla. Si el ingenio cuenta con centrífugas de diferentes tamaños, cada una de ellas debe tener su recipiente de agregado correspondiente.

El cálculo de la cantidad de premezcla para cada carga de centrífuga se hace con la ecuación siguiente:

$$P(g) = \frac{C(kg) \times Rf(\mu g/g)}{Ri(mg/g)}$$

en donde :

P = cantidad de premezcla.
C = capacidad de carga de la centrífuga en equivalente de peso seco de azúcar.
Rf = concentración final de retinol en el azúcar.
Ri = concentración mínima de retinol en la premezcla.

Si la capacidad de carga de la centrífuga se expresa en libras, la ecuación es:

$$P(g) = \frac{0.454 \times C(lb) \times Rf(\mu g/g)}{Ri(mg/g)}$$

Por ejemplo, si una centrífuga rinde 350 lbs de azúcar seca, y se desea que ésta contenga un nivel de retinol de 15 µg/g, a partir de una premezcla cuyo contenido de retinol es 15 mg/g, entonces:

$$P(g) = \frac{0.454 \times 350(lb) \times 15(\mu g/g)}{15(mg/g)} = 158.9\ g$$

Entonces, en la centrífuga el operario deberá agregar aproximadamente 160 g de premezcla en cada lote de azúcar lavada.

C. Método de agregado automático

El tipo de dosificador y del sistema de sincronización con el paso de la masa de azúcar dependerán en gran parte de las estructuras mecánicas propias de cada ingenio. En último término, este manual solamente sugiere algunas posibles alternativas, pero se insiste en que la decisión final debe recaer en un profesional de ingeniería versado en este tipo de mecánica. Si los ingenios no cuentan con dicho expertaje entre su personal de planta, su contratación temporal es definitivamente una excelente inversión. En efecto, un sistema ineficiente de regulación del agregado de la premezcla resulta en niveles de fortificación demasiado variables que se salen a menudo de los límites establecidos por las normas, lo cual es inaceptable para los criterios de calidad que debe llenar este producto.

Debido a la tecnificación del proceso de fabricación del azúcar, se han incorporado centrífugas cerradas de operación automática, haciendo que el agregado manual de la premezcla sea imposible. Por lo tanto se han tenido que introducir máquinas dosificadoras de premezcla. Este equipo se coloca sobre las fajas transportadoras o los canales de conducción que llevan a la turbina de secado (punto 2, figura 2.5). La localización del dosificador antes de la turbina de secado tiene la ventaja de que ésta actúa como una mezcladora muy eficiente.

La Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA) ha diseñado e introducido una máquina dosificadora regulable electrónicamente (figura 2.6) que permite ajustar la velocidad de aplicación de la premezcla a la cantidad de azúcar que pasa por el canal de conducción. Esta máquina consiste en un sistema de paletas en dirección vertical, que dosifica la premezcla en relación directa con la velocidad de rotación del mismo. Dentro del cuerpo de la mezcladora se ha colocado un ojo eléctrico, que activa una luz y alarma cuando el nivel de la premezcla se encuentra por debajo de un nivel crítico dentro del cuerpo de la mezcladora. La precisión de la dosificación con este equipo es muy buena, y por la orientación vertical del tornillo se previene que la premezcla se aglomere y detenga su flujo. Sin embargo, debido a que el paso de azúcar en las fajas o canales transportadores no es siempre uniforme han surgido problemas para sincronizar la cantidad de premezcla que se agrega, lo que tiende a reducir la uniformidad de la concentración final de retinol. Por lo tanto, todavía no se ha logrado la óptima distribución de Vitamina A en el azúcar. No obstante se están considerando alternativas para solucionar este problema de sincronización. Una de ellas es la colocación de uno o varios "ojos" electrónicos sobre el canal de conducción, a una altura tal que el rayo entre el emisor y el receptor sensible sólo pase cuando la capa de masa de azúcar sobre la faja esté por debajo de un nivel crítico, indicando que no está pasando suficiente cantidad de azúcar por la faja. Al bloquearse el rayo, el dosificador recibe una señal que acciona su funcionamiento, y viceversa. Otra opción es un sistema electrónico que responda al peso del azúcar que pasa por la faja transportadora.

