

156
2 es.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**'LA ORDEÑA, SUS PROBLEMAS Y
TENDENCIAS TECNOLOGICAS'**

T E S I S

Q U E P R E S E N T A :

IVAN EDUARDO VALLEJO BACA

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

A R E A I N D U S T R I A L

DIRECTOR DE TESIS: ING. GUSTAVO VALERIANO B.

CD. UNIVERSITARIA, D. F.

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

263688



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo, amor y confianza brindada en todos estos años de preparación académica.

A toda mi familia por su apoyo y comprensión.

Al ingeniero Gustavo Valeriano por su paciencia y dedicación brindada para la realización de este trabajo.

A la Universidad y a los amigos de la Facultad de Ingeniería.

AGRADECIMIENTOS

En esta parte quiero agradecer la ayuda y colaboración brindada por las siguientes personas, que sin su valiosa ayuda hubiera sido imposible concluir este trabajo.

- Dr. Enrique Oliviera M.
Departamento de producción de leche. Dirección de Ganadería.
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. (S.A.G.A.R.).
México. D.F.
- Dr. Javier Álvarez.
Dirección de normalización del departamento de producción de leche.
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. (S.A.G.A.R.).
México. D.F.
- Lic. Galo Gómez.
Supervisor del establo nó. 119. Asociación Nacional de Ganaderos de
la República Mexicana. Tizayuca, Hidalgo.
- Dr. Francisco Galindo Maldonado.
Jefe del departamento de etología, fauna silvestre y animales de
laboratorio. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M.
Cd. Universitaria, México D.F.
- MVZ. Salvador Avila Tellez.
Jefe del departamento de producción animal. Rumiantes.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M.
Cd. Universitaria, México D.F.
- MVZ. Luis F. Trejo Reyes.
Departamento de producción animal. Rumiantes.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M.
Cd. Universitaria, México D.F.
- Ing. Francisco Posada.
Departamento de Mercadotecnia.
Alfa Laval Agri S.A. Querétaro, Qro.
- Mr. C.J. Jartenberg.
Research Station for Cattle, Sheep and Horse Husbandry.
PR. Lelystad. Holanda.
- Ms. Laura Johnson.
Department of Animal Poultry Science.
University of Guelph. Canada.

ÍNDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	
CAPÍTULO 1 : CIENCIAS CONEXAS	
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Definiciones	3
1.4 Conceptos básicos de conducta animal	5
1.4.1 Métodos de medición del comportamiento	
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE ORDEÑA	
2.1 Introducción	7
2.2 Antecedentes	7
2.3 Tipos de ordeña	8
2.4 Ventajas y desventajas de los tipos de ordeña	10
2.5 Componentes de los sistemas de ordeña mecánica y automática	11
2.6 Sistemas automáticos de ordeña	20
2.6.1 Descripción de un sistema automatizado de ordeña	24
2.6.2 Perspectivas de los sistemas automatizados	31
CAPÍTULO 3: LEGISLACIÓN Y QUIEN LA EMITE.	
3.1 Introducción	33
3.2 Legislación	33
3.3 Metodología para denominar la disciplina	37
3.3.1 Reflexiones sobre la ergonomía	37
3.3.2 Definiciones de trabajo y sus tipos	40
3.3.3 Discusión	41
3.3.4 Denominación de la disciplina	43
CAPÍTULO 4: PROBLEMAS Y PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.	
4.1 Descripción de los problemas	45
4.1.1 Aspectos conductuales en el proceso de ordeña	45
4.1.2 Problemas que afectan al equipo de ordeña mecánica	48
4.1.3 Problemas del equipo de ordeña que afectan al animal	49
4.1.4 Entorno de trabajo y conducta de la vaca	50
4.1.5 Problemas en el operario	51

CAPÍTULO 4:

4.2. Relación entre los problemas.	51
4.3 Aspectos a considerar en la selección de equipos para la explotación animal.	52

CAPÍTULO 5: APLICACIONES AL CASO DE ESTUDIO.

5.1 Introducción	54
5.2 Pisos	55
5.2.1 Justificación del tema de pisos	55
5.2.2 Causas principales de cojeras y lesiones en patas	55
5.2.3 Características principales en pisos	55
5.2.4 Medición cuantitativa de las lesiones	63
5.2.4.1 Manejo y control de lesiones	64
5.3 Establo con sala de ordeña central	65
5.3.1 Propuesta	65
5.3.2 Planeación de tiempos y actividades en la sala de ordeña de la propuesta	66
5.3.3 Ventajas del layout propuesto	66
5.3.4 Tiempos y actividades en un sistema de ordeña semiautomático	69
5.4 Sistema de ordeña automatizado	72
5.4.1 Criterios de selección y características generales de la vaca lechera.	72
5.4.2 Componentes de un sistema de ordeña automatizado	75
5.4.2.1 Componentes comerciales de un AMS	76
5.4.3 Aspectos a considerar para la selección de un AMS	82

CONCLUSIONES	85
--------------	----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTOS CONSULTADOS

INTRODUCCIÓN

Considerando que la alimentación es de gran importancia en el desarrollo integral de un país, el Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería (U.N.A.M.) esta estructurando la línea de investigación y desarrollo de equipo para la obtención y procesado de alimentos.

El espectro alimentario del ser humano es muy amplio ya que esta basado en los tres grandes reinos (animal, vegetal y mineral), pero además de la disponibilidad de éstos es indispensable, contar con el equipo de explotación adecuado. La definición y desarrollo del equipo es una labor multidisciplinaria, en la que intervienen veterinarios, etólogos y diversas ramas de la ingeniería entre otras disciplinas. En el caso particular desde la perspectiva de la ingeniería industrial se analizan los problemas relacionados con la explotación animal, concretamente la ordeña de ganado vacuno.

La ordeña es un proceso tan antiguo como la misma humanidad que aún tiene vigencia, principalmente por el valor nutricional de la leche y por el aspecto laboral que se desarrolla en su entorno. El trabajo muestra las aplicaciones de la ingeniería a un caso tan poco común de la industria primaria, como es la ganadería y más concretamente la ordeña mecánica y sus tendencias tecnológicas. Uno de los motivos para realizar este trabajo fue buscar aplicaciones de la ingeniería en campos tan necesarios para el hombre como es la obtención de nutrientes a partir de los animales y que el hombre cada día requiere más y con mayor calidad.

Los dos primeros capítulos de este trabajo ayudan a entender la terminología y aspectos que influyen en el proceso de ordeña. Los siguientes dos capítulos tratan sobre el planteamiento de los problemas e interrelaciones que con más frecuencia se presentan y que causan más pérdidas a la industria lechera y el último capítulo tiene por objeto aplicar el material de los capítulos antes mencionados. En esta aplicación se muestran las relaciones con otras disciplinas y las características de los elementos que conforman un sistema de ordeña automatizado y además se proporciona una referencia de los aspectos a considerar en la selección de este tipo de equipos.

OBJETIVOS.

El objetivo general del trabajo es proporcionar una guía para seleccionar equipos de ordeña, y se divide en los siguientes objetivos particulares:

1. Denominar la disciplina que reúne los conocimientos, que para el ser humano se agrupan en el campo de la ergonomía, aplicados a los animales.
2. Desarrollar en la facultad de ingeniería parámetros de referencia para la selección de máquinas y equipos para la explotación animal, y despertar el interés de los alumnos en este campo de aplicación de la ingeniería.
3. Definir el medio para relacionar la ingeniería mecánica e industrial con la zoología.
4. Plantear soluciones con los parámetros antes definidos.

CIENCIAS CONEXAS

1.1 INTRODUCCIÓN

Las ciencias conexas se refieren a una serie de definiciones de los conceptos que más se usarán a lo largo del trabajo, ya que es necesario conocer conceptos tales como zoometría y sus aplicaciones, por ejemplo: la etología y la importancia que tiene. Para iniciar se dan los antecedentes históricos de como se han desarrollado estos conceptos partiendo desde la zoología hasta disciplinas tan recientes como es el caso de la ergonomía. Posteriormente se dará una definición de las ciencias relacionadas o conexas .

1.2 ANTECEDENTES

El estudio "Partes de los animales", realizado por Aristóteles, es la base de la zoología y otras ramas afines como la anatomía y morfología entre otras; ya en nuestra era, en 1616, Harvey descubre la circulación sanguínea que fue la base de la fisiología; en 1758, Linneo sentó las bases de la taxonomía; en 1859, Darwin en su obra el origen de las especies, ofreció una explicación científica de la evolución orgánica por selección natural, y con ello dio gran impulso a la zoología. Desde fines del s.XIX, gracias al gran desarrollo de los métodos de investigación ha crecido el interés por la zoología experimental, la embriología, morfología interna de los animales, los procesos psicológicos de la vida animal, etc. Esta última ciencia se desarrolló a finales del s.XIX denominándosele en 1854 como etología por Geoffroy Saint-Hilaire y este término se aplicó a lo que en esa época era denominada como "ecología" por Haeckel (1866). Para 1895, Dollo utiliza el término etología para designar a la biología de la conducta. Otra disciplina afín de gran importancia es la ergonomía que surge como concepto aplicado en 1949, cuando el almirantazgo de los Estados Unidos de Norteamérica reúne un grupo interdisciplinario interesado en problemas laborales. El antecedente inmediato fue el comité conocido como Industrial Fatigue Research Board (I.F.R.B.) que posteriormente tomó el nombre de Industrial Health Research (1929), con el objetivo de abarcar la investigación de las condiciones de empleo en industrias, particularmente, en lo concerniente a la preservación de la salud entre los trabajadores y la eficiencia industrial.

A continuación se darán las definiciones de los términos mencionados en los antecedentes para aclarar los mismos. Se empezará de las ciencias más generales a las particulares.

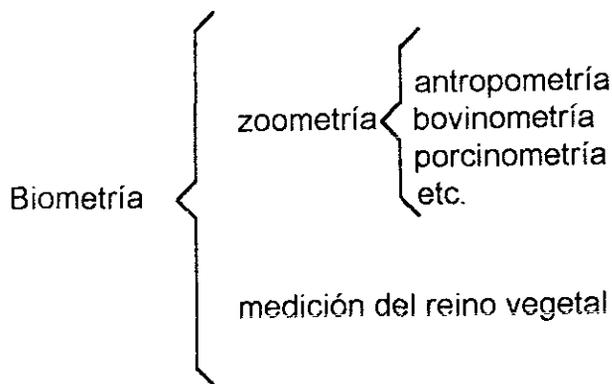
1.3 DEFINICIONES

Zoología: Es la rama de la ciencia más general que estudia a los animales..

Etología: Estudio objetivo desde el punto de vista biológico del animal incluyendo al hombre, con un acento particular sobre la conducta específica (adaptación y evolución). La etología se sirve de los métodos biológicos utilizados en sistemica, morfología y embriología; éstos métodos se basan en el estudio comparado de la conducta y revelan resultados satisfactorios.

Zoometría: Rama de la zoología que trata de las medidas específicas y proporciones de los animales, y características como estatura, peso, conformación de los huesos, ritmo de crecimiento, pigmentación, entre otras. Estos parámetros se miden con instrumentos especiales, cuyos resultados se registran para ser analizados e interpretados. En la zoometría existen subramas para medir en las distintas especies los parámetros antes descritos, por ejemplo: la bovinometría es específica para los bovinos, la antropometría específica al ser humano y así muchas otras subdivisiones.

A continuación se muestra un cuadro sinóptico de la ubicación de la zoometría:



Anatomía: Rama de la ciencia que estudia la estructura, situación y relaciones de las partes del cuerpo animal o vegetal y que se subdivide en las siguientes subramas:

1. Anatomía sistémica: Analiza todos y cada uno de los aparatos y sistemas que integran el cuerpo de los animales y el ser humano.
2. Anatomía topográfica: Estudia el cuerpo por regiones analizando sus planos, así como las relaciones entre sí de los diversos órganos que forman esas regiones.
3. Anatomía funcional: Define la relación entre la morfología y la función de los órganos.
4. Anatomía patológica: Estudia las modificaciones macro y microscópicas que sufren los órganos por una alteración de sus funciones.
5. Anatomía macróscopica: Es la ciencia que estudia la estructura macróscopica, o sea lo que se puede ver a simple vista.
6. Anatomía comparada: Estudia la estructura animal, las semejanzas y diferencias entre diversas órdenes y especies animales.
7. Histología: Rama de la biología que estudia las células y los tejidos orgánicos a nivel microscópico, también se le llama anatomía microscópica.
8. Embriología: Estudia el desarrollo embrional y ulterior de las estructuras corporales.
9. Citología: Estudia las células orgánicas, su estructura, desarrollo, funcionamiento y reproducción.

Ergonomía: (Ergos= trabajo; nomos= ley) es una disciplina de las comunicaciones recíprocas entre el hombre y sus entorno sociotécnico. Sus objetivos son proporcionar el ajuste recíproco, constante y sistemático entre el hombre y su medio ambiente; diseñar las situaciones para que el trabajo, resulte en la medida de lo posible, pleno de contenido, cómodo, fácil y acorde con las necesidades requeridas, de seguridad (en el más amplio sentido) la productividad, cuantitativa y cualitativamente. La ergonomía no estudia al hombre aislado de la máquina, sino al binomio integrado su meta primordial es medir las capacidades del hombre para ajustar racionalmente su entorno. La ergonomía es una disciplina que usa e integra conocimientos tales como la psicología, la fisiología, la higiene del trabajo, la anatomía, las matemáticas y la física. Las premisas de la ergonomía son: seguridad, comodidad y eficiencia.

Estas son algunas de las ramas de la ciencia a través de las cuales, es posible e indispensable interactuar en el diseño y selección de equipo para explotación animal con una óptica ingenieril; tomando como ejemplo a la etología, a continuación se explican algunos conceptos particulares de la conducta animal.

1.4 CONCEPTOS BÁSICOS DE CONDUCTA ANIMAL*

A continuación se definen los conceptos básicos utilizados para analizar la conducta animal.

- “Experiencia”: Es un cambio en el cerebro el cual resulta de una información adquirida de un medio externo al cerebro.
- “Aprendizaje”: Proceso en el que se adquiere la capacidad de responder adecuadamente a una situación. El aprendizaje no son episodios, pero ocurre continuamente, aunque no necesariamente afecte a la conducta inmediatamente. La predisposición para aprender es una consecuencia de los factores genéticos, ambientales así como otros sistemas de control conductual.
- “Habitación”: Es la declinación de la respuesta que puede ser mostrada a un estímulo repetido.
- “Sensibilización”: Es el incremento de la respuesta a un estímulo repetido.
- “Motivación”: Es el proceso controlado dentro del cerebro que define cuando y cuales cambios fisiológicos y conductuales deben ocurrir; frecuentemente la motivación se presenta por las siguientes circunstancias:
 - Una entrada sensorial al cerebro por medio del entorno corporal.
 - Una entrada interna por oscilaciones dentro del cuerpo que producen una salida después de un tiempo particular y puede indicar un intervalo o tiempo normal de alimentación.

1.4.1 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA CONDUCTA.

Frecuentemente, con la evaluación de la conducta animal, se determinan los parámetros que repercuten en la productividad; por ejemplo: A través del movimiento ocular se determina la aflicción o angustia en algunas especies, entre ellas, el ganado vacuno. Hay distintos métodos para realizar las evaluaciones (estas observaciones las realizará el etólogo o médico veterinario) unas se enfocan al orden de movimientos regulares, se presenta, al animal, un estímulo inusual y se analiza una respuesta subsecuente. Estos parámetros se han obtenido por las observaciones y registros siguientes:

- La presencia o ausencia de una actividad en particular.
- La frecuencia de ocurrencia de cada actividad durante el período de observación.
- La duración de cada pauta de cada actividad.
- La intensidad de la actividad en cada ocurrencia.
- La latencia de ocurrencia en la actividad después de algún estímulo o acción previa
- La regulación y naturaleza de las actividades subsecuentes.

(*) Ver bibliografía del capítulo 1 (fuentes 4 y 5).

-La regulación y la naturaleza de los cambios de conducta en relación a cambios fisiológicos.

Los métodos más comunes de observación son.:

- El registro continuo.
- El muestreo conductual.
- El muestreo puntual.
- El período de ocurrencia

Para facilitar la observación de la conducta animal actualmente se usan la computadora y las cámaras de video. Existe otro procedimiento que también usa nuevas tecnologías para analizar investigaciones conductuales que consiste en la privación de algunos recursos o habilidades en forma controlada y monitorear la conducta cuando la privación termina. La privación es comúnmente usada en estudios previos de aprendizaje. Toda la información acerca de la conducta animal es registrada en documentos llamados etogramas.

Para facilitar la comprensión sobre etología, sus implicaciones y demás conceptos aquí definidos se presenta en el capítulo 4.1.1 los problemas conductuales que más frecuentemente se presentan en la ordeña y en el capítulo 5 se presenta la aplicación de éstos a un caso práctico para comprender sus repercusiones en la producción.

CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE ORDEÑA

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se habla acerca de los tipos de ordeña existentes; posteriormente se describe el equipo de ordeña mecánico y finalmente se muestran algunos equipos de ordeña automatizada.

El objetivo de este capítulo es dar a conocer las partes que conforman el equipo de ordeña mecánica, su funcionamiento y mostrar sus avances tecnológicos. Este capítulo es la base para desarrollar las mejoras al proceso y para los criterios de selección de sistema automatizado de ordeña.

2.2 ANTECEDENTES

La ordeña manual como proceso data desde unos 10000 a.C. aproximadamente y se vino realizando así hasta finales del siglo XIX, época en que se empezaron a desarrollar las primeras máquinas ordeñadoras basadas en el principio de succión, tratando de imitar la ordeña natural que realiza el becerro, a través de bombas manuales. Estas máquinas se desarrollaron entre los años de 1895 y 1905 en Europa y Estados Unidos de Norteamérica, pero fue hasta la década de 1950-60 cuando se registró un cambio muy importante, al desarrollar las tuberías de leche y vacío; desde entonces la leche es ya recolectada y es transferida por medio de tuberías hasta el cuarto de almacenamiento, mejorándose notablemente la higiene y calidad de la leche.

En la década de 1960-70 se proponen planes de acción contra la mastitis (inflamación de los pezones y ubres de la vaca) ya que al incrementarse la producción anual de leche se notó una mayor incidencia de esta enfermedad en los animales de alta producción. Como respuesta a este plan también se desarrolla con estaciones ordeñadoras giratorias con pistones para la extracción de leche, sin tener el éxito esperado. En la siguiente década se disminuyó notablemente el tiempo de rutina vaca/operario y cobraron importancia los aspectos ergonómicos, al reportarse lesiones en las articulares en las manos de los operarios; en esa época se realizaron estudios que concluyeron que el operario debía descansar al menos 10 minutos por cada hora de trabajo debido al exceso de actividades.

Para la década de 1980-90 se automatizaron algunas actividades del proceso de ordeña mecánica, en otras la limpieza de los pezones utilizando aspersores, y a finales de esta década se desarrollaron los retiradores automáticos de la unidad ordeñadora.

Finalmente a partir de la década de 1990 la tendencia es la automatización total del proceso (sistema automatizado de ordeña) el cual reduce esfuerzo y trabajo excesivo para el operario así como los tiempos en las actividades del proceso.

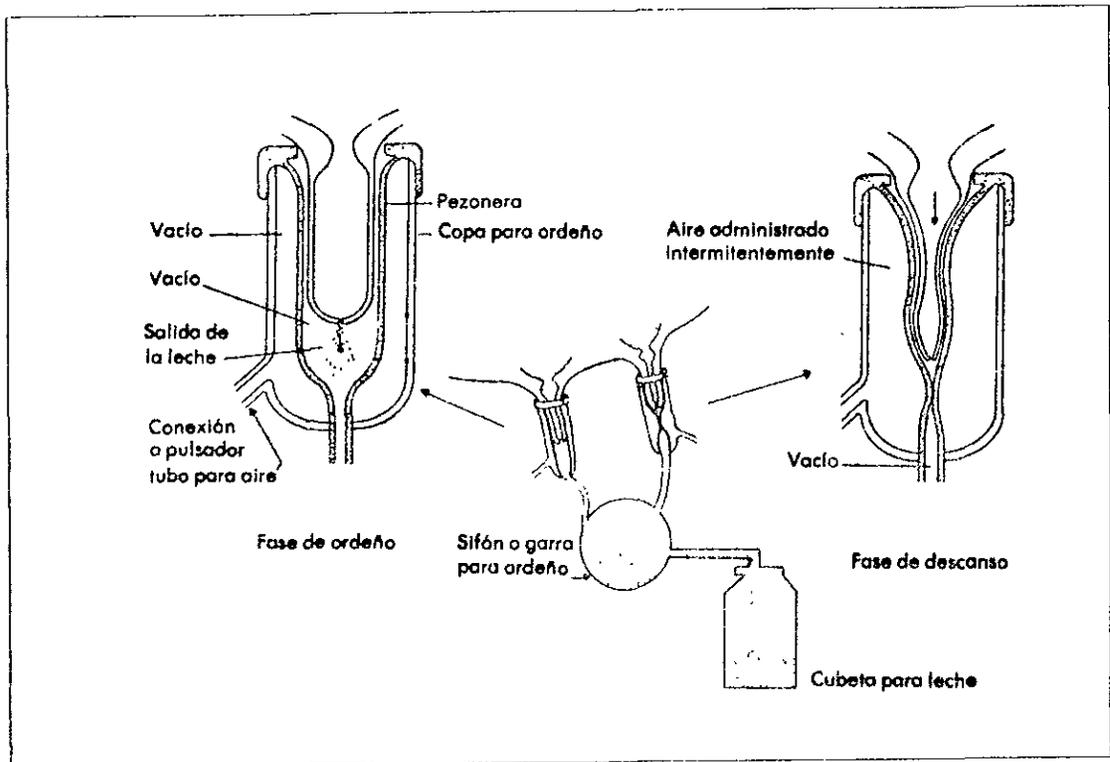
De esta manera es como se han desarrollado los métodos de ordeña desde tiempos remotos hasta nuestros días sin embargo en nuestro país debido a las condiciones económicas muchos equipos son de la década de los 70's, en consecuencia presentan muchos problemas, que más adelante se tratarán.

2.3 TIPOS DE ORDEÑA

Los pequeños propietarios, que cuentan con menos de diez o veinte vacas de mediana producción, aún practican la ordeña manual y aunque no existen especificaciones exactas, para estos niveles de producción, es rentable usar cuando menos una máquina móvil con capacidad para ordeñar dos vacas simultáneamente. Este último proceso se conoce como ordeña mecánica, y entre mayor es el tamaño de un establo mayor es la complejidad de las máquinas requeridas para este fin. Con el objeto de tener una mayor definición cualitativa de los rangos de aplicación, a continuación se da una descripción de cada uno:

- Ordeña manual: Es la extracción de leche en intervalos regulares llevada a cabo por el hombre. El ordeñador se sitúa del lado derecho de la vaca, se sienta sobre un taburete y sujeta entre las piernas la cubeta que recibirá la leche.
- Ordeña mecánica: Es la extracción de leche de la ubre por medio de máquinas. Como se aprecia en la fig. 2.1 la parte que se pone en contacto con el pezón es una vaina de goma llamada pezonera, la cual se acopla herméticamente a un casquillo metálico y mediante pulsos neumáticos que oscilan entre los 254 y 406 mm de mercurio (presión vacuométrica), se succiona la leche en cada pezón, adicionalmente a la presión vacuométrica en el interior de la vaina; se aplican cíclicamente pulsos neumáticos, con presión superior a la atmosférica, entre el casquillo y la vaina; es así como a través de expansiones y contracciones se imitan las funciones del hocico del becerro
- Ordeña automatizada: Partiendo de las definiciones de proceso manual, mecanización y automatización, se sabe que esta última es la evolución de las dos etapas anteriores. De igual manera, aplicando estos conceptos al proceso en cuestión, se concluye que en la ordeña automatizada se emplean dispositivos neumáticos y electrónicos entre otros, que contribuyen a la reducción de riesgos laborales y costos de producción, aumentan la calidad sanitaria de la leche y la productividad.

Fig 2.1. Proceso de ordeña mecánica.



2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TIPOS DE ORDEÑA.

Son ventajas y desventajas comparativas entre los diferentes tipos.

- Ordeña manual:

Ventajas.

- Baja inversión
- Adaptabilidad animal/ordeñador
- Bajo riesgo de mastitis*

Desventajas

- Poco control sanitario
- Baja eficiencia en mano de obra
- Mayor costo de producción
- Problemas de ausentismo laboral
- Alto riesgo laboral
- Transmisión de enfermedades entre el operario y la vaca
- Aplicable sólo a baja producción

- Ordeña mecánica:

Ventajas.

- Mayor eficiencia de la mano de obra
- Reducción de nómina
- Menores riesgos de ausentismo
- Mejor control sanitario
- Mejores condiciones laborales
- Se recomienda para mediana producción

Desventajas.

- Mayor inversión en equipo y obra civil
- Mayor costo de mantenimiento
- Riesgo elevado de mastitis*
- Se requiere capacitar a los operarios
- Mayor incompatibilidad pezonera/animal

- Ordeña automatizada: Las ventajas y desventajas para este tipo de ordeña guardan relación con su antecesora, mostrando aquí sólo los pros y contras característicos del sistema.

Ventajas.

- Se reducen los costos de mano de obra
- Se reduce el trabajo físico del operario
- Alto control sanitario
- Mayor producción
- Mejoramiento en la salud de la ubre
- Ahorro de agua en el lavado de la ubre

- Se recomienda para altos niveles de producción

Desventajas

- Riesgo de enfermedades transmisible
- Desequilibrio conductual del animal
- Poco contacto del operario con el animal durante la ordeña**
- Se requiere de una unidad de selección previa al cubículo de ordeña

(*) Mastitis: Es la inflamación de la glándula mamaria, la cual es causada por infecciones bacterianas o traumatismos.

(**): El animal necesita la interacción con el hombre cuando se le somete a un proceso ajeno a su naturaleza.

A continuación se presenta una tabla (ver tabla 2.1) en la que se muestran diversos tipos de salas de ordeñas y sus características con el objeto de mostrar sus rangos de utilización. En las figs.2.21 a 2.22 se pueden ver las salas, que en la tabla arriba citada se describen.

Tabla.2.1. Tipos y características de las salas de ordeña (1985).

	MODELOS DE SALAS PARA ORDEÑO					
	Parada convencional	Tándem	Espina de Pescado	Trígono *	Polígono *	Rotativa
Núm. de unidades por ordeñador	2-3	2-3	3-4	12-18	8-20	16-20
Vacas/hora/máquina	7-8	7.5/8	8.5-10	9-10	9-10	8-9
Comodidad del operador	baja	media	media	media	media	alta
Trato de la vaca	colectivo	individual	colectivo	colectivo	colectivo	colectivo indiv.
metros construidos por vaca	++	+++	+	+++	++++	++++
Posibilidades de expansión	limitada	limitada	poco limitada	nula	nula	nula
Tipo de explotación a recomendar	50 a 192 vacas	120 a 270	120 a 950	680 a 1360	670 a 1240	325 a 490
Aceptación a la automatización	pobre	alta	alta	muy alta	muy alta	muy alta
Unidades máximas recomendadas en una sola sala	6	8	24	36	32	12

2.5. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ORDEÑA MECÁNICA Y AUTOMÁTICA

1.- Generación de vacío

La presión negativa requerida en un sistema de ordeña se obtiene con las bombas de vacío; éstas varían tanto en capacidad como en diseño mecánico. La aplicación del vacío en los sistemas de ordeña sirve para proporcionar masaje al pezón durante la fase de reposo, provocar la salida de leche y facilitar la conducción de ésta en las tuberías.

Tabla. 2.2. Tres tipos de bombas de vacío y sus parámetros de operación usados en las máquinas ordeñadoras

TIPO DE BOMBA	PARÁMETROS DE OPERACIÓN.			CFM	Requiere aceite
	HP	R.P.M.	PRESIÓN(" Hg)		
Bomba rotatoria	10	760	15 "	120	Sí
Bomba de lóbulo (1)	10	2040	15 "	92	No
Bomba de lóbulo(2)	10	4550	15 "	102	No

CFM = Pies cúbicos por minuto.

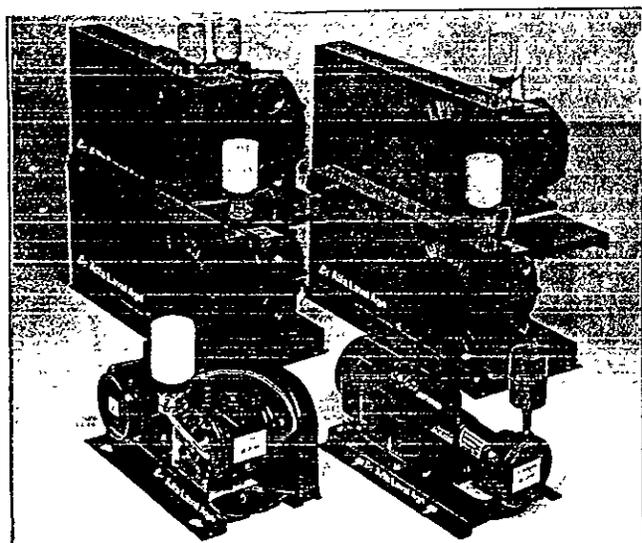
Fuente: Ver bibliografía del capítulo 2, referencia 4

La bomba de lóbulo(1) es el modelo LVP y la bomba de lóbulo (2) es el modelo Ecopump, ambas de Alfa Laval Agri. Se puede observar de la tabla 2.2 que las bombas rotatorias producen un mayor número de pies cúbicos por minuto (CFM), pero requieren de aceite. Por otra parte las bombas de lóbulo no requieren aceite y son más silenciosas que las rotatorias, por tanto la selección de la bomba adecuada dependerá principalmente de las necesidades de cada rancho.

La capacidad de las bombas de vacío (fig. 2.2), usadas en un sistema de línea fija deberán ser la suficiente para operar simultáneamente a todas las máquinas ordeñadoras, sus componentes y además proveer una reserva del 50 %.

Debido a que la demanda total de vacío se ve afectada por la presión atmosférica y la altura sobre el nivel del mar es necesario aplicar un factor de corrección para lograr la capacidad real de la bomba a la altura a la que se esta operando.

Fig.2.2. Bombas de vacío.



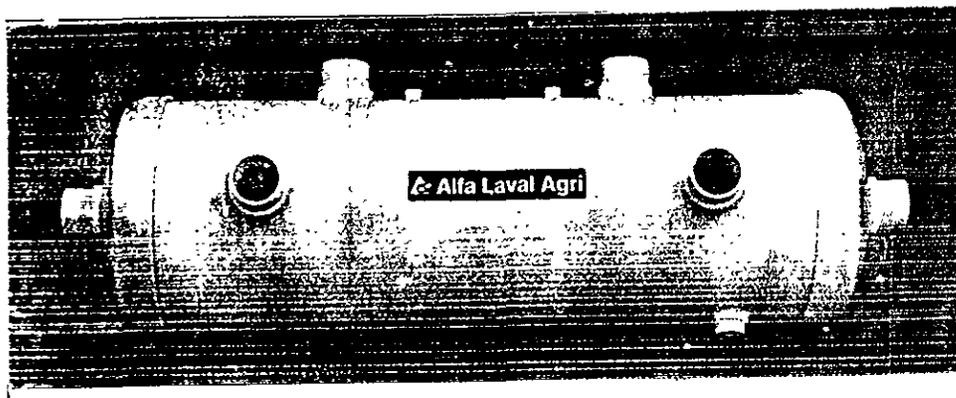
2.- Tanques de distribución

Su propósito es mantener una reserva del 50% del consumo nominal de vacío para compensar posibles fluctuaciones en la red, así como concentrar en él todos los ramales de abastecimiento, para evitar conexiones (en "T", codos, etc) que incrementan las pérdidas y dificultan el libre desplazamiento tanto del aire como de la leche, otras pérdidas pueden ser causadas por:

- Fugas al conectar o desconectar las copas
- Sobrecarga del sifón ordeñador
- Fugas en los pulsadores

Este tanque debe contar con drenaje automático en el fondo, estar colocado lo más cerca posible de la trampa sanitaria del tanque de recibo y se le debe conectar la bomba superiormente, la tubería debe tener el diámetro suficiente para evitar pérdidas de vacío y paso de líquido (ver figura 2.19).

Fig.2.3. Tanque de distribución.



3.- Trampa sanitaria.

Su propósito fundamental es evitar la contaminación de la línea de leche. Esta trampa puede ser de vidrio, plástico o acero; prefiriéndose esta última por su durabilidad. Básicamente la trampa es el punto de unión donde se separa el equipo en 2 grandes partes, la parte que tiene y la que no tiene contacto con la leche. La conexión entre el jarro final de recibo y la trampa sanitaria debe tener una pendiente hacia ésta, no extenderse más de 30 (cm) y ser de fácil limpieza.

4 - Tuberías de vacío

El propósito fundamental de éstas es conducir el vacío a los pulsadores y a los casquillos de las unidades de ordeño. Las tuberías de vacío pueden ser de tubo galvanizado, pero actualmente se ha generalizado el uso del PVC; deben tener una pendiente (una inclinación con respecto a la horizontal) hacia la fuente de suministro de vacío además de contar con drenajes que permitan eliminar la humedad acumulada. Estas líneas necesitan tener un diámetro suficiente como para permitir el libre flujo de aire a través del sistema (ver la tabla 2.3).

Tabla.2.3. Diámetro para tuberías de vacío para pulsadores.

según el número de máquinas	
Número de máquinas	Diámetro de la línea (mm)
1 a 3	31.75
4 a 5	38.1
6 a 10	50.8
11 a 13	63.5
14 o mayores	76.2

Nota: En la actualidad con el uso de P.V.C., se ha generalizado el uso de tubería de 76.2 mm diámetro en circuito cerrado en las tuberías de vacío de pulsadores

Adaptado de The Modern Way to Efficient Milking, MMMC. 1977.

5.- Control de vacío.

El control de vacío debe tener la capacidad para admitir una cantidad de aire igual a la capacidad de la bomba, trabajando a plena carga, y además ser capaz de mantener el nivel del vacío, independientemente del número de máquinas.

6.- Pulsadores.

El propósito del pulsador es proporcionar alternadamente vacío, al espacio existente entre la cubierta exterior (casquillo) y la pezonera de la máquina ordeñadora, para aplicarle un masaje al pezón y evitarle congestión sanguínea.

Las opciones de pulsadores a utilizar son:

- Unitario (controla una sola unidad)
- Pulsador maestro (controla simultáneamente más de 2 máquinas ordeñadoras)

Existen 3 tipos de pulsadores de acuerdo a su concepción: eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Estos a su vez pueden ser alternantes o de acción simple.

Los pulsadores trabajan a una velocidad de 40 a 120 pulsaciones por minuto, pero se recomienda una frecuencia entre 45 y 60, pues al incrementar el número de pulsaciones, el tejido del pezón puede sufrir lesiones que provoquen mastitis. Se entiende por pulsación a la expansión y contracción cíclica de la pezonera, las pulsaciones se expresan en porcentajes, es decir una relación 1:1 significa que la pezonera esta contraída durante el mismo tiempo que se encuentra expandida, ésta relación se expresa comúnmente como 50:50 encontrando también, en las salas de ordeña, el uso de la relación 1:1.5 la cual se conoce como 60:40.

Tabla.2.4. Efecto de la velocidad de pulsaciones en el tiempo total de ordeña y la la velocidad máxima de flujo.