Mientras se encuentra la solución ideal, se recomienda que los dosificadores tengan un sistema de alarma que alerte cuando el nivel de premezcla en la tolva esté por agotarse. Debe designarse a un operario especificamente adiestrado para vigilar *(a)* que el flujo de la premezcla del dosificador sea regular, *(b)* que la salida del dosificador no se obstruya cuando está pasando

azúcar por la banda de conducción, y *(c)* que efectivamente la dosificación de la premezcla se interrumpa cuando no esté pasando azúcar.

La máquina dosificadora debe ser de acero inoxidable, con tolva suficientemente grande para contener 25 kg o más de premezcla. Para calcular que la cantidad de premezcla que está vertiendo el dosificador resulte en la dilución requerida pueden utilizarse las mismas ecuaciones a las del método manual, donde P y C serían la velocidad de agregado de la premezcla por el dosificador (g/min) y del flujo de azúcar (peso seco equivalente en kg ó quintales/min), respectivamente.

D. Envasado, etiquetado y almacenamiento

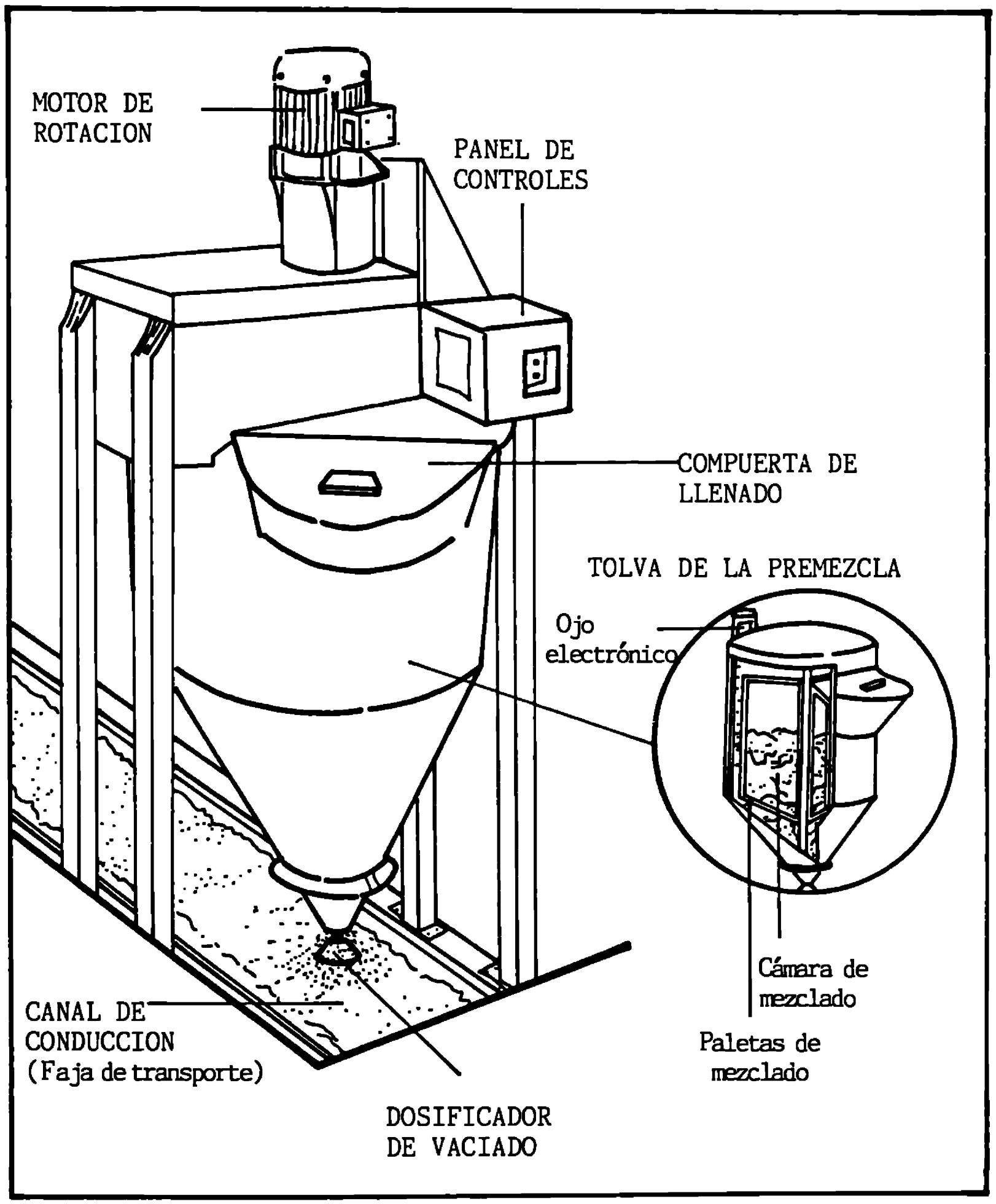
El azúcar fortificada se maneja en los ingenios en la misma forma que el azúcar sin fortificar, utilizándose el procedimiento y tipos de envase usuales. Sin embargo, los envases deben mostrar claramente que contienen azúcar fortificada, con un mensaje escrito, preferiblemente complementado por medio de un signo (logotipo) de fácil interpretación para personas analfabetas. En Guatemala, por ejemplo, se está utilizando un ojo de color con este propósito, mientras que en Honduras se usa una letra A mayúscula formada con cañas de azúcar. Este mensaje es especialmente importante en aquellos países que permitan la producción parcial de azúcar no fortificada para usos industriales específicos, ya que ayudará a garantizar que el destino de los sacos de azúcar fortificada sea para consumo directo de la población objetivo y, en todos los casos, que se cuente con un sistema que facilite las acciones de inspección y monitoreo. Sin embargo es importante recalcar que el mensaje no debe asignar propiedades curativas ni promover el incremento del consumo de azúcar por su condición de estar fortificada.