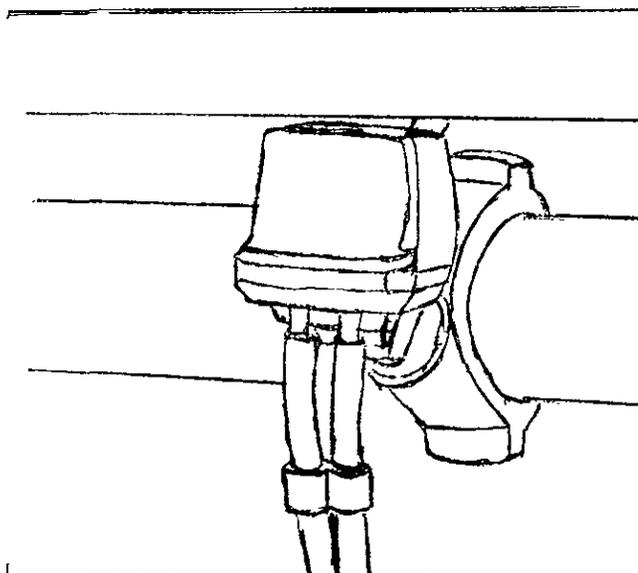
Velocidad de pulsaciones (puls./min)	Tiempo de exprimido (min)	Tiempo total de ordeño (min)	Velocidad máxima de flujo (kg/min)
40	1.1	4.5	4.39
80	1.0	4.3	4.49
120	1.1	4.1	4.39

Schmidt, G H. Biology of Lactation
Freeman & Company, S. F. (1971)

Relación de pulsaciones	Tiempo de exprimido (min)	Tiempo total de ordeño (min)	Velocidad máxima de flujo (kg/min)
1:1	0.9	4.4	4.30
3:1	1.2	4.2	4.89

Schmidt, G H. Biology of Lactation
Freeman & company, S F (1971).

Fig.2.4. Pulsador



7.- Máquinas ordeñadoras.

El propósito fundamental es permitir la aplicación del vacío a las pezoneras (están constituidas básicamente por el casco y la pezonera de hule). Ambos componentes deben ser compatibles, es decir, que la pezonera debe ajustarse al tipo de casco (ver fig.2.7). A la máquina ordeñadora también se le conoce con el nombre de unidad ordeñadora.

Las partes que integran la máquina de ordeña son:

* Pezoneras, existen las siguientes:

-Luz amplia

-Luz estrecha

-Modelos de anillo elástico (realizan una ordeña rápida, completa, y reduciéndose el trepamiento* e irritación de la ubre).

-Pezonera precolapsada (proporciona un masaje artificial al pezón y evita el reflujo de leche; funciona en forma inversa a la pezonera convencional).

-Pezonera convencional (se encuentra expandida inicialmente se le aplica vacío y se contrae).

Características generales de las pezoneras:

- La pezonera debe ser flexible y la flexibilidad debe variar inversamente proporcional para permitir la correcta expansión del pezón y fluya adecuadamente la leche.
- La pezonera debe cerrar completamente y debe acoplarse al pezón, como guante, en la fase de reposo.
- Su presión a la acción del vacío no debe ser superior a 88.9 mm de Hg .
- Su porosidad debe ser baja para evitar acumulación de grasa, piedra de leche, bacterias, etc.

* Copas metálicas o casquillos.

El tamaño de la copa debe ser compatible con la pezonera y a su vez con el pezón para lograr un ordeño adecuado, pero además no debe obturar el paso de aire por la pezonera y que la luz de la pezonera sea lo suficientemente amplia para el movimiento rápido de la leche (ver fig.2.5).

(*)Trepamiento : Es cuando la pezonera sube a través del pezón hasta la unión de éste con la ubre, debido a la oclusión del canal interno de paso entre el primero y la última.

* Sifón: Conocido también como colector, debe ser lo suficientemente amplio para permitir el flujo adecuado del volumen de leche. Debe tener un orificio de inyección de aire para romper las columnas de leche y empujar ésta a través de la salida a la manguera sanitaria (ver fig.2.6).

Fig.2.5. Pezoneras (vista exterior y corte longitudinal) y casquillo.

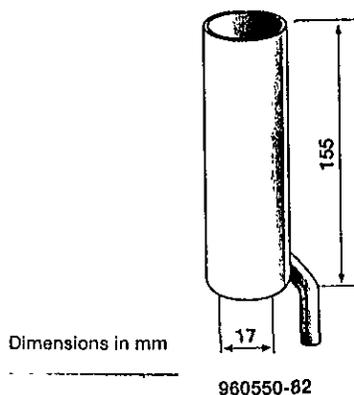
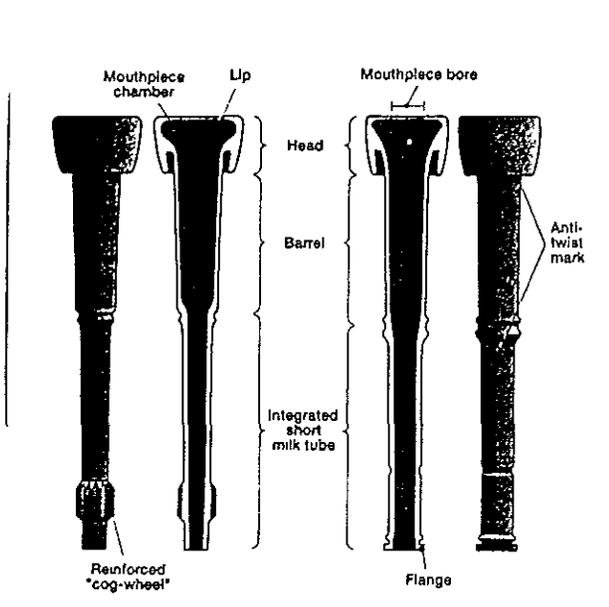


Fig.2.6. Diversos tipos de sifones.

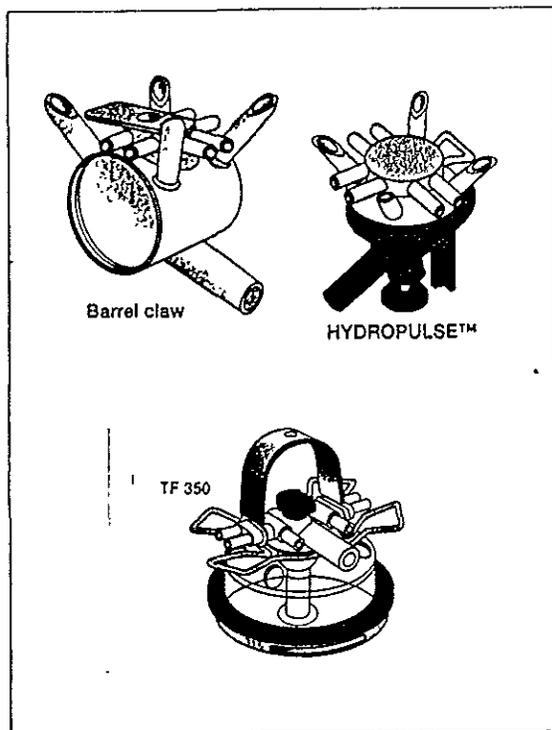
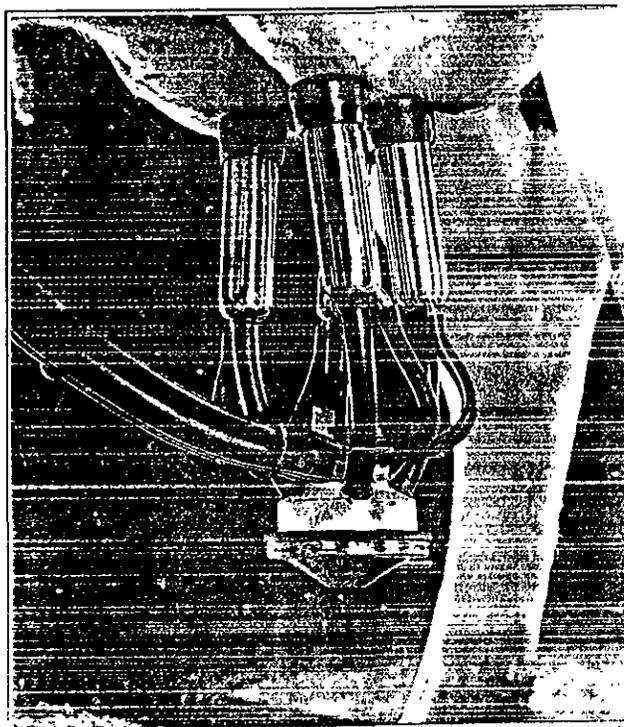


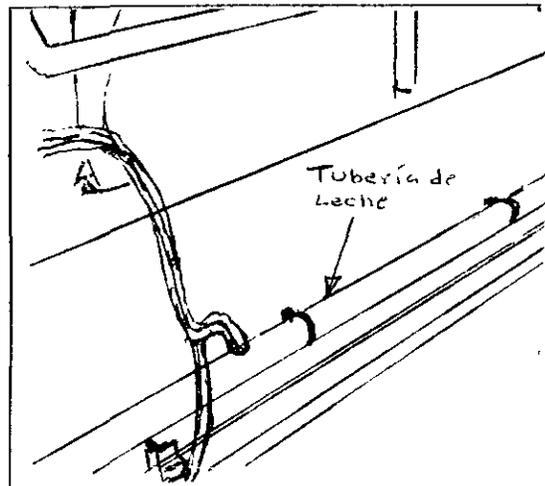
Fig.2.7. Máquina ordeñadora.



8.- Tuberías de leche.

El propósito fundamental es transportar de manera eficiente, leche y aire hasta la jarra de recibo (fig.2.9). Cotidianamente se instalan tuberías de acero inoxidable y de PVC (ver fig.2.8) pero las de acero inoxidable, son más durables y por tanto más económicas a largo plazo; para determinar el diámetro adecuado de la tubería para conducir la leche se deben considerar los siguientes puntos: Tipo de tubo (final de tubo, curvatura amplia, curvatura estrecha), número de máquinas, y producción media de las vacas.

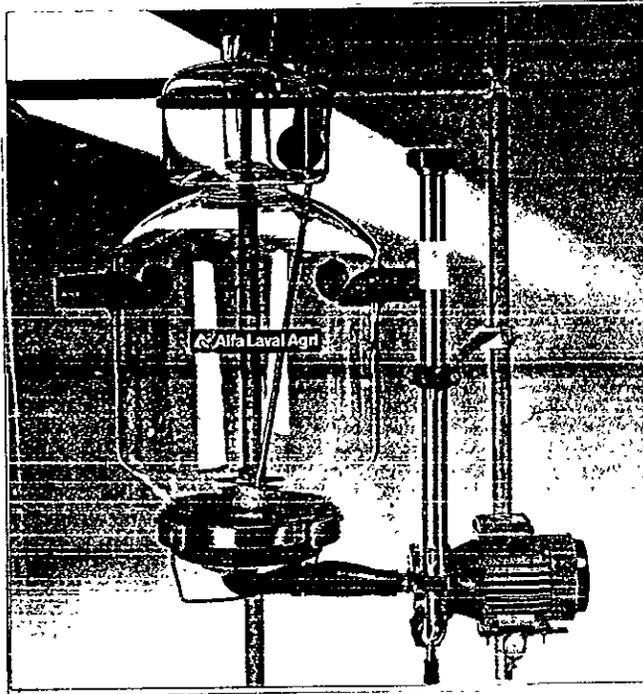
Fig.2.8. Tuberías de leche.



9.- Jarro final de recibo.

Los jarros de recibo comúnmente se construyen de acero inoxidable y el propósito fundamental es recibir la leche procedente de las máquinas ordeñadoras, transportada a través de las tuberías (fig.2.9). El jarrón debe tener la entrada de las tuberías de leche en su tercio superior para asegurar la estabilidad del vacío, y se recomienda que éste se localice lo más cerca posible a la sala de ordeña, para evitar prolongación excesiva de tubería y en consecuencia pérdidas de vacío (ver la figura 2.19).

Fig.2.9. Jarro final de recibo.



10.- Bomba de leche.

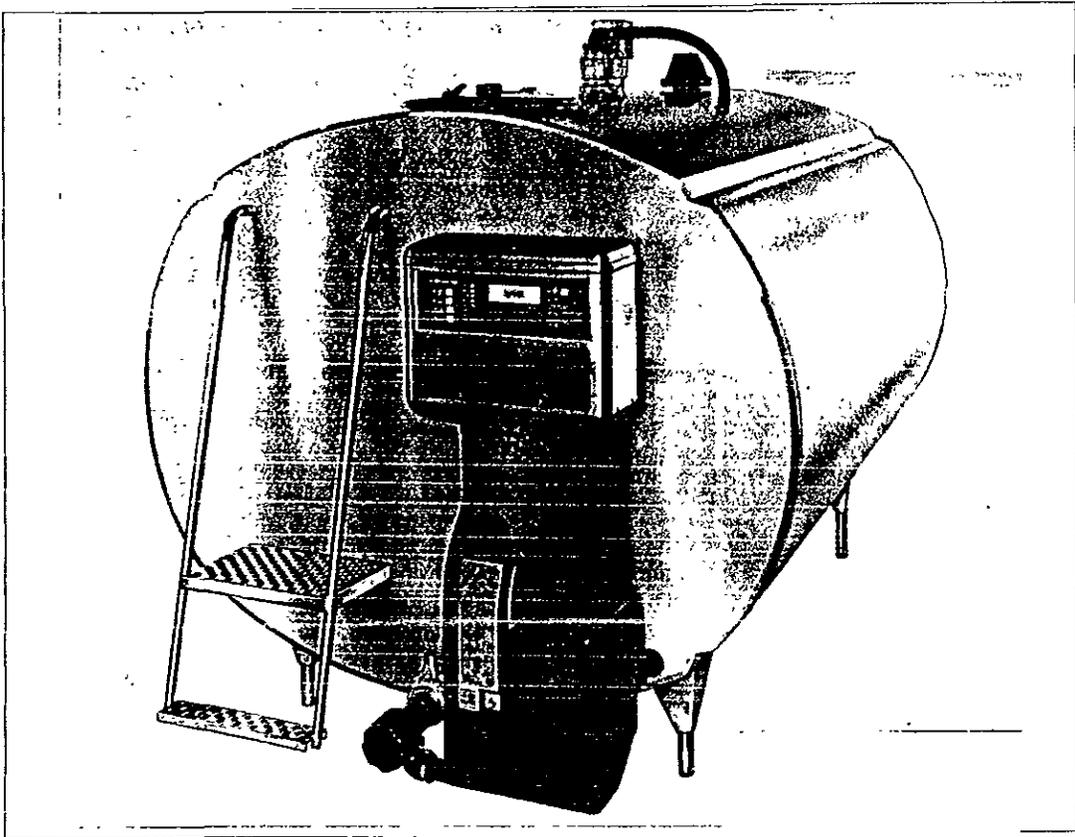
Las bombas pueden ser centrífugas, helicoidales o rotatorias. Su función principal es la de enviar la leche que llega al jarro de recibo, hacia los tanques de almacenamiento y deben contar con un control de nivel automático (ver fig.2.9, parte inferior derecha)

11.- Tanques de almacenamiento y refrigeración de la leche.

Los tanques tiene capacidad para almacenar y refrigerar la leche de 3 ordeñas, en el caso de despacho diario, o de 5 ordeños en despachos cada 2 días. Deben ser de acero inoxidable con formas cilíndricas o rectangulares, deben contar con pies de apoyo soldados a su estructura. Existen los tanques de expansión directa que enfrían la leche en el mismo tanque y los tanques termos que reciben la leche ya enfriada por medio de un intercambiador que posee un banco de hielo para dicho propósito.

Un tanque de recolección diaria, debe enfriar al 50% del volumen del tanque de leche caliente de 32.2°C a 10°C en una hora, con el sistema de enfriamiento funcionando durante la operación de llenado. Posteriormente, el sistema de enfriado debe enfriar la leche de 10°C a 4.4°C dentro de la hora siguiente.

Fig.2.10. Tanque elíptico para almacenamiento y refrigeración de leche.



2.6 SISTEMAS AUTOMÁTICOS PARA ORDEÑA.

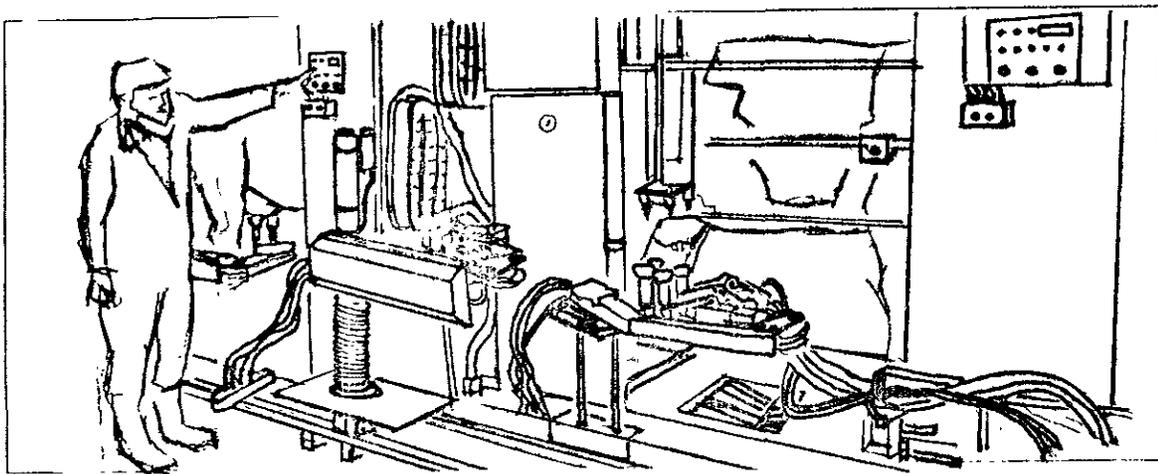
Los recientes avances tecnológicos registrados en la máquinas ordeñadoras mecánicas ejemplifican la evolución de los equipos desarrollados por diversas compañías e instituciones

La compañía comercial Prolion (Vijfhuizen, Holanda) diseño un contenedor especial en el cual esta alojado todo el equipo necesario para el proceso de ordeña. El proceso comienza con el lavado de los pezones, el cual se realiza en las pezoneras así como el secado de los pezones; posteriormente se lleva a cabo la localización de éstos: La primera unidad de localización (2 sensores ultrasónicos con campos divergentes) tienen que encontrar el pezón frontal derecho como punto de referencia y la segunda unidad (un sensor ultrasónico llamado de refinación) se mueve hacia arriba y hacia abajo y tiene un campo rotatorio la cual mide la distancia entre los pezones y el pezón de referencia.

Si la vaca se mueve en el cubículo después de que las posiciones de los pezones han sido localizados, el brazo se mueve con relación al pezón de referencia. Todas las pezoneras están en una canastilla y estas son colocadas lateralmente, después de que las 2 unidades de sensores han localizado los pezones. Al terminar la ordeña (cuando el flujo de leche cae por debajo de 0.2 Kg/min) el brazo es activado y remueve las pezoneras. La compañía Prolion manufactura instalaciones con uno, dos, tres o cuatro cubículos, éstos últimos sistemas comparten un sólo robot localizador que se desplaza a cada uno de ellos por medio de un riel pero cada cubículo tiene su propia canastilla de pezoneras así como el sistema colocador de éstas (ver fig.2.11).

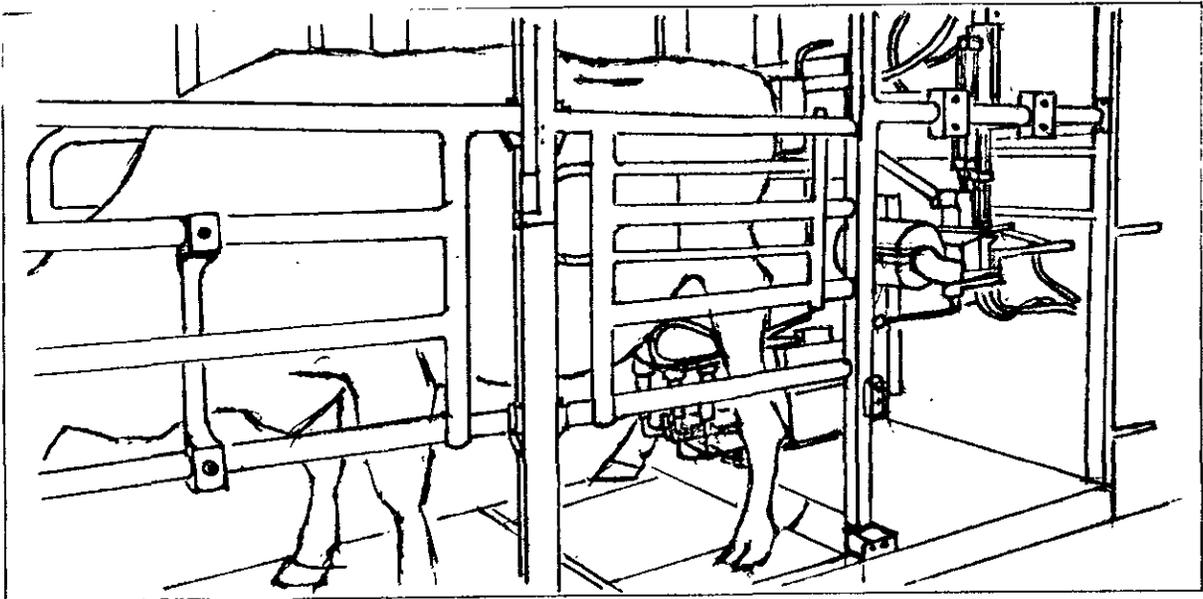
En 1994 el sistema para ordeña automatizada de Prolion era usado en Holanda por 3 granjas experimentales y en 15 granjas comerciales y a partir de 1996 esta siendo evaluado por la Universidad de Guelph, en Ontario, Canadá.

Fig.2.11. Sistema automatizado de ordeña (Prolion, Holanda)



Otro sistema desarrollado por la empresa Gascoigne Melotte (Emmerloord, Holanda), coloca las pezoneras por la parte trasera de la vaca en un compartimiento tipo tandem, entre las patas traseras (fig.2.12). El proceso inicia con la limpieza, con un cepillo, de la ubre y los pezones. Éstos últimos son detectados con rayos infrarrojos y se almacena su posición en la base de datos de una computadora, después se posiciona correctamente las pezoneras y finalmente se colocan con un brazo que se aproxima desde la parte posterior de la vaca. Este robot se probó en una granja experimental de Holanda.

Fig.2.12. Sistema de ordeña automatizado (Gascoigne Melotte).



La compañía Lely Industries (Maasland, Holanda) construyó un robot para ordeña que coloca las pezoneras por el costado del animal. Antes de la colocación de las copas, las pezoneras y pezones son limpiados por un sistema que usa rodillos y toallas suaves. El brazo se mueve bajo el animal y entonces éste se mueve hacia arriba hasta que un láser localiza la parte superior de la ubre, después se desplaza hacia la parte trasera de la ubre hasta encontrar los pezones traseros. Las copas son posicionadas individualmente y cuando éstas son colocadas en los pezones traseros, el brazo se desplaza hacia adelante, encuentra los pezones frontales y después de localizarlos les coloca las copas. Durante la ordeña, la unidad de limpieza es limpiada y desinfectada. Este sistema es actualmente usado en 10 granjas comerciales de Holanda.

El sistema de ordeña automática desarrollado por el Instituto Francés de Agricultura e Investigación en Ingeniería Ambiental esta actualmente siendo evaluado en una granja experimental, el cual posee 4 brazos, uno para cada copa. Los brazos para los pezones frontales son colocados por los lados, y para las tetas traseras las copas provienen del piso. La posición de las ubres se establece con un sensor global y un sensor local. El sistema de visión tridimensional esta basado en el principio de triangulación y usa una cámara CCD y láser. El sensor local es una red de dispositivos de rayos infrarrojos y fototransistores alrededor de cada copa.

El sistema británico desarrollado por el Instituto de Investigación Silsoe detecta la posición del animal por medio de sensores, los cuales están presionados suavemente contra los flancos y espalda del animal. Una matriz de ocho rayos infrarrojos señalan la ubre a través de la parte superior del efector terminal y permite el posicionamiento del robot neumático para realizar la colocación de las pezoneras y ésta es corregida hasta que la copa es centrada en la teta. Las 4 copas son colocadas una a una por el brazo del robot. Este robot ha sido probado en una granja experimental

El sistema desarrollado por la compañía Düvelsdorf (Ottersberg-Posthausen, Alemania) usa una estructura del tipo cartesiano para mover, con motores eléctricos, el brazo del robot. La posición exacta de los pezones es establecida por un sensor ultrasónico y barreras luminosas, estas posiciones son registradas en la base de datos de una computadora, la cual transmite la información al robot y éste alcanza las pezoneras y las coloca una a una. Este robot esta siendo probado en una granja comercial en Alemania.

El Centro Federal de Investigación para la Agricultura en Alemania desarrolló y probó un sistema automatizado de ordeña (1992). Este robot coloca con ayuda de sensores ultrasónicos, cámara CCD* y láser una a una las copas por medio de 3 ejes lineales y 1 eje rotatorio todos movidos por motores síncronos o de pasos

(*) Sensores CCD: Su función es la de dotar al robot de visión. Los CCD (dispositivos de acoplamiento de carga) son sensores de imagen de estado sólido los cuales se dividen en: sensores de exploración de línea y sensores de área; los primeros tienen como componente básico una hilera de elementos de Silicio llamado "photosites", cuyo funcionamiento es el siguiente: los fotones de la imagen pasan a través de una estructura transparente fotocristalina de Silicio y son absorbidos en ésta, creando así pares electrón-hueco. Los fotoelectrones que así se obtienen son recogidos en los photosites siendo la carga acumulada en éstos proporcional a la intensidad lumínica en ese punto. La diferencia entre los primeros y los sensores de área es la disposición de los photosites, ya que éstos se encuentran en forma matricial en los últimos. Sus principales ventajas (comparadas con las cámaras de tubo) son su menor peso y tamaño, larga duración y menor consumo de energía, entre otras.

2.6.1 DESCRIPCIÓN DE UN ESTABLO AUTOMATIZADO

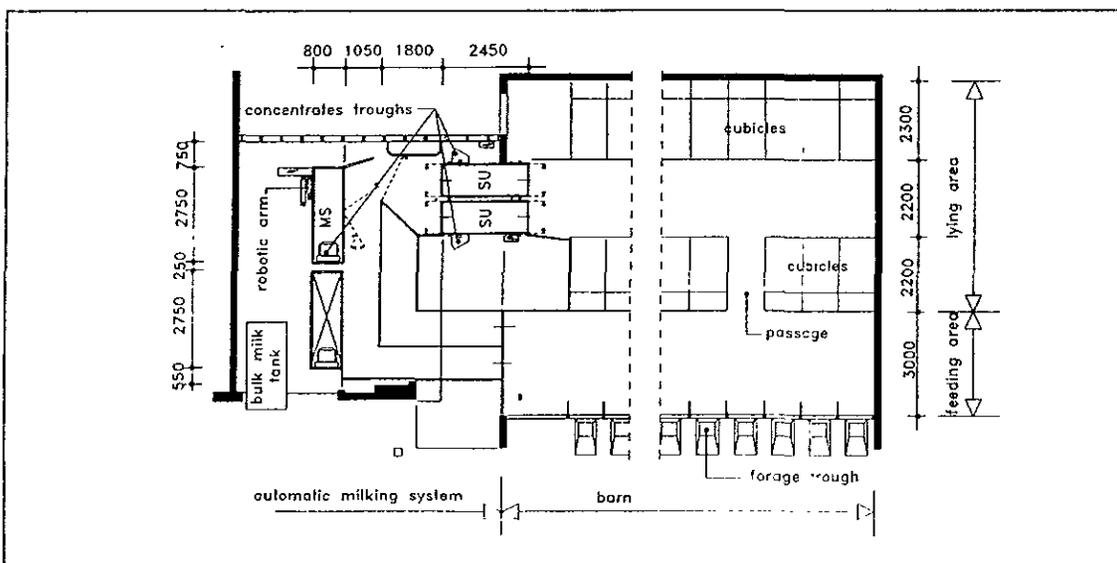
La siguiente información se basa en un experimento realizado en un establo automatizado del Instituto de Agricultura e Ingeniería Ambiental de Holanda en colaboración con la compañía Prolion (Vijfhuizen, Holanda), y cuyo objetivo es probar el diseño e instalación de un sistema para automatizar la ordeña y la alimentación. Algunos criterios de diseño fueron: El uso de tantos productos comercialmente disponibles como fuera posible, uso de un cubículo de ordeña automatizado (es muy frecuente su uso en la práctica de ordeña en Holanda) para el sistema, uso de sistema de alimentación automática, uso de computadoras para almacenar suficiente información en línea que permitiera un manejo individual de las vacas y hacer el sistema lo más flexible posible. La descripción del equipo se concreta a un caso particular con un AMS y componentes determinados para el experimento, por lo cual es posible proporcionar cifras exactas. Este establo se compone de las siguientes áreas y componentes que posteriormente se describirán:

- Área de descanso.
- Unidades de selección.
- Sala de ordeña con el AMS.
- Área de alimentación automatizada.
- Sistema general de control.

Área de descanso.

El área de descanso se compone de 25 camas o echaderos (uno para cada vaca de la muestra piloto) que proveen al animal de un lugar para dormir y descansar, también 3 pasillos uno central que sirve para que las vacas se desplacen de un área a otra o caminar (en éste, el estiércol se recolecta por medio de un rastrillo automático) y 2 pasillos secundarios para que el ganado pase libremente al área de comederos.(ver fig.2.13).

Fig.2.13. Layout del establo para la ordeña y alimentación automática (MS= cubículo de ordeña, SU=unidad de selección). Todas las acotaciones de las figuras son en (mm). Fuente: Ver bibliografía del capítulo 2, referencia 3



Unidad de selección.

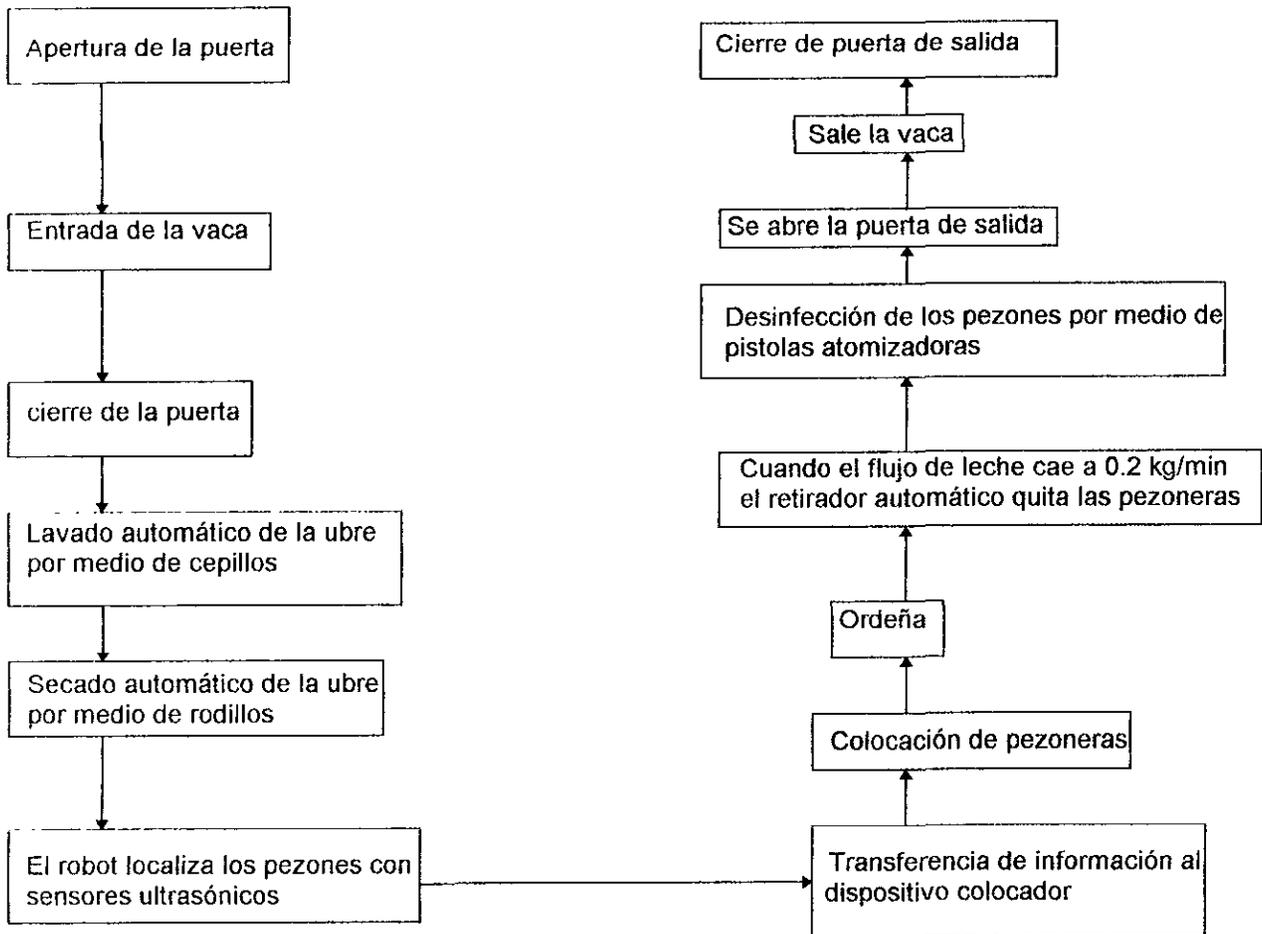
La unidad de selección se ubica entre la sala de ordeña y el área de descanso (ver fig.2.13), en ella se seleccionan mediante los siguientes parámetros las vacas aptas para la ordeña: período de ordeña anterior, peso corporal, nivel diario de producción y estado fisiológico entre otros. El sistema general de control esta conectado con la unidad de selección, ésta última identifica al animal por medio de un transductor colgado en el cuello; mediante la información recibida el sistema de control puede designar cualquiera de las siguientes funciones (ver fig.2.14).

Fig.2.14 : Algoritmo de la unidad de selección (las actividades encerradas en óvalos son las que realiza el animal en el proceso).



Área de ordeña

En el área de ordeña se encuentra ubicado el AMS (Automatic Milking System), ver fig.2 15 y 2.16, el cual realiza las siguientes funciones:



Nota: Todo el proceso se lleva a cabo en 10.6 minutos en promedio.

Fuente: Ver bibliografía del capítulo 2, referencia 3

Fig.2.15. Layout del cubículo de ordeña.