Si por alguna razón, se produce también azúcar sin fortificar, el azúcar fortificada debe almacenarse en estibas distintas al azúcar sin fortificar. Se recomienda, además, registrar la posición de cada lote dentro de la estiba, para permitir su acceso, y por ende, la posibilidad de distribuirlos en la misma secuencia en los que fueron producidos.

E. Garantía de calidad

La garantía de calidad del azúcar fortificada con vitamina A no puede basarse únicamente en la toma de muestras aisladas del producto, su análisis y la simple transmisión de los resultados de laboratorio a los encargados de la producción. Es necesario diseñar y poner en práctica un conjunto de actividades organizadas y complementarias que generen una serie de indicadores de eficiencia operacional. Aquí se incluyen no sólo los medios de control de calidad instaurados en cada ingenio sino también las actividades de inspección por el personal de la entidad gubernamental de control de alimentos.

Figura 2.6:
EJEMPLO DE MAQUINA DOSIFICADORA CON CONTROL ELECTRONICO



Diseño producido por ASAZGUA, Guatemala.

1. Control de calidad en el ingenio

En el ingenio, los responsables del control de calidad de la producción de azúcar en general deben agregar a sus funciones la vigilancia del agregado correcto de la premezcla. Para esto, se proponen los siguientes dos enfoques:

a. Enfoque teórico

El enfoque más sencillo de control cuantitativo consiste en verificar la razón de la cantidad de azúcar blanca producida a la cantidad de premezcla utilizada en un período determinado de tiempo. Este cociente ofrece información global sobre si se está agregando la proporción requerida de premezcla. Con este propósito, el ingenio debe llevar un registro continuo del número de bolsas de premezcla utilizadas por el número de sacos de azúcar blanca fortificada que han sido elaborados. Por ejemplo, si lo usual es envasar el azúcar en sacos de 50 kg y la premezcla en bolsas de 25 kg, y la dilución es de una parte de premezcla en 1000 partes de azúcar, entonces la relación ideal es de 500. Si el azúcar fortificada se envasa en sacos de 1 quintal, la razón de azúcar a premezcla sería de 550. El registro de la razón puede hacerse cada 8 horas o lo que corresponda a un turno usual de trabajo (anexo 2.5).