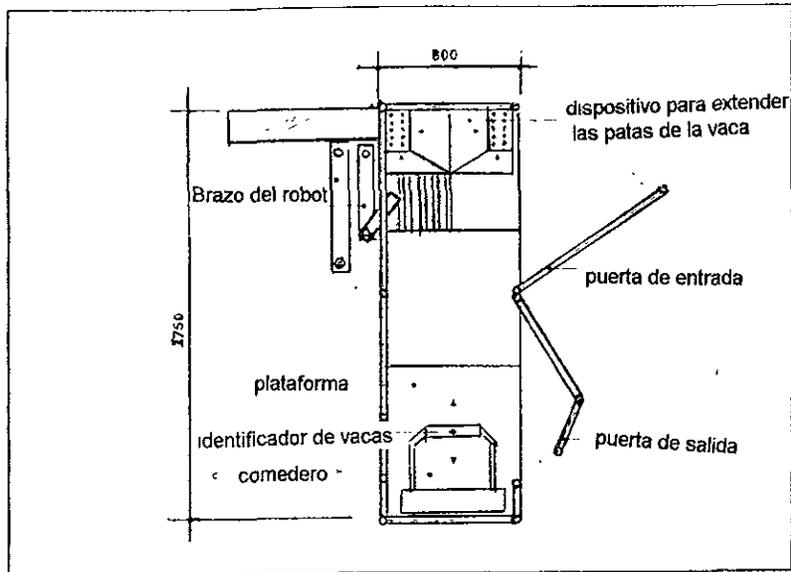
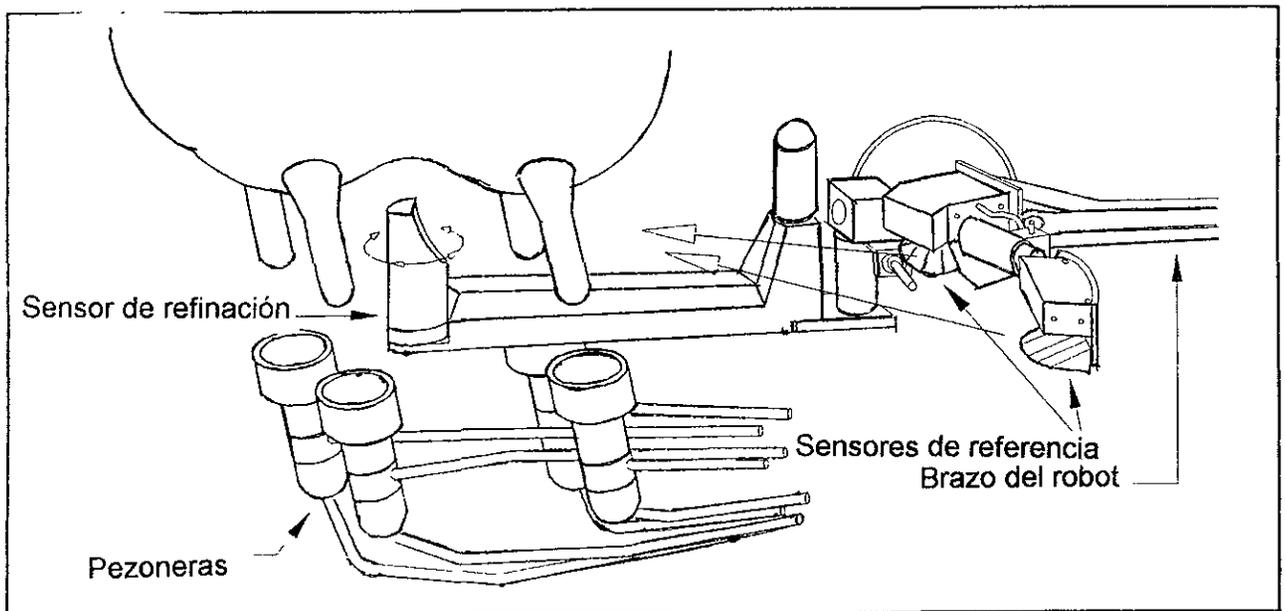


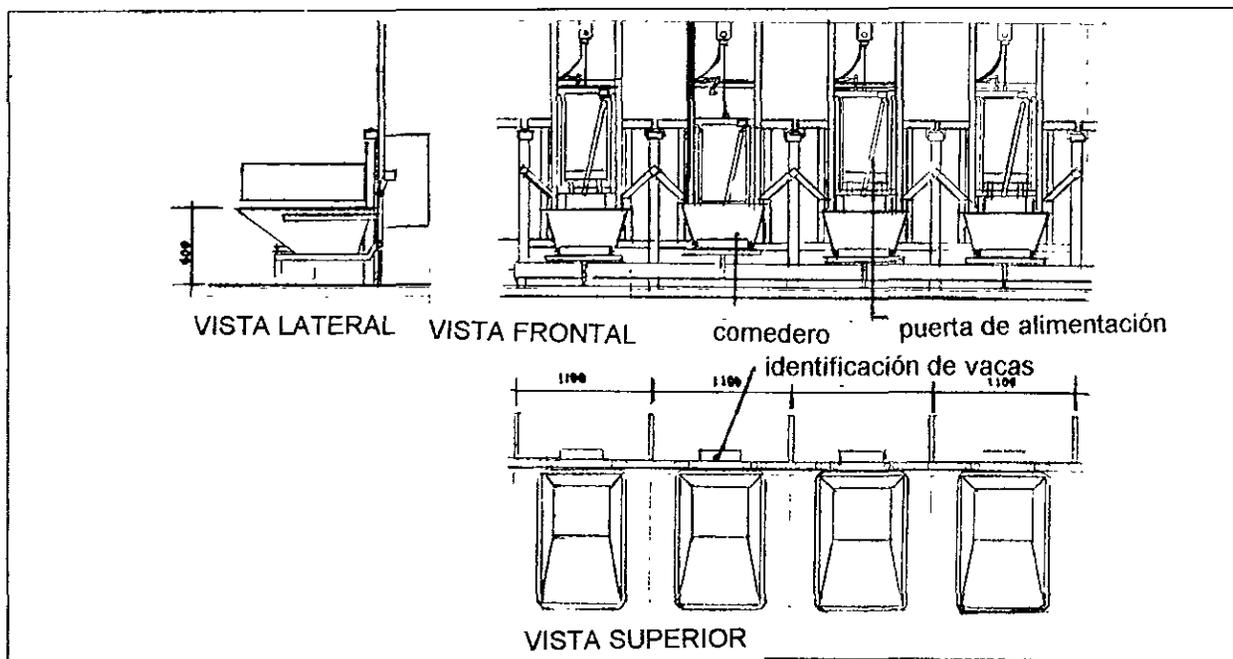
Fig.2.16. Robot ordeñador



Sistema de alimentación.

El sistema de alimentación esta compuesto de 17 comederos y 3 bebederos que se abastecen automáticamente cada 30 minutos y a través del sistema de control se registran las porciones consumidas por la vaca.

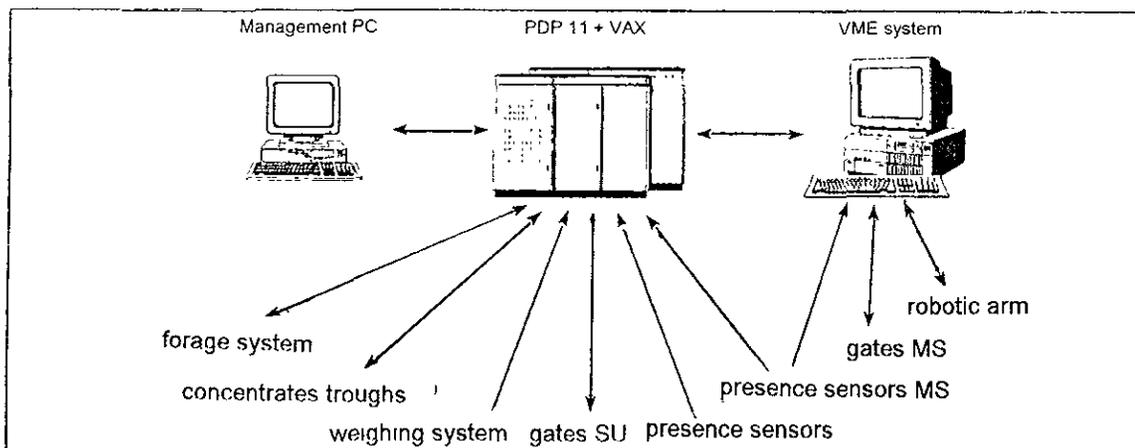
Fig.2.17. Sistema de alimentación de forraje.



Control del proceso.

El sistema de control consta de 3 computadoras centrales que se encuentran interconectadas con todo el establo automatizado. Las computadoras controlan los siguientes procesos y sus retroalimentaciones (ver fig.2.18).

Fig.2.18. Sistema de control.



Claves de la figura 2.18.

SU=unidad de selección

Gates SU = puertas de la SU

MS=cubículo de ordeña

Presence sensors= Sensores de presencia

Forage system= sistema de forraje MS

Concentrates troughs= comederos de alimento balanceado

Weighing system= Sistema de pesaje

Presence sensors MS= Sensores de presencia del MS

Gates MS= Puertas del MS

Robotic arm= Brazo del robot

Resultados del experimento.

El sistema antes descrito, desarrollado por el Instituto de Agricultura e Ingeniería Ambiental de Holanda, fue usado por 7 meses consecutivos con 24 vacas, éste ofreció mucha flexibilidad con respecto a la frecuencia de ordeñas, tráfico de las vacas, y distribución del alimento. Todo el sistema se encontraba disponible las 24 horas, incluyendo al AMS excepto cuando era limpiado.

El promedio planeado de visitas diarias al cubículo de ordeña fue de 79 y se registró un promedio diario de 85.4 y con un promedio de 258 visitas por día a la unidad de selección

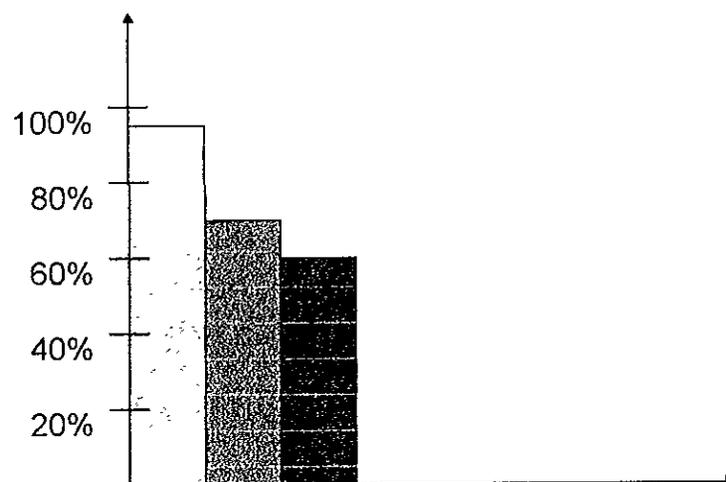
Porcentaje de visitas voluntarias



Porcentaje de ocupación de unidades de selección entre las 16:00 y 20:00 horas



Porcentaje de ocupación del cubículo de ordeña en Horas pico (04:00-08.00 h)



Diseño del sistema.

En el experimento realizado por el Instituto de Agricultura e Ingeniería Ambiental de Holanda se tomaron los siguientes criterios:

- Las vacas deben visitar de forma voluntaria el AMS y el área de alimentación
- Se debe evitar visitas innecesarias al robot ordeñador
- La selección del ganado apto para la ordeña debe seleccionarse antes del AMS
- Se sugiere una unidad de selección en vez de un pasillo, ya que por ejemplo, la medida del peso corporal es más fácil debido a que las vacas están relativamente quietas
- Las vacas deben ser atraídas a las unidades de selección y cubículos de ordeña por medio de concentrados
- El sistema de ruta única puede ser introducido, con el objeto de que las vacas tengan que recorrer en secuencia todas las áreas del establo automatizado
- Se debe disminuir el porcentaje de vacas que necesiten arrear al sistema de ordeña automatizada y los factores que las inhiben
- Las vacas deben ser identificadas antes de que se provea el alimento y pueda ser consumido a voluntad, en la cantidad y tipo requerido para cada animal en particular
- Se debe usar un sistema de computadoras para facilitar los procesos. Actualmente es posible llevar el control con una sola computadora 486 DX, la mayoría del sistema a excepción del cubículo de ordeña. La característica innovadora del sistema es que todos los componentes están integrados y esto da la posibilidad de utilizar una gran cantidad de datos en línea para el manejo individual de la vaca. Esto se logra por medio de paquetes para PC's de manejo de rebaños disponibles comercialmente. Para cambiar el manejo individual de una vaca sólo hay que ajustar el software

2.6.2. PERSPECTIVAS DE LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Un comité de trabajo en Holanda (1992) estudió las perspectivas de los sistemas automatizados de ordeña. Los siguientes aspectos son considerados de importancia en la introducción del sistema a la práctica:

1. Tamaño del rebaño: Granjas pequeñas (menos de 40 vacas) estuvieron poco interesadas en sistemas automatizados de ordeño, debido al nivel de inversión y a posibles ineficiencias en la capacidad de utilización del robot.
2. Sistema de alojamiento: Actualmente los robots ordeñadores requieren de la propia entrada de las vacas. Las vacas necesitan que se les permita ir al compartimiento de ordeña varias veces al día. Esto implica un tipo especial de albergue.
3. Nivel de producción: Altos niveles de producción son asociados con ordeñas frecuentes, y también con ordeña automatizada. Ordeñas más frecuentes pueden también contribuir a la idea de disposición conductual del animal.
4. Costos de mano de obra: El sistema para ordeña automatizada resulta en ahorrar mano de obra, y sus altos costos estimulará la introducción del sistema.
5. Sistema de administración de forraje y pastizal: La ordeña automatizada requiere que las vacas estén cerca del robot. Si las vacas son guardadas en el albergue durante todo el año, la sociedad puede reaccionar de manera negativa en bienestar del animal y las implicaciones del medio ambiente.
6. Contacto con los animales: El menor contacto con los animales puede ser un factor negativo en el control del rebaño. Sin embargo se necesita más experiencia para determinar que programa administrativo y sensores pueden sustituir en esta tarea al granjero. Muchos granjeros pueden considerar que el menor contacto con los animales no esta de acuerdo con su ética profesional.
7. Facilidad de trabajo: Se espera que la ordeña automatizada reduzca el trabajo físico. La función del operario será transferida a un trabajo de supervisión. Esto demanda nuevas habilidades para el granjero.
8. Ubicación en la granja: En un tiempo mediano se espera que el granjero (y su familia) este menos vinculada con la granja debido a que la ordeña automatizada requiere una atención secundaria de parte del granjero.
9. Capital e ingresos: La posición financiera de las granjas lecheras es importante cuando se decide una inversión considerable como la requerida para una ordeña automatizada. Por lo tanto, la tendencia en los ingresos de la granja influye en la determinación para introducir el sistema de ordeña automatizada en práctica. Los ganaderos que utilizan ordeña mecánica mostraron un mayor interés en la ordeña automatizada, que los ganaderos que utilizan la ordeña manual.

Salas de ordeña.

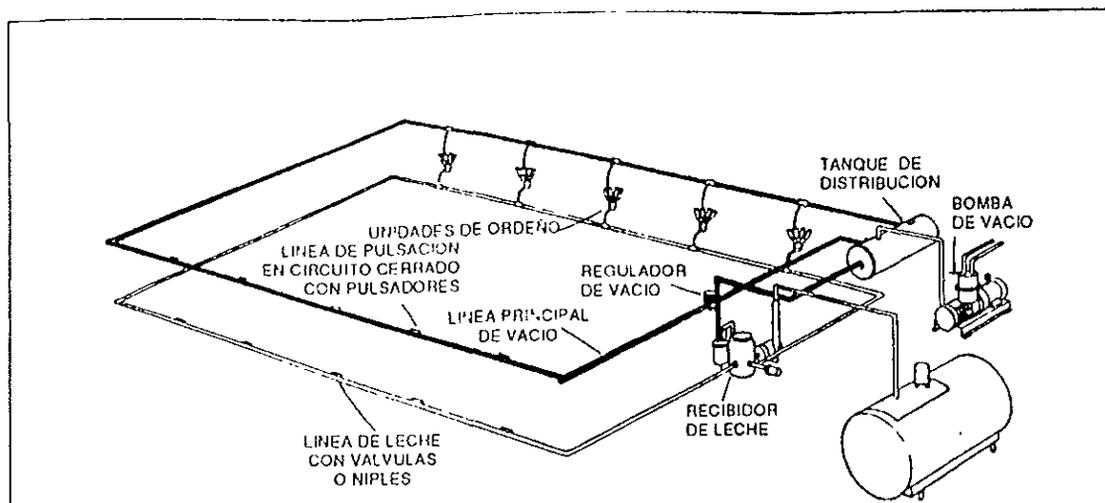
En esta parte del capítulo se muestran figuras sobre los distintos tipos de salas de ordeña, layouts de éstas y la disposición del equipo con el objeto de ubicar los componentes del equipo de ordeña dentro del establo.

La disposición del equipo de ordeña(ver fig.2.19) puede ser de línea alta o bien de línea baja (la diferencia entre éstas estriba principalmente en la ubicación de la tubería que conduce la leche). Actualmente se usa la línea baja ya que (que esta por debajo del nivel de la ubre y por encima del nivel del piso) la de línea alta (es la que se encuentra por encima del nivel de la ubre) trae consigo los siguientes problemas: La sobrecapacidad del sifón y la necesidad de una mayor presión para elevar la leche a dicho nivel.

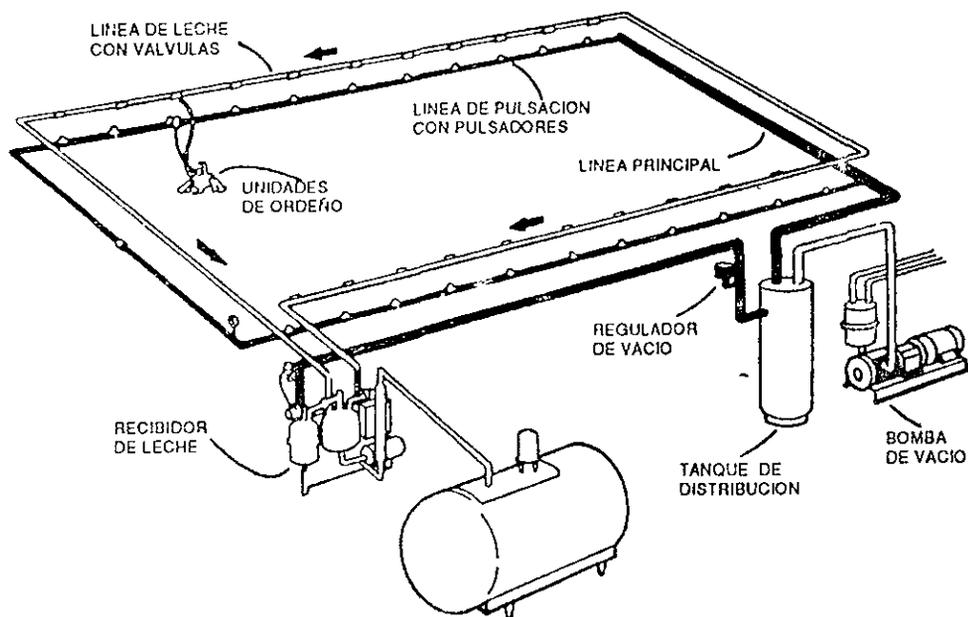
Los tipos de salas de ordeña empleadas comúnmente son en espina de pescado (ver fig.2.20), de salida lateral (ver fig.2.21), poligonales y salas rotatorias en espina de pescado, en tándem y tipo tornamesa (ver fig.2.22). Por último se muestran (ver fig.2.23 y 2.24) el layout general de un establo y diversos layouts de salas de ordeña con el fin de mostrar donde deben ubicarse el cuarto de bombas y el de almacenamiento de leche.