Es obvio que este cálculo ofrece solamente información sobre el agregado promedio de premezcla en el período especificado. En efecto, una razón de sacos de azúcar a bolsas de premezcla de 500, por ejemplo, podría resultar de un agregado continuo y uniforme en la proporción correcta o ser un promedio de agregados ocasionales en exceso compensados por agregados insuficientes, o sea de un proceso no uniforme. A pesar de esta limitación, este enfoque ha probado ser de gran utilidad y practibilidad. En efecto, la eficiencia del proceso -esto es la proporción de retinol transferida al azúcar- puede confirmarse cuando la relación del azúcar producida sobre la premezcla utilizada es complementada con los resultados de los análisis químicos.

b. Enfoque analítico:

Se puede hacer uso de dos procedimientos para la estimación del contenido de retinol en el azúcar fortificada que se está elaborando: determinación semi-cuantitativa o determinación cuantitativa.[16]

Determinación colorimétrica semi-cuantitativa. El método colorimétrico consiste en agregar un reactivo cromógeno a un volumen de azúcar solubilizada. El reactivo se torna azul en la presencia de retinol. La intensidad del color azul es proporcional a la cantidad de retinol presente en la muestra, y se mide por comparación visual contra una escala de soluciones de color azul de diferente intensidad. Al tiempo de producción, el rango de concentración debiera ser entre 15 y 20 µg retinol/g de azúcar

16. Una descripción detallada de estos métodos aparece en la parte 3 de este manual, *Metodologías Analíticas para el Control y Evaluación de la Fortificación de Azúcar con Vitamina A.*

En vista de su simplicidad, bajo costo y rapidez, y de la significativa utilidad de los datos que proporciona, es realista recomendar que se tome y analice una muestra cada vez que se haga el control básico de calidad (color, impurezas, p.e.) de cada lote de producción de azúcar (aproximadamente cada 2 horas). Se recomienda tomar una muestra de 1 kg, formada de pequeñas porciones de azúcar recolectadas durante ese período. Esta muestra debe mezclarse y luego tomar 50 g para análisis. En los ingenios de alta productividad podría hacerse un análisis por cada 50 T.M. (≈ 1100 qq) de producción. Esta práctica permitiría una pronta retroalimentación de la información a donde corresponda para hacer las correcciones o ajustes que sean del caso.

Determinación Cuantitativa. Este enfoque permite conocer con exactitud la concentración del retinol en el azúcar, que es la expresión más estricta del grado de eficiencia del proceso. Debido a su más alto costo y necesidad de más tiempo para su realización, se recomienda que se utilice para analizar el azúcar de cada turno de producción (8 ó 12 horas). Idealmente, las muestras de azúcar utilizadas para la determinación semi.cuantitativa deben mezclarse para hacer el análisis cuantitativo en cantidades proporcionales en un "pool". Las muestras deben almacenarse en frascos oscuros y herméticos. Estas muestras compuestas deben mezclarse muy bien antes de ser analizadas. Los resultados pueden ser registrados en forma tabular ó gráfica (ver figura 2.4 y anexo 2.5).

Los datos obtenidos así tienen implicación legal, ya que la adecuación de los niveles de fortificación puede evaluarse comparándolos con el valor mínimo, y los límites de tolerancia señalados por las normas. Por ejemplo, si las normas requieren un nivel promedio de retinol de 15 µg/g de azúcar con un intervalo de variabilidad de 30% (10.5 µg/g a 19.5 µg/g), y se encuentran lotes de azúcar con solamente 5 µg/g, se habrá podido comprobar que dichos lotes de azúcar no cumplen con las especificaciones. La producción de azúcar, incluyendo su envasado, es rápida y en volúmenes grandes, por lo que es impráctico o hasta imposible reprocesar azúcar que no llena los requerimientos estipulados. No obstante, azúcar deficientemente fortificada no debería llegar a la población; ésta podría utilizarse, por ejemplo, con propósitos industriales. Un buen sistema de control de calidad garantizará que el azúcar fortificada reúne las características deseadas y reducirá el desperdicio del producto.

Este enfoque permite, además, determinar las pérdidas de retinol que puedan ocurrir durante el transporte, el almacenamiento y la distribución del azúcar fortificada. Esto se hace comparando los niveles de retinol en el azúcar después de la producción, con aquéllos de las muestras colectadas en diferentes puntos de la cadena de distribución.

2. Inspección

El personal de la entidad gubernamental responsable de la vigilancia general del programa debe planificar sus actividades en tal forma que éstos no sólo cumplan los objetivos de una inspección, sino que también sirvan para mejorar el proceso. Para ello, se sugiere que las visitas a los centros de producción sean realizadas por personal técnico capacitado tanto del sector público como del sector privado industrial, tal como la Asociación o Cámara de Azucareros. Se sugiere

que durante la época de la zafra las visitas se hagan con una frecuencia mínima de cada 15 días mientras los ingenios estén procesando azúcar fortificada.

Los propósitos específicos de las visitas son:

- *De observación e inspección.* Los inspectores deben observar el proceso de fortificación (manual o automático) recabando información de los operarios sobre aspectos inherentes a sus roles específicos, incluyendo el almacenamiento de la premezcla, su traslado al área de agregado, la dosificación propiamente dicha y el control de calidad en general.

- *Instructivo e intercambio de ideas.* Un componente importante debe ser de tipo instructivo y de intercambio de ideas, ofreciendo la oportunidad de discusión con el personal técnico de los ingenios. Los inspectores se convierten así en medio de difusión, de ingenio en ingenio, de las experiencias adquiridas por el personal responsable de la fortificación del azúcar

- *Retroalimentación de información.* Los resultados de los diversos enfoques descritos deben enviarse a la entidad responsable de la supervisión y control de calidad del programa, para que se dicten las medidas correctivas pertinentes en caso necesario. Además, se aconseja que estos informes se pongan en conocimiento de los jefes de producción de los ingenios correspondientes, para que así los tomen en cuenta como un indicador externo de su eficiencia en el proceso de fabricación del azúcar fortificada.

F. Mantenimiento y cuidado del equipo

En la alternativa manual del proceso de fortificación, las acciones se concretan a mantener en buenas condiciones y cantidad los recipientes de depósito y de aplicación de la premezcla. Esto incluye tareas de limpieza básicas y sencillas.

En el caso del sistema automatizado deben seguirse las pautas de limpieza, revisión y mantenimiento aconsejadas por el fabricante de las máquinas dosificadoras. Se recomienda que cada ingenio, o por lo menos entre varios de ellos, cuenten con dosificadoras de reemplazo, previendo situaciones de emergencia en las que el equipo original pueda quedar fuera de uso.

G. Recursos humanos

El proceso de fortificación de azúcar en el ingenio requiere muy poco personal adicional. Se necesita:

- Parte del tiempo de un operario responsable del transporte de la premezcla a los sitios de uso

- Un operario para la continua vigilancia y regulación del funcionamiento de la dosificadora (agregado automatizado). En el caso del método de agregado manual, los mismos operarios de las centrífugas se encargan del agregado de la premezcla.

- Uno de los técnicos del laboratorio debe incorporar dentro de sus responsabilidades el análisis de retinol en las muestras de azúcar.

Finalmente, debe resaltarse que la capacitación y la supervisión de los operarios del ingenio involucrados en el proceso de fortificación es imprescindible para el éxito de la fortificación. Deben organizarse cursillos de capacitación a [illegible]les que incluyan el componente de motivación, haciendo énfasis sobre la responsabilidad social que cada trabajador asume, asi como el cuidado que debe ponerse en el manejo de la premezcla y del equipo.

Anexo 2.1:
EJEMPLO DE LA ROTULACION DE UN SACO DE PREMEZCLA

INGENIO LA SALUD

PREMEZCLA DE VITAMINA A

(Nivel mínimo garantizado de retinol: 15 m/g[17]

PRODUCTO NO APTO
PARA CONSUMO HUMANO
DIRECTO

 # IDENTIFICACION: (Año)-_____

FECHA DE ELABORACION : _____

FECHA DE RECEPCION EN EL INGENIO : _____

17 Se recomienda indicar el nivel mínimo garantizado en vez del promedio, ya que es con base en el primero que los ingenios harán los cálculos de dilución de la premezcla en el azucar.