Fuente. Quinn, Thomas.
Dairy farm management
UNR Company. England. 1980

Fig.2.19 DISPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ORDEÑA MECÁNICA.



Sistema de ordeño de línea baja para salas.



Sistema de ordeño de línea alta para colleras.

Fuente: Manual de equipo y accesorios.
Bou- matic Co. E.U.A. 1990

TIPOS DE SALAS DE ORDEÑA

Fig 2.20 Sala tipo de espina de pescado (Herrigbone) doble 4

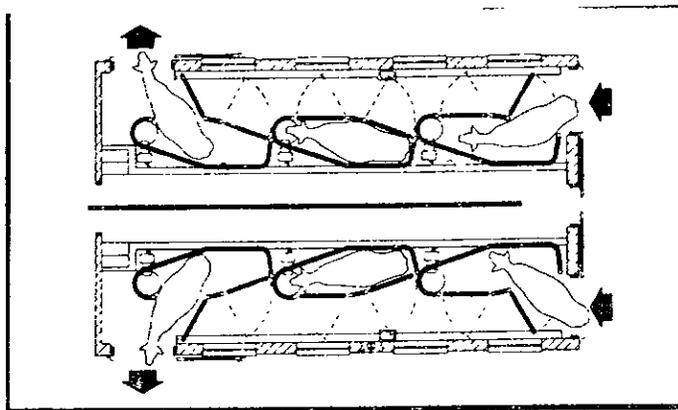
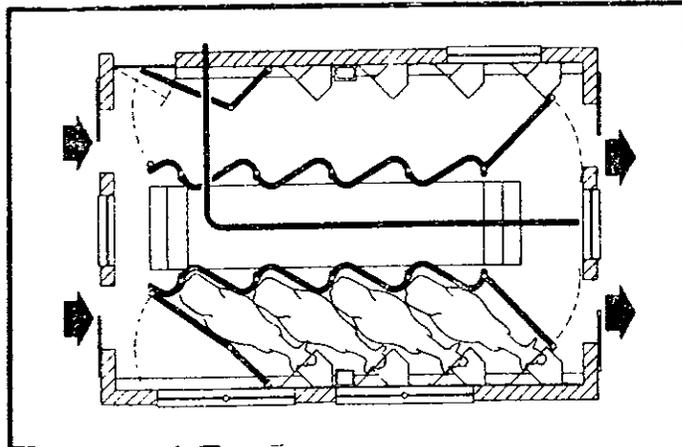


Fig. 2.21 Sala de tipo de salida lateral
doble 3.

Fuente: Ver bibliografía del capítulo 5, referencia 5

Fig.2.22 OTROS TIPOS DE SALAS DE ORDEÑA.

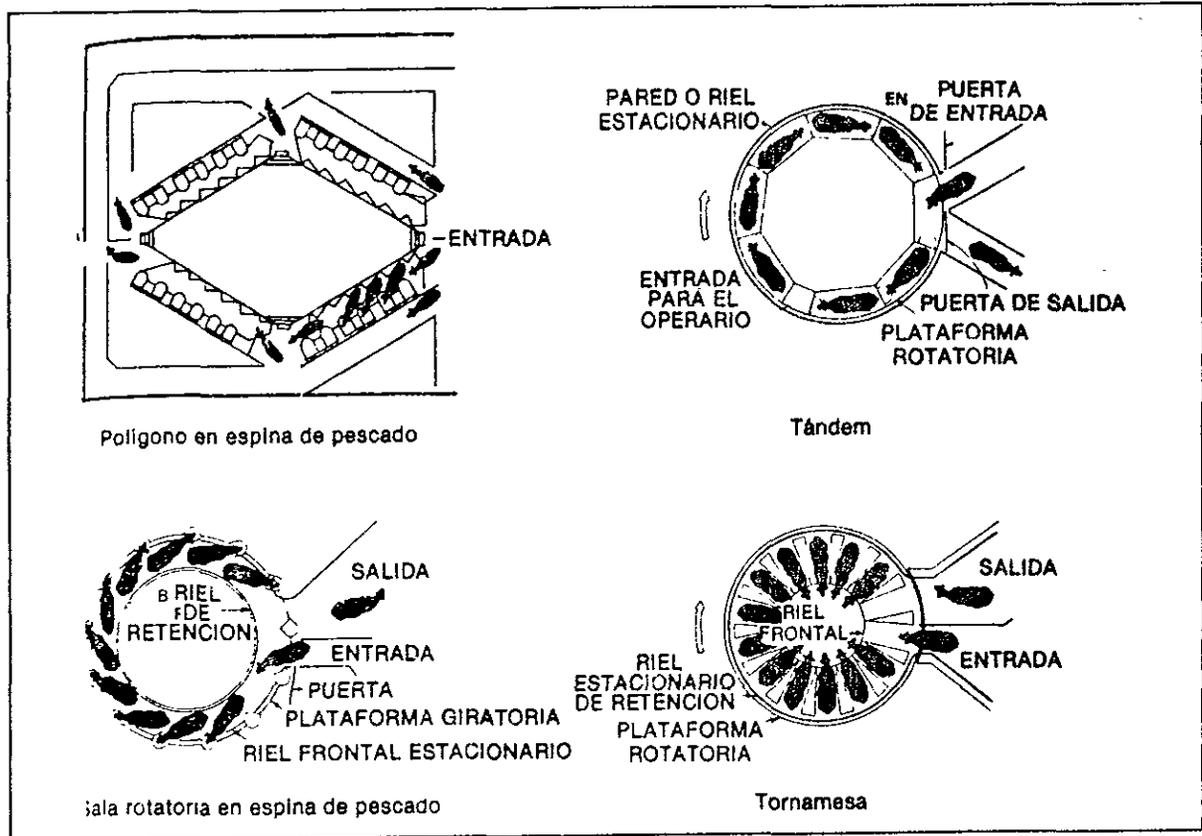


Fig.2.23 LAYOUT GENERAL DE UN ESTABLO PARA VACAS LECHERAS.

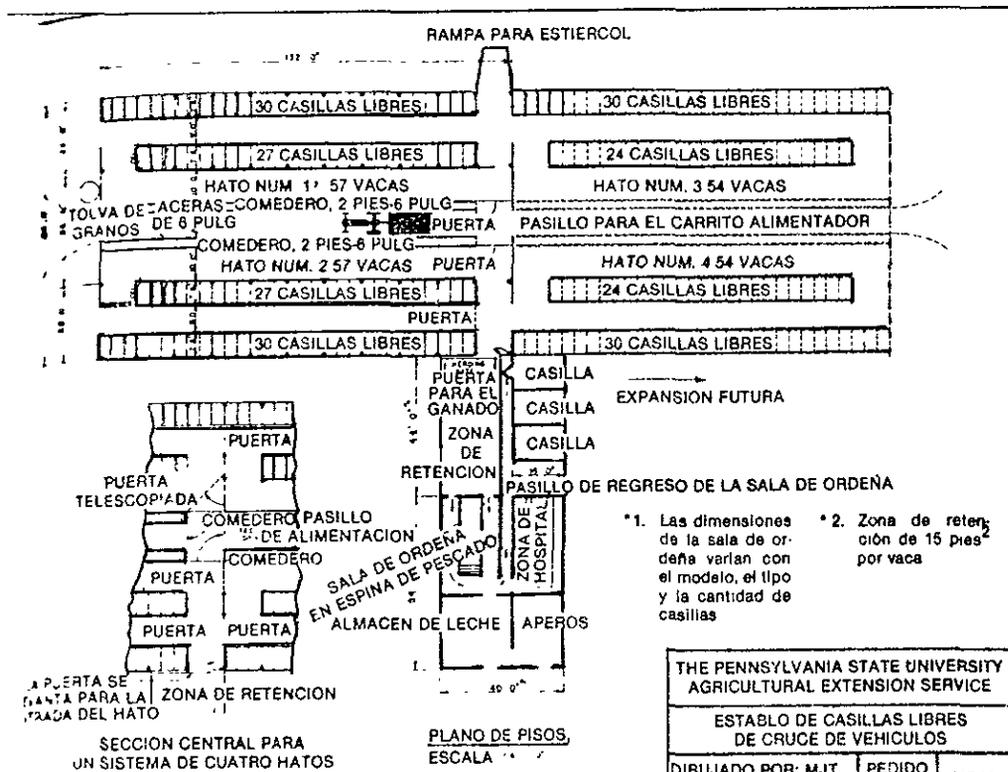
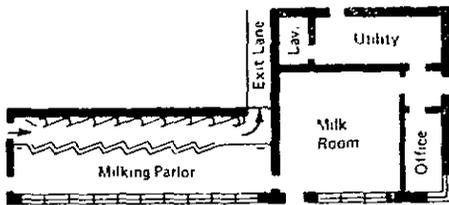
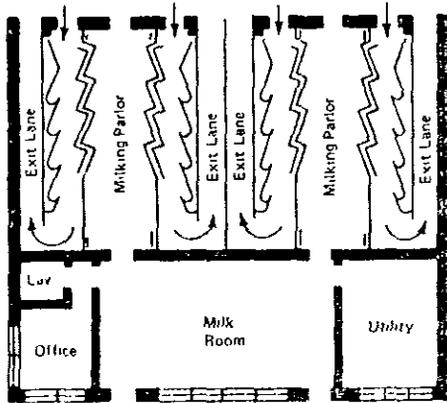


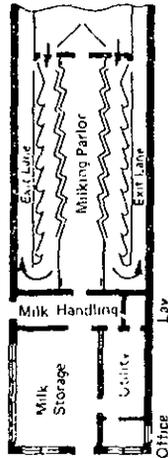
Fig.2.24 DIVERSOS LAYOUT DE SALAS DE ORDEÑA.



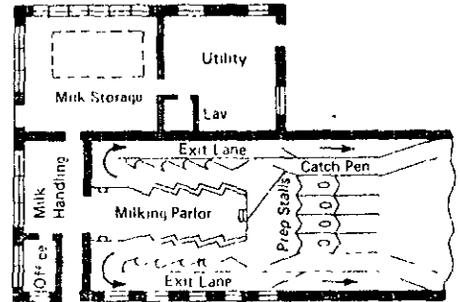
(A) SINGLE-ROW HERRINGBONE PARLOR WITH SIDE EXITS



(C) TWIN EIGHT-STALL HERRINGBONE PARLOR WITH END MILK ROOM. EACH PARLOR IS DESIGNED FOR ONE OPERATOR.



(B) AUTOMATED SIXTEEN-STALL HERRINGBONE PARLOR DESIGNED FOR TWO OR MORE OPERATORS



(D) DOUBLE-FOUR HERRINGBONE PARLOR WITH CATCH PENS, HOLDING AREA, AND PREPARATION STALLS.

CAPITULO 3

LEGISLACIÓN Y QUIEN LA EMITE

3.1 INTRODUCCIÓN

Los animales juegan un papel importante para el hombre, ya que son fuente de alimento, vestido, fuerza motriz, transporte, sirven para realizar en ellos experimentos, etc. Como fuente de alimento tienen gran importancia en la dieta humana ya que en los países desarrollados del total de calorías ingeridas diariamente un 30% son de origen animal y en los países en desarrollo es de un 8%. En cuanto al vestido los animales proporcionan al hombre fibras naturales no vegetales como es el caso de la lana, y los no tejidos como la piel usada en la industria del calzado.

Actualmente el hombre requiere de mayor cantidad y calidad alimenticia la cual se obtiene de los reinos vegetal, mineral y animal. En el caso particular, la discusión se enfoca al confort que deben tener los animales en la explotación intensiva, concretamente en el proceso de ordeña y para esto se requiere de un equipo en el cual se reúnan las especificaciones legales, etológicas, fisiológicas, higiénicas, etc. aplicables al diseño del equipo.

3.2 LEGISLACIÓN

Partiendo de la importancia que para el ser humano tienen los animales domésticos y de granja, el estado no ha pasado por alto esta situación y ha creado secretarías para la legislación y normatividad que debe cumplirse en beneficio directo o indirecto del ser humano. El objeto de mostrar la legislación es constatar la gran cantidad de organismos estatales e incluso del sector privado que colaboran en la emisión y desarrollo de reglamentos y normas relacionadas con la ordeña.

En México esta legislación es realizada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (S.A.G.A.R.). Para el caso del ganado lechero y su explotación, estos temas son regulados por la secretaría antes citada en conjunción con la Secretaría de Salud (S.S.A.), la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), la Asociación de Ganaderos de la República Mexicana, productores estatales y privados entre otros, apoyándose en la ley de sanidad animal, en el código sanitario vigente y en la ley federal sobre metrología y normalización. La regulación para la ordeña se encuentra en el "reglamento de la ley general de salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos, productos y servicios", en el título cuarto y consta de seis capítulos. Debido a lo extenso del título se abordará únicamente los artículos que se relacionan estrechamente con la ordeña:

Capítulo I

Art.240: Se define a la leche para consumo humano como la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas y bien alimentadas, y se excluye el producto obtenido quince días antes del parto y cinco días posteriores al mismo o cuando tenga calostro.

Art.249: La leche para consumo humano debe cumplir con los siguientes requisitos:

- I.- Provenir de animales sanos y limpios.
- II.- Ser pura, limpia, estar exenta de materias antisépticas, conservadores y neutralizantes;
- III.-No coagular por ebullición;
- IV.- Ser de color ,olor y sabor característicos;
- V.-No contener sangre, ni pus;
- VI.-Densidad, no menor de 1.029 g/cm³, a 15°C;
- VII.-Contener únicamente grasa propia de la leche;
- VIII.-Tener grado de refracción a 20°C, no menor de 37 ni mayor de 39.
- IX.-Tener acidez (expresada en ácido láctico), no menor de 1.4 ni mayor de 1.7 g/l;
- X.- Contener no menos de 85 ni más de 89 g por litro de sólidos de leche no grasos.
- XI.-Contener no menos de 0.85 ni más de 1.2 g/l de cloruros;
- XV.- Contener lactosa de 43 a 50 g/l;
- XVI.-Contener un mínimo de 30 g/l de proteínas exclusivamente de la leche

Capítulo II

Art.276: Los establos productores de leche destinada a las categorías de pasteurizada preferente, preferente especial, y de alta calidad, deberán de contar como mínimo sin perjuicio de las atribuciones que corresponden a la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, con los siguientes requisitos y áreas destinadas a:

- I.-Área de estabulación de animales adultos;
- II.-Área de ordeña;
- III.-Área para separar animales con enfermedades infectocontagiosas;
- IV.-Área para la estabulación de crías separadas de los adultos;
- V.- Área de partos;
- VI.- Servicios;
- VII.-Fuente de abastecimiento de agua potable y tanque de almacenamiento;
- VIII.-Área de ejercicio del ganado, cuando proceda;
- IX - Vaciado de leche;
- X.- Enfriamiento y almacenamiento de la leche;
- XI.- Lavado del equipo;
- XII.- Maquinaria de refrigeración, y
- XIII.-Servicios sanitarios para el personal.

Capítulo III

Este capítulo trata todo lo relacionado al estado de salud del ganado, para usarse como productor de leche y de los exámenes y pruebas sanitarias a los que deben someterse. (art 289-297).

Capítulo IV

Art.300: En la ordeña se observarán las siguientes condiciones:

- I.-El ganado deberá estar limpio durante la ordeña;
- II.-La ubre, cuartos posteriores y cola deberán estar esquilados;
- III.-Inmediatamente antes de la ordeña, las ubres se desinfectaran con una solución germicida y al terminar se sellarán las tetas (desinfectarlas);
- IV.-Antes de la ordeña se extraerán las tres primeras porciones de leche de cada uno de los pezones y la leche se eliminará.
- VII.-El lugar de ordeña deberá estar limpio.

Art.302: La ordeña mecánica se sujetará a lo siguiente:

- I - Las ordeñadoras estarán limpias y desinfectadas antes de la ordeña ;
- II.-Las máquinas ordeñadoras deberán funcionar correctamente,.
- III.- Las pezoneras estarán lavadas y desinfectadas antes de la ordeña de cada animal.
- IV.- Las pezoneras no estarán en contacto con el piso;
- V.-La tubería y conexiones se lavarán después de cada ordeña.

Art.303: Sólo se permitirá en los establos, el almacenamiento del producto de la ordeña de 24 horas, cuando se destine a plantas pasteurizadoras, debiéndose enfriar inmediatamente después de su obtención hasta llegar a 4°C, en un tiempo máximo de 30 minutos después de terminada la ordeña, conservándose a esta temperatura hasta su proceso.

Art.304: La leche cruda o bronca que se destine para su venta o suministro directo al público deberá de cumplir con los siguientes requisitos:

- I.-Que el tiempo empleado desde el final de la ordeña hasta la entrega del producto no exceda de 3 horas, y
- II.-Que entre cada ordeña exista un lapso de 12 horas, salvo en el caso de las que tengan 3 ordeñas, en las cuales el período será de 8 horas entre cada ordeña.