Anexo 2.2:
PROTOTIPO DE MEZCLADORA PARA LA FABRICACION DE PREMEZCLA FORTIFICANTE DE VITAMINA A[18]

La mezcladora es del tipo en V (anexo figura 2.2a[19]), de acero inoxidable con una capacidad de 150 kg (330 lbs) y montada en una base sólida de metal. Tiene dos compuertas de llenado y una de vaciado con sellos de goma, que pueden ser abiertas por medio de puertas aseguradas con tornillos centrales. Todos los controles eléctricos de la mezcladora están localizados en un panel de control. En uno de los extremos de esta base se encuentra el motor que la hace rotar, y en el otro está el depósito con calentamiento para el aceite, también de acero inoxidable. Este depósito está conectado, por medio de una turbina, con el eje de la mezcladora. Por el centro de este eje pasa un canal cilíndrico por medio del cual se vacía el contenido del depósito directamente al interior de la mezcladora. Para el efecto tiene colocadas, a intervalos regulares, espitas de acero inoxidable que permiten que el vaciado del contenido del recipiente se haga por aspersión. Los ejes del depósito y de la mezcladora están unidos por medio de un sello cilíndrico de grafito, para no interferir con la rotación de la mezcladora. Antes de esta unión, al final de la turbina hay conectada una válvula de mariposa que permite controlar la operación de agregado del aceite.

El depósito para el aceite (anexo figura 2.2b) está formado por dos paredes cilíndricas y concéntricas de acero inoxidable, separadas entre sí aproximadamente 4 cm. Esta separación limita un espacio que contiene un calentador de resistencia. Este espacio se llena con un fluido intercambiador eficiente de calor (glicerina, aceite liviano, etilenglicol, u otra sustancia similar). Nunca debe reemplazarse este fluido con agua u otra sustancia con punto de ebullición menor que 100°C. Para poder llenar con facilidad este espacio, el depósito tiene soldado en su parte superior, un embudo de acero inoxidable. El depósito tiene una capacidad de aproximadamente 6 litros. Está cubierto con una tapadera, y equipado con un mezclador de hélice. En el fondo tiene un tubo anular con perforaciones para ser conectado a un cilindro con nitrógeno a baja presión (± 5 psi).

18. Pineda O. 1993. *Hacia el Control de la Vitamina A en El Salvador*. UNICEF.
19. Esta mezcladora es fabricada por Talleres Hernández. 13 Avenida 4-27, Zona 1, Guatemala. Guatemala: Tel: 502-2-515512/534965. El precio aproximado de esta maquina es de US $15,000

Anexo Figura 2.2a:
PROTOTIPO DE MEZCLADORA PARA PRODUCIR PREMEZCLAS DE AZUCAR-VITAMINA A

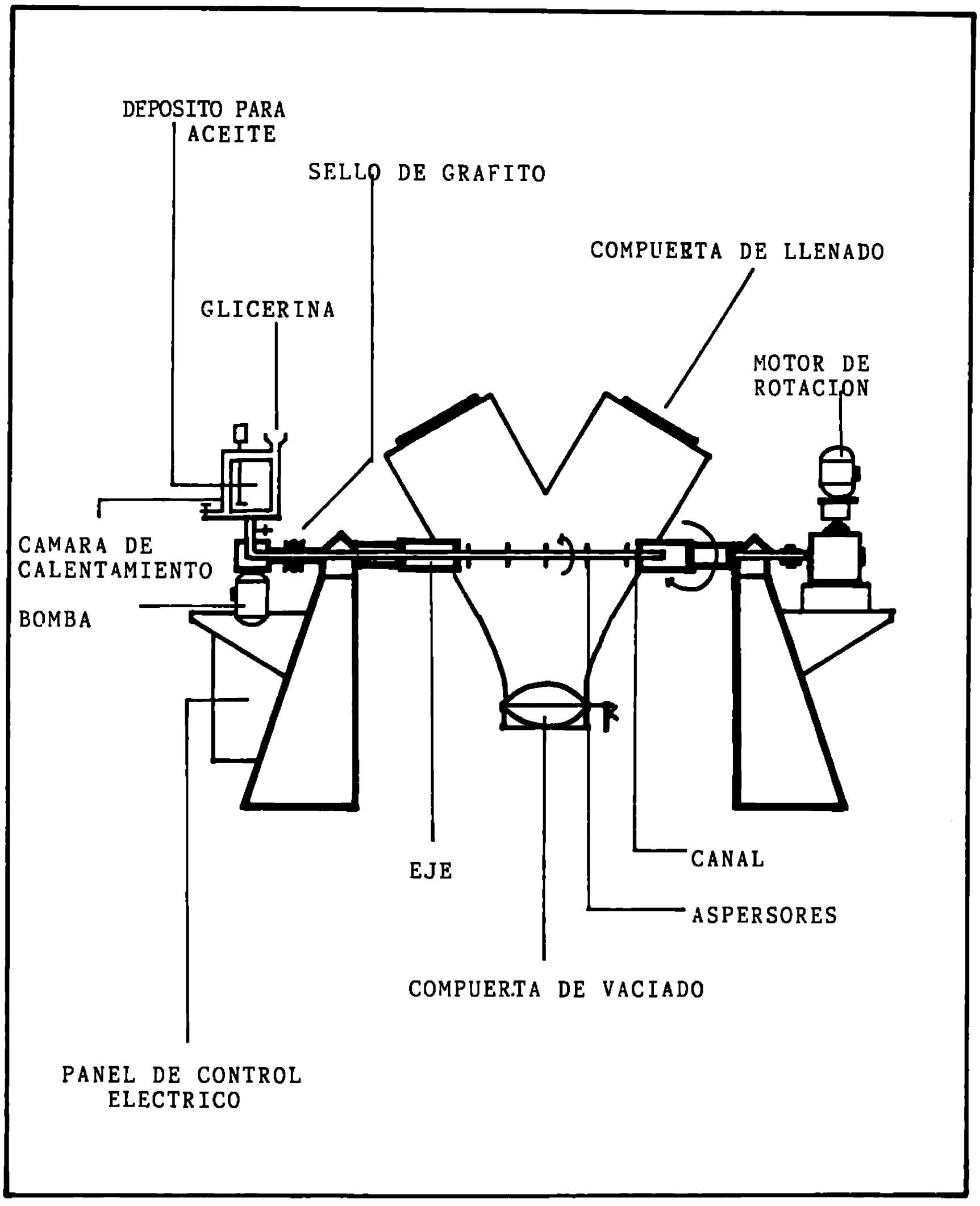
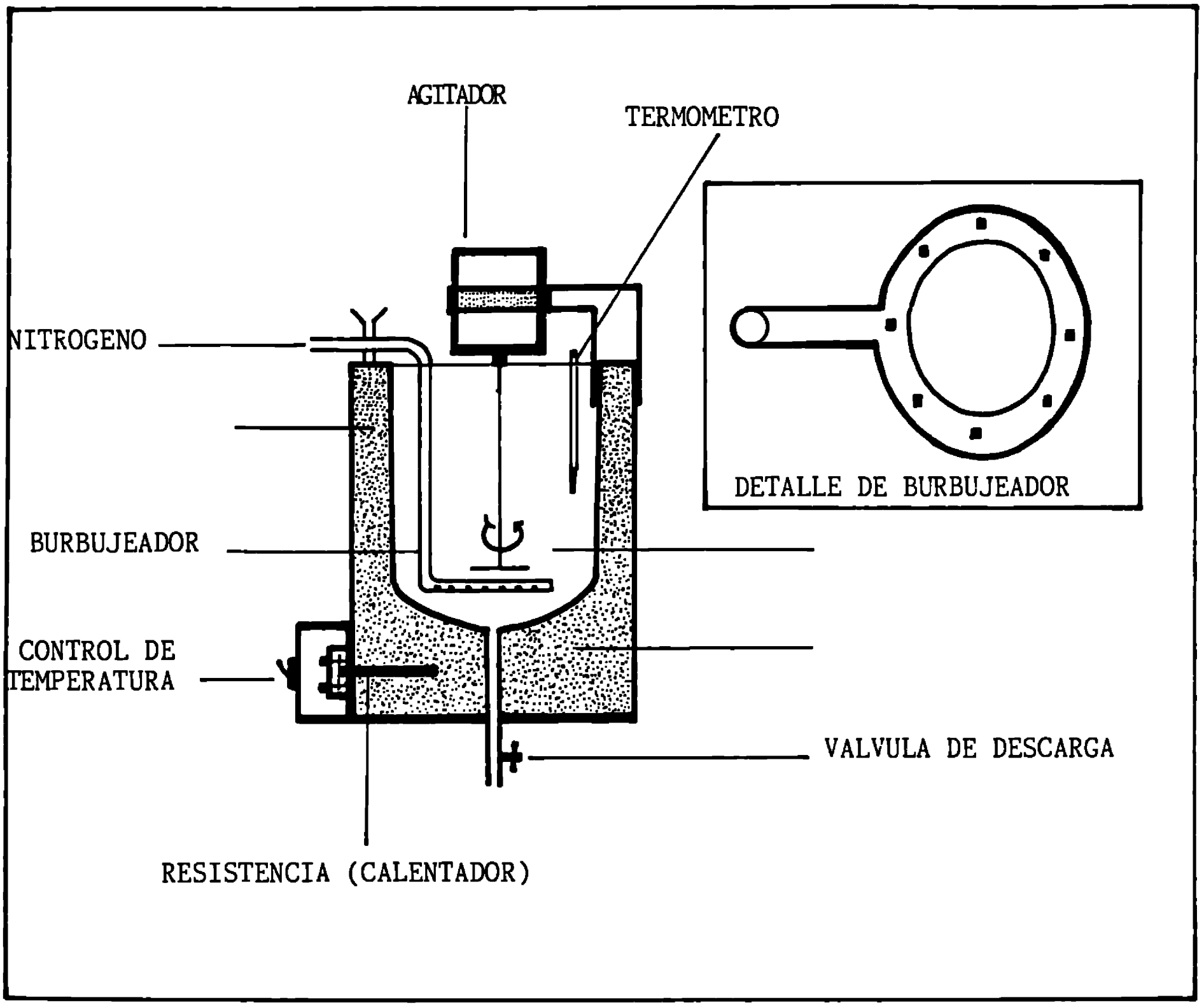