Existe, conexo a este reglamento, una serie de normas oficiales y voluntarias en torno a la leche y sus derivados, como por ejemplo la norma NOM-091-SSA1-1994 emitida por la Secretaría de Salud acerca de la leche pasteurizada de vaca, en está se determina los métodos de pasteurización (sometiéndola a 63°C durante 30 min. o a 72°C durante 15 min.) y el enfriamiento brusco a 4°C para su conservación.

Posteriormente señala las especificaciones sanitarias (físicas, físico-químicas, microbiológicas, metaloides, aflatoxinas y aditivos, para el caso de leche de vaca pasteurizada con sabor). Por ejemplo en el caso de metaloides el límite máximo para el Arsénico es de 0.2 mg/kg, para especificaciones microbiológicas los organismos coliformes totales en la planta es de 10 UFC/ml. También trata, acerca de los saborizantes, estabilizantes, colorantes y conservadores, del envasado, etiquetado y embalaje. (UFC = unidades formadoras de colonias).

En Estados Unidos de América (EE.UU.) tiene en el título 7 capítulo 54 del código del departamento de agricultura las leyes y regulaciones sobre la transportación, venta y manejo de los animales y más específico en el artículo 2143:

- El proceso para la estandarización y certificación del manejo, cuidado, tratamientos y transportación de animales.
- Determinación del manejo, alimentación, ventilación, cobertizos para climas extremos y cuidados adecuados por parte del médico veterinario.
- Especificaciones para bebederos, comederos y contenedores.
- Medios de transportación: Terrestre, aérea y marítima.
- Regulación de transacciones comerciales.
- Cuidado y manejo en animales de experimentación.
- Incluye también que el personal debe recibir entrenamiento para el manejo, cuidado y transportación de animales y para animales de experimentación

Todas estas regulaciones incluyen al ganado bovino productor de leche.

Actualmente E.E.U.U. está estudiando y legislando sobre las nuevas tecnologías que han aparecido para ordeñar vacas como por ejemplo el uso de sistemas automatizados de ordeña, retiradores automáticos, uso de la somatropina en el ganado (droga producida por medio de la ingeniería genética que aumenta la producción de leche en las vacas), uso de sistemas de inseminación regulada electrónicamente, entre otros temas de estudio. La legislación regula sus aplicaciones y consecuencias en el animal (a nivel fisiológico y etológico), la leche y sus efectos en el hombre. Estos estudios se encuentran en el capítulo 76 del código de la USDA (U.S. Department of Agriculture) y en el Bureau of Dairy Industry (Buró de la industria lechera). Estas regulaciones de los EE.UU. se elaboran por parte de la Secretaría de Agricultura (U.S. Secretary of Agriculture), el comité institucional para los animales y la consulta a institutos de educación superior especializados en derechos de los animales (aspecto legal) y en las de medicina veterinaria. Esta información se encuentra disponible en la biblioteca nacional de agricultura y en la biblioteca de medicina y veterinaria de los EE.UU.

La información antes citada, para el caso de México se encuentra disponible en el Diario Oficial de la Federación y en la biblioteca y hemeroteca nacional de México. Las normas las legisla el congreso en conjunción de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y recursos (S.A.G.A.R.) así como con organizaciones educativas superiores de medicina veterinaria y zootecnia y organizaciones privadas en el país.

3.3 METODOLOGÍA PARA DENOMINAR LA DISCIPLINA.

En esta parte se denominará al conjunto de conocimientos aportados sobre animales en condiciones de trabajo.

Para esta actividad se siguió una metodología:

- Conocimiento sobre la ergonomía.
- Definiciones de trabajo y tipos de trabajos.
- Discusión de los elementos anteriores.
- Denominación de la disciplina.

3.3.1 REFLEXIONES SOBRE LA ERGONOMÍA.

La comodidad de los animales repercute de forma importante en la productividad, es por ello que se tomó como base a la ergonomía para realizar una analogía en el caso de los animales destinados a la explotación industrial.

Para conocer las premisas y la metodología de la ergonomía se plantearon las siguientes preguntas:

- ¿Es integradora de ramas de la ciencia?
- ¿Es usuaria de la ciencia?
- ¿La ergonomía genera ciencia?
- ¿Porqué se dice que la ergonomía es una disciplina?

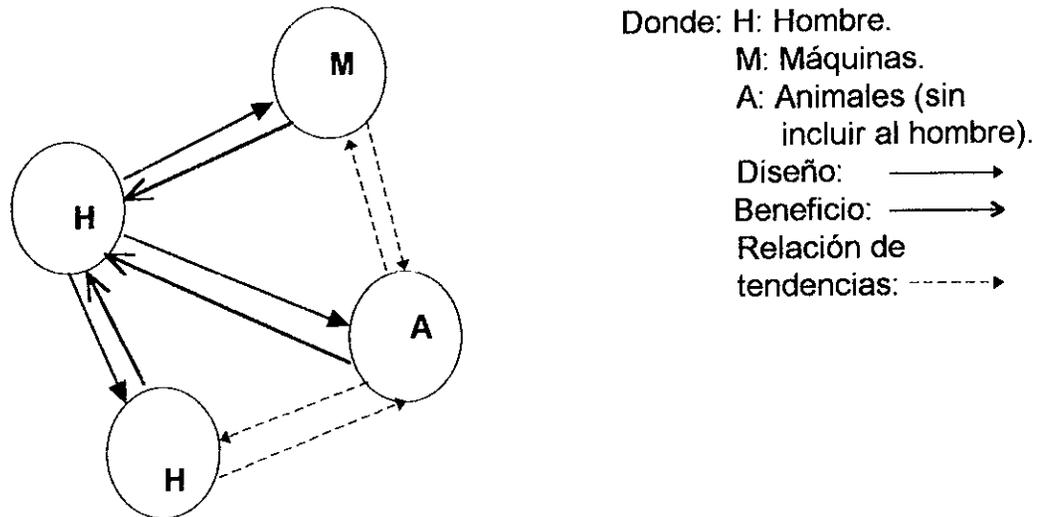
Para las dos primeras preguntas se concluyó que la ergonomía si es integradora y usuaria de ciencias (recuerdese que esta disciplina se basa en métodos físico-matemáticos al igual que en fundamentos de la psicología, fisiología e higiene entre otras). Para la tercera pregunta se encontró que la ergonomía no genera conocimiento científico puro, sino que integra varias ramas del conocimiento científico, además del conocimiento empírico, por ello la ergonomía es generadora de tecnología*. Para la última pregunta se tiene que el campo de la ergonomía no está siempre perfectamente delimitado, y son imprecisas las relaciones entre aquella y la fisiología del trabajo, el departamento de métodos y diversos aspectos de la psicología, es por esto que es una disciplina

El hombre bajo los preceptos ergonómicos diseñó para su propia comodidad, rendimiento y eficiencia pero cuando diseña para los animales no toma en cuenta sus parámetros zoométricos, etológicos y fisiológicos entre otros.

(*) Tecnología: Conjunto de conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial. Medios y procedimientos para la fabricación de productos industriales. Fuente: Ver bibliografía cap.3, ref. 5.

En la fig.3.1 se discute la relación entre el hombre y los medios de producción (los animales, el hombre y las máquinas) con el objeto de mostrar las consideraciones de diseño en transición, y definir la tendencia que debería tomarse, para poder cumplir con los mismos preceptos que se cumplen en la ergonomía pero aplicados a los animales.

Fig.3.1. Consideraciones de diseño actual y sus tendencias.



Después de ver el diagrama de interrelaciones, se puede ver que para la ciencia que diseña o estudia las máquinas existe en diversas materias, tales como la mecánica de sólidos, el análisis dinámico de maquinaria, el diseño de elementos de máquinas, por citar algunas las cuales se fundamentan en las matemáticas y la física principalmente, pero también en la experiencia adquirida por el hombre a través del tiempo.

De estas interrelaciones se concluyó: Se requiere tener una sola disciplina para los animales en condiciones de explotación para facilitar el trabajo de consulta de información y su análisis posterior (ya que actualmente a esto, en muchas universidades del país, se le denomina como ergonomía*).

También se recurrieron a una serie de silogismos** para inferir que no existe ninguna disciplina que se ocupe de los animales en condiciones de trabajo.

(*) Fuente: "Ergonomía en el uso de bebederos y su aplicación en problemas clínicos en cerdos". Alonso, M., Ramírez, R. (U.A.M.). Primer Congreso Nacional de Etología Veterinaria. SOMEV. (Ver apéndice # 1).

(**) Silogismo: Es el argumento que consta de 3 proposiciones la última de las cuales se deduce necesariamente de las otras dos

Además se encontró como respaldo a los silogismos, las aportaciones de Aristóteles (filósofo griego, 384-322 a.C.), que pensaba que la diferencia que existe entre los cuerpos organizados, animados, y los que no lo están estriba en que los primeros reciben sus impulsos de un principio interior (Psyjé) que los sostiene y orienta, mientras los segundos están desprovistos de tal impulso. Distingue entonces Aristóteles 3 géneros diferentes según el grado de perfección que hayan alcanzado y los elementos que lo forman:

- Vegetales, que sólo tienen las funciones de nutrición y reproducción.
- Animales que suman a éstas las de sensación y, en algunos, el recuerdo .
- El hombre, que corona la obra de la naturaleza al albergar dentro de sí la razón, la facultad de conocer y distinguir.

Por lo tanto se debe asignar cada disciplina a cada género: La ergonomía para el hombre pero no existe disciplina que estudie la comodidad para los vegetales y para los animales en condiciones de trabajo. La ergonomía es una disciplina derivada que se caracterizan por estudiar un aspecto en particular del entorno laboral del hombre al contrario de las ciencias como la zoología que es de carácter general, de esto se dedujo que la disciplina buscada es también derivada del conocimiento científico puro más no lo genera.

Otros hechos que respaldan la NO existencia de esta disciplina fue la revisión minuciosa de una serie de información relacionada al respecto, y a la consulta a expertos en la materia de escuelas e instituciones de educación superior de México y EE UU. (ver bibliografía e institutos consultados al final del trabajo).

3.3.2. DEFINICIONES DE TRABAJO Y SUS TIPOS.

Esta parte tiene como objeto deducir que tipo de trabajo realizan los animales en general y reafirmar la diferencia entre éstos y el hombre.

Las definiciones más encontradas fueron:

Trabajo: Esfuerzo humano y animal aplicado a la producción de riqueza (esto es en un sentido coloquial).

Trabajo: Desde el punto de vista de la mecánica, es el producto del valor de una fuerza por una distancia que recorre su punto de aplicación y por el coseno del ángulo que forma la una con el otro.

Se encontró que estas definiciones no son contradictorias, ya que la primera involucra la palabra esfuerzo la cual se entiende como: empleo enérgico de la fuerza corporal o espiritual. Notesé que en ambas se involucra la fuerza como concepto.

Posteriormente se analizaron las clases de trabajos que existen en el entorno humano, las cuales son:

- Trabajo sedentario: Es el que consiste en resolver problemas (calcular, planear), un ajuste sensorio continuo (inspeccionar), habilidad motriz (escribir a máquina), o actividad muscular ligera (alimentar una máquina, empaquetar). En el trabajo sedentario las actividades importantes son el dominio, la distribución y la dirección de la actividad.
- Trabajo muscular: Las actividades predominantes son el esfuerzo físico del hombre como es palear, cargar o levantar un objeto.

En ambos trabajos la persona se entrega a actividades musculares o motrices, y al mismo tiempo planea, resuelve problemas y emite juicios.

Se llegó a la conclusión de que el único animal que realiza ambos tipos de trabajo antes descrito es el hombre, los animales en su gran mayoría realizan trabajo muscular y en algunas especies más desarrolladas realizan cierto aprendizaje como respuesta a un estímulo negativo o motivacional.

Nota: No se clasificó a los tipos de trabajo humano como trabajo mental y corporal, ya que estos términos causan controversias, por que no todo trabajo corporal es totalmente corporal (lo mismo sucede con el trabajo mental), y como ejemplo se tiene el trabajo que realiza un maquinista que incluye movimientos de las manos y brazos pero además exige ejercitar el criterio y la memoria.

3.3.3. DISCUSIÓN

Al tener los elementos necesarios ya se puede discutir el por que los animales no son campo de estudio de la ergonomía y la necesidad de tener una disciplina que los estudie de forma análoga.

Las interrelaciones nos muestran claramente de donde surge la necesidad y donde se encuentra el medio en que la ingeniería y la zoología se desarrollan. Para esta necesidad no existe disciplina sirviendo los silogismos como elementos apoyo. Recapitulando y relacionando todos los elementos se tiene que:

Para relacionar la definición de trabajo y los tipos de trabajo que existen se puede concluir que el ser humano realiza trabajo "muscular" y "sedentario" esto derivado de lo que se ha venido discutiendo (el hombre es el único animal que razona, conoce y distingue) con lo cual relacionamos los silogismos al por que de dar una clasificación de los trabajos. Los animales por tanto realizan trabajo "muscular" y en algunos casos (en especies superiores llámese, perro, antropoides, delfines) un cierto aprendizaje fomentado por una motivación, esto ha sido estudiado a lo largo de este siglo con mayor intensidad (Aristóteles lo dedujo hace siglos y marco esta gran diferencia en los 3 géneros), con lo cual existe una intersección entre el trabajo humano y animal.

También se tiene una gran diferencia: que el hombre crea ciencia y tecnología para el hombre y su medio, y que los animales viven y trabajan en su entorno, no razonan y no emiten juicios. Para la ergonomía la razón de su existir es el estudio de la relación entre hombre y máquina como un sistema, ni el hombre aislado ni a la máquina aislada. Esto se deriva de que el hombre creó las máquinas y que vio la necesidad de seguridad y confort en el uso de éstas por parte de los operarios, además el hombre es quién diseña y construye equipos y máquinas para los animales, los animales no las crean. Con esto se puede concluir que:

- 1.-La ergonomía no estudia a los animales.
- 2.-No existe ninguna disciplina que estudie a los animales en condiciones de trabajo.

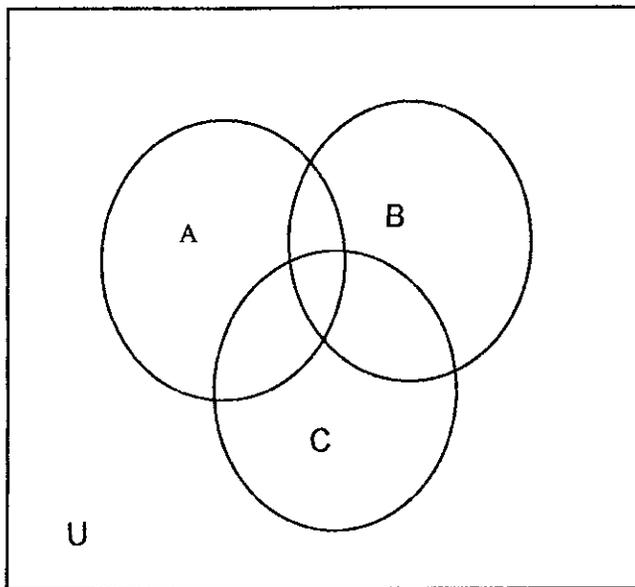
Pero basandose en estas aseveraciones podemos, tomando la segunda aseveración y teniendo conocimiento de que es y que hace la ergonomía elaborar una especie de analogía con la disciplina que aún no existe.

Recordando a la ergonomía y a sus premisas: seguridad, comodidad y eficiencia, aquí encontramos una intersección entre el trabajo humano y el animal, en los cuales se pueden apreciar la similitud de las premisas a encontrar.

El hombre y los animales de producción desarrollan el trabajo en un entorno semejante con los medios técnicos (máquinas y equipos). Como observa el lector, del estudio para incrementar la eficiencia de las máquinas basándose en el confort de los animales es de donde se deriva la necesidad de una disciplina para éstos.

De esto se puede deducir varias interrelaciones que se pueden ver gráficamente por medio de diagramas de Venn (fig.3.2) de manera más fácil y resaltar lo antes mencionado.

Fig.3.2. Diagrama de Venn.



Sean entonces:

- El universo "U" el trabajo general.
- El conjunto "A" el trabajo humano.
- El conjunto "B" el trabajo animal.
- El conjunto "C" el trabajo de las máquinas.

Entonces se tienen las siguientes interrelaciones

- En la intersección de "A" con "C" es el campo de donde surge la ergonomía.
- En la intersección del conjunto "B" con "C" no existe ninguna disciplina que regule o que este conjuntando las disciplinas que estudien el trabajo animal en donde su papel sea estrictamente indispensable, y su relación con el trabajo que deben efectuar las máquinas.

-En la intersección de "A" con "B", encontramos que las premisas de la ergonomía son aplicables a los animales más no así el concepto y disciplina en sí.

-La intersección de A, B, y C representan el entorno hombre-máquina-animal, donde se observa que la relación hombre-máquina es estudiada por la ergonomía pero la relación entre el animal y la máquina es definida por parámetros cualitativos.

Esta es otra forma de ilustrar la necesidad y de tener dicha disciplina en beneficio del hombre y de los animales. Se observa como se han relacionado todos los conceptos para tener bien delimitado el campo de estudio de la disciplina inexistente.

3.3.4 DENOMINACIÓN DE LA DISCIPLINA.

Para asignar el nombre adecuado a esta disciplina fue necesario usar etimologías grecolatinas y a partir de la asignación del nombre describir el perfil del especialista en la materia.

Se empezó con la palabra trabajo, que se deriva del latín *tripalium*, aparato para sujetar las caballerías, de *tripalis*. Por otra parte otras raíces son de origen griego como es el caso de *εργου*= que significa trabajo, obra; *πονοζ*= trabajo, fatiga. Para el caso de la palabra animal se tiene: del latín *Animal,-alis* de *anima, animae*= alma: aliento vital. Otras raíces son de origen griego:

ζωον.ον : animal, ser viviente.

ζωον : animal.

Otras palabras de ayuda importante son:

λογοζ : tratado, ciencia, colección (logía).

τεχνη: arte, ciencia, conocimiento (tecnia).