Figura tomada de O. Pineda.

Anexo Figura 2.2b
DETALLE DEL DEPOSITO PARA EL ACEITE



Figurada tomada de O. Pineda.

Anexo 2.3:
CONTROL DE LA PRODUCCION Y LA CALIDAD DE LA PREMEZCLA

Fecha	Turno (horas)	ID.LOTE (# Registro Bolsas)	Vit. A (mg/g)	Observaciones

Supervisor ____________ Fecha_______ Inspector_____________ Fecha_______

Anexo 2.4:
CONTROL DE LA DISTRIBUCION DE PREMEZCLA

Fecha	ID.Bolsas (# Registro)	Total bolsas despachados	Destino (ingenio)

Supervisor ______________________

Anexo 2.5:
CONTROL DE CALIDAD AZUCAR FORTIFICADA CON VITAMINA A
INGENIO LA SALUD

Fecha: _____

Turno	Semi-cuantitativo[a] [Vitamina A] *(µg g)*	# Sacos Azúcar (A)	# Sacos Premezcla (B)	A/B	Cuantitativo[20] [Vitamina A] *(µ g)*	Observac-iones[21]

a. ND = no detectado
<5 = menos de 5 µg/g
5–10 = entre 5 y 10 µg/g
10–15 = entre 10 y 15 µg/g
15–20 = entre 15 y 20 µg/g
20+ = más de 20 µg/g

Supervisor _____

Inspector_____ Fecha_____

20 Esta columna se llena cuando se obtengan datos de la verificacion por métodos cuantitativos.
21 Explicaciones sobre datos anómalos y medidas correctivas implementadas.