Podría, ahora, denominarse a la disciplina en el estudio como:

-Ergozootecnia: de *εργον* (trabajo), *ζωον* (animal), *τεχνη* (ciencia). Que podría definirse como la disciplina que se refiere al trabajo animal.

O bien otra opción podría ser:

-Ergozoología: de *εργον* (trabajo), *ζωον* (animal), *λογοζ* (tratado, ciencia). Que se definiría como tratado acerca del trabajo animal, o estudio del trabajo animal.

De esta manera se ha cubierto uno de los objetivos planteados en este capítulo. Aunque estas no son todas las posibilidades, pueden ser las anteriores las más fáciles de comprender por el lector y por los especialistas en las disciplinas ingenieriles y veterinarias.

Los nombres de los especialistas de esta disciplina podrían ser:

-Ergozootecnista: ergo= analizar el trabajo; zoo= de los animales; tecnia= por medio del conocimiento científico o también, ergozoólogo, con el mismo perfil que el anterior

Es decir que se puede mencionar que el ergozootecnista es un especialista en el estudio del trabajo de los animales en su ambiente de desarrollo productivo.

Aunque estas definiciones son nuevas se trata de ser lo más claro y comprensible posible. Estas pueden quedar sujetas a revisión por parte de los especialistas en lenguas grecolatinas y estudiosos del idioma español, así como de los médicos veterinarios (recuerdesé que la ciencia es perfectible). A partir de todo lo expuesto en este capítulo se llegó a las siguientes conclusiones sobre la ergozootecnia:

1. La ergozootecnia es un medio para regular las condiciones de confort en los animales sometidos a explotación industrial.
2. La ergozootecnia se basa tanto en mediciones cuantitativas como cualitativas, lo que significa que a partir de supuestos podemos inducir y medir por medios matemáticos las implicaciones desarrolladas.
3. La analogía que tiene la ergozootecnia con la ergonomía es la siguiente:
 - No es ciencia. Es usuaria e integradora de ciencias, más no es generadora de ciencia pero sí de tecnología.
 - Toma en cuenta aspectos conductuales y fisiológicos del animal para el diseño y manufactura de equipos.
 - Estudia el conjunto de hombre-animal- máquina-hombre como un sistema, ningún elemento por separado.

Finalmente, la metodología de la ergozootecnia tiene un problema, en comparación con la ergonomía, el cual consiste en que los animales no pueden expresar verbalmente la incomodidad que tienen al estar en contacto con un equipo o máquina de explotación pero la denotan por medio de cambios conductuales a veces imperceptibles en un primer momento, pero que a la larga se agravan y traen severas consecuencias en el animal y en la producción.

PROBLEMAS Y PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROBLEMAS

En este capítulo se explican los problemas que se presentan frecuentemente en los sistemas de ordeña mecánica, contemplados desde varios aspectos que se ven involucrados en esta clase de procesos.

4.1.1 ASPECTOS CONDUCTUALES EN EL PROCESO DE ORDEÑA.

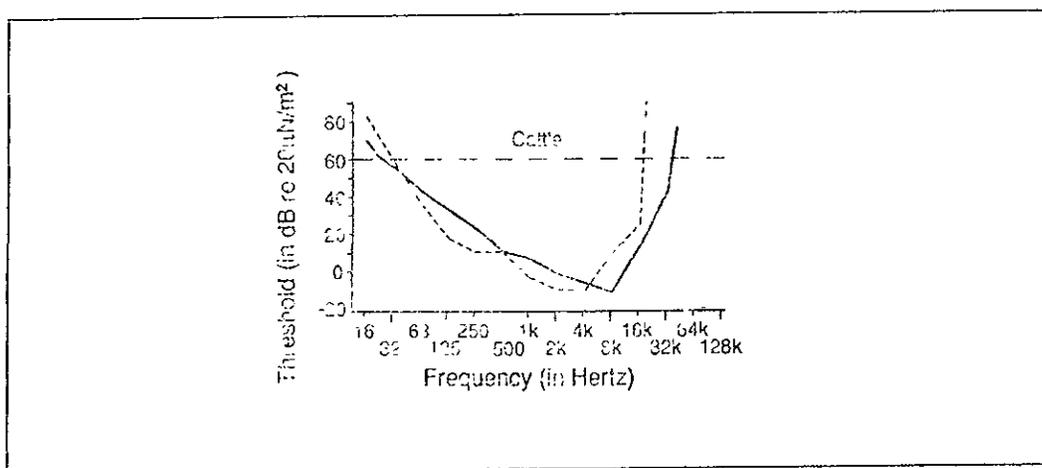
Para evitar o corregir los problemas conductuales debidos a descuidos por parte de los operarios o a fallas en el diseño de equipo e instalaciones, se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Conocer los requerimientos básicos de los animales:
 - Espacio de los animales
 - Ventilación
 - Condiciones térmicas
 - Protección
 - Nutrición
 - Producción

2. Conocer patrones definidos de las vacas referente a su:
 - Habilidad para detectar eventos a su alrededor, memorizar un aspecto significativo y en consecuencia llevar a cabo un acto.
 - Condición de aprendizaje para identificar áreas nuevas del establo (se requiere que el aprendizaje sea voluntario y se considere un tiempo necesario para ello).
 - Factores motivacionales como es el agua, la temperatura y el alimento entre otros.
 - Comportamiento grupal de las vacas significa que éstas no actúan independientemente una de otra, sino que prefieren actuar como una unidad social coordinada (usualmente las vacas comen y descansan juntas).
 - Interacciones con el medio: La interacción entre el ordeñador y la vaca es un factor crucial en la administración eficiente del rebaño, es importante que los animales perciban una interacción positiva y segura con el granjero. En efecto, cuando las vacas son manejadas de una forma agresiva, las vacas se vuelven más temerosas hacia los humanos y el miedo es frecuente creado por la incertidumbre. Hablar "con" los animales en vez "a" los animales esta asociado con una alta productividad de las vacas.

- Problemas por inactividad. Las vacas deben tener cierto tipo de actividad (buscar su propio alimento "pastar"), para evitar conductas anormales como enrollar la lengua o morder las barras de metal del establo.
3. Los aspectos fisiológicos-conductuales básicos del animal son:
- La secreción de leche depende de un estímulo táctil. La "baja" de leche (cuando la leche empieza a bajar a la ubre) es iniciada por la oxitocina (hormona que estimula la secreción de leche) relacionada con la estimulación de las tetas por el ternero intentando succionar la leche. Cuando la vaca esta en período de lactación relaciona rápidamente otros estímulos tales como el estímulo táctil del operario en la ubre, sonidos mecanizados de la sala de ordeña, y alimento entre otros, entonces la segregación de oxitocina se lleva a cabo y la leche es secretada. Usando estos términos la "baja" de leche empieza a ser una respuesta condicionada a un estímulo ocasionado por los sonidos mecanizados de la sala de ordeña.
 - Evitar disturbios en la sala de ordeña, ya que un animal joven no aprenderá las actividades del proceso, y un animal adulto, el cual este condicionado puede inhibirse para mostrar su respuesta ante el estímulo, por ejemplo un ruido estrepitoso.
 - Se sabe* que las vacas tienen una auditividad relativamente buena para bajas frecuencias de aproximadamente 23 Hz; el umbral auditivo comienza a los 11 db. No perciben sonidos a partir de los 4 KHz. A pesar de que las vacas tienen grandes orejas no localizan con facilidad el origen de los ruidos. Las vacas localizan (agudeza auditiva ver fig.4.1) los ruidos con respecto al plano horizontal a 30°. En cuanto a su campo visual este se encuentra aproximadamente en 128° y es donde mejor localizan el origen del ruido

Fig.4.1. Audiograma de la vaca (frecuencia vs. umbral).



(*) Ver bibliografía del capítulo 4, fuente 2

Estos son algunos aspectos conductuales de las vacas en salas de ordeña mecánica, pero para el caso del sistema de ordeña automatizada AMS (por sus siglas en inglés, automatic milking system) se presentan otras conductas. A continuación se muestran los resultados de un estudio realizado* en 1997 (el estudio puede ser de útil para los etólogos por razones obvias y para el ingeniero puede servirle como referencia para planear desarrollos de este tipo).

Los patrones conductuales se observaron a través de cuarenta y ocho vacas lecheras (Holstein), separadas en dos grupos de veinticuatro animales alojados en establos adyacentes. Antes de iniciar el experimento hubo un período de adaptación que consistió en ordeñar cada grupo por separado dos veces al día (05:00 h y 15:00 h), uno en una sala de ordeña tipo espina de pescado y el otro en dos cubículos AMS.

La planeación de actividades en el estudio fue la siguiente: El alimento balanceado se proporcionó por medio de distribuidores automáticos, ubicados en el establo, una vez al día (entre las 05:00 y 06:00 h), posteriormente las vacas eran sacadas a pastar de las 10:30 a las 12:30 h y luego se les ordeñaba en el mismo horario usado en el período de adaptación; todas estas actividades se observaron de las 04:00 a 09:00 h y de las 12:50 a las 19:00 h durante 30 días. A las observaciones registradas se les aplicó análisis de variancia con el fin de comparar los cambios conductuales en ambos grupos.

Los resultados de estos análisis mostraron que las vacas ordeñadas en AMS consumieron menor cantidad de alimento balanceado para adaptarse al tiempo ciclo**, todo esto como consecuencia de que la selección de vacas aptas para la ordeña (ver cap.2, 2.6.1) se llevó acabo en el AMS, con lo cual se concluyó que era necesario colocar unidades de selección previas a los cubículos de ordeña automatizada.

(*) Ver bibliografía del capítulo 4, fuente 3

(**) Se entiende por tiempo ciclo(para el caso de este trabajo) como el tiempo estrictamente necesario para ordeñar una vaca.

4.1.2 PROBLEMAS QUE AFECTAN AL EQUIPO DE ORDEÑA MECÁNICA

Los problemas más comunes en los sistemas de ordeña de México varían mucho dependiendo del tamaño y localización del rancho y la concentración de vacas lecheras en el área.

1. Tuberías con diámetro pequeño, colectores de poca capacidad y tubería de hule usada. Muchos ranchos pequeños que cambian de ordeña manual por ordeña mecánica, compran ordeñadoras viejas de cubeta, o usan sistemas de ordeña de línea alta con diámetros pequeños. Por ejemplo, la tubería para el transporte de leche es de 1½ pulgadas y la conexión con el jarro de recibo es de ½ a 9/16 de pulgada.
2. Vacas condenadas a tener mastitis y una alta tasa de eliminación de éstas debido a que las bombas de vacío no proporcionan el suficiente flujo de aire para ordeñar adecuadamente a las vacas, con un vacío estable.
3. Reguladores de vacío obsoletos. La obsolescencia se debe a que el porcentaje de cerrado del regulador (RPC) es menor al 30% (El Comité de Equipos de Ordeño del National Mastitis Council (NMC) recomienda que el RPC sea cuando menos del 90%).
4. Uso inadecuado de los reguladores de vacío. Usar dispositivos de este tipo con capacidad máxima de 100 PCM instalados a un sistema que posee una bomba de vacío de 10 caballos de fuerza (la mayoría de las bombas producen 10 pies cúbicos por minuto (PCM) a 15" Hg de flujo de aire por cada caballo de potencia, es decir no existe reserva, ver capítulo 2, 2.5). En algunos ranchos hay más de uno de estos componentes en el sistema de ordeño, ocasionando variaciones de vacío significativas.
5. Los pulsadores neumáticos que frecuentemente se encuentran en ranchos medianos son viejos, obsoletos y no tienen un adecuado mantenimiento. Se han encontrado relaciones de pulsación que varían de 45:55 a 85:15 y pulsaciones por minuto de 40 a 85 en el mismo rancho.
6. En muchos casos los pulsadores y sus cajas de control no son compatibles entre sí. Se colocan 2 o 4 máquinas más sin cambiar la caja de control adecuado a la adición de las nuevas máquinas.
7. En ranchos grandes se tiene un vacío excesivo, es frecuente encontrar en una sala de ordeña con 40 máquinas ordeñadoras, dos bombas de vacío de 20 caballos de potencia (para una sala de 40 máquinas se requeriría una bomba de 15 HP). El exceso incrementa la turbulencia del sistema, las pérdidas por fricción, mal desempeño del regulador y disminuye la estabilidad del vacío. El vacío excesivo eleva el consumo de electricidad y pueden llegar a varios miles de dólares por año.

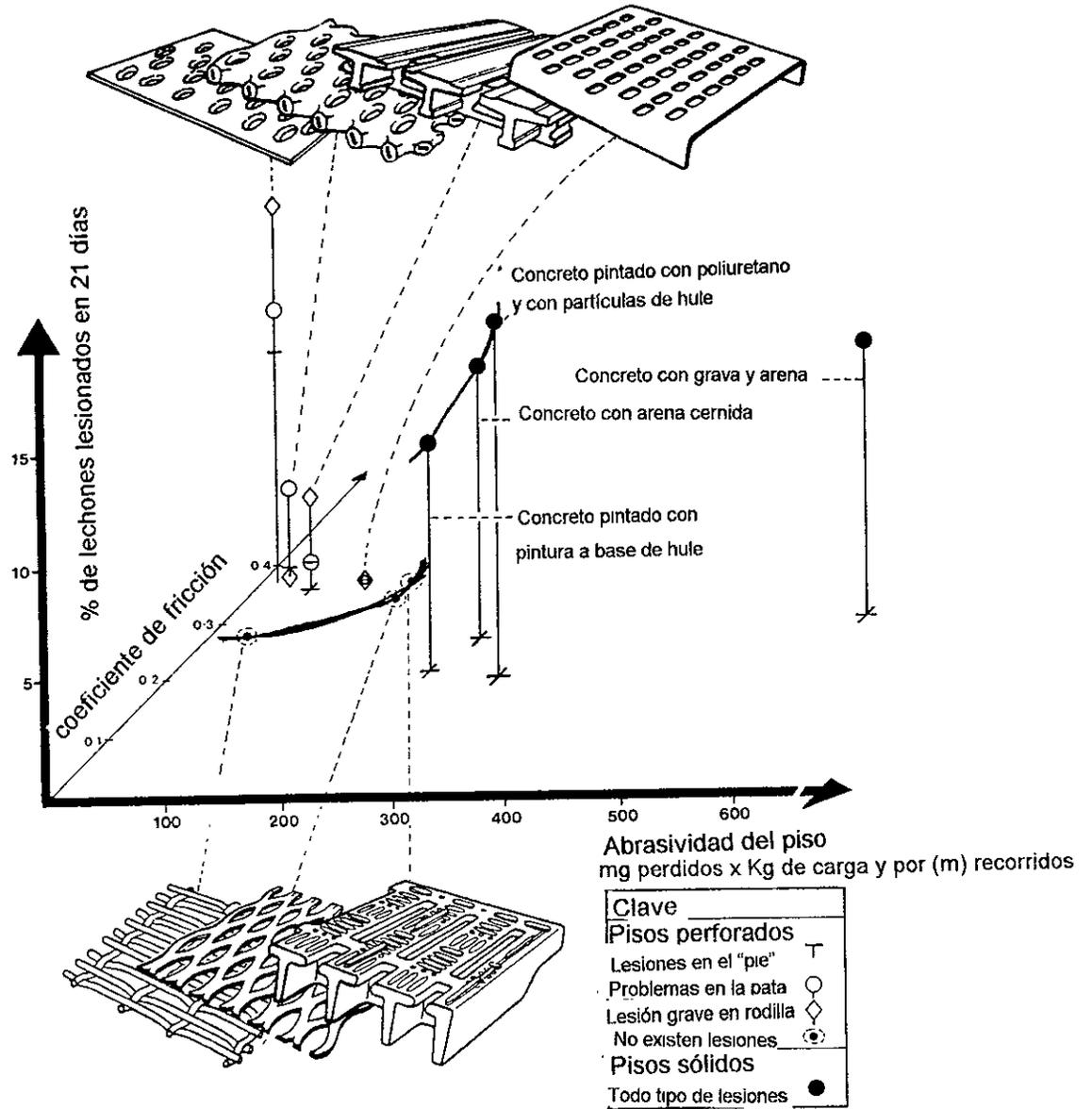
8. Deficiencia en el proceso de limpieza del sistema. Las deficiencias en el lavado del sistema son ocasionadas por que los inyectores de aire están mal colocados, o desconectados, o no hay, además del uso de placas enfriadoras, y la colocación de una válvula en la jarra de recibo y la bomba de leche con el objeto de disminuir la presión y permitir el drenaje del lavado (esto requiere que se adicione mayor cantidad de agua al sistema para mantener el nivel de la misma en la tina de lavado). Otros factores que agravan las deficiencias son los diseños inapropiados del sistema que provocan inundaciones en la jarra de recibo y en la trampa sanitaria hasta propiciar que el sistema se bloquee.
9. Detergentes inadecuados para el lavado del equipo:
 - Ausencia de cloro en el detergente alcalino.
 - No agentes quelantes en los detergentes para mantener los minerales en suspensión.
 - Detergentes alcalinos con un pH abajo de 10.
 - Ácidos con pH arriba de 3.
10. Escasez de servicio. La compañía que vendió el equipo pudo haber desaparecido y por lo tanto ni refacciones, ni servicio están disponibles. Las distribuciones de equipos frecuentemente cambian de manos y por lo tanto los contratos de servicio son ignorados.

4.1.3 PROBLEMAS DEL EQUIPO DE ORDEÑA QUE AFECTAN AL ANIMAL.

En México todavía se usan componentes, que están en contacto directo con los animales, que son ya obsoletos causando diversos problemas de salud a éstos.

1. Uso de pezoneras de calibre amplio (luz amplia). Estas pezoneras no proporcionan el masaje adecuado a los pezones, dando como resultado una excesiva congestión en la pared del pezón y daño al canal de salida de la leche.
2. Máquinas de ordeña colocadas por la parte trasera del animal les causa incomodidad visual y táctil, es decir que no pueden ver lo que hay detrás de si mismas debido a la disposición lateral de sus ojos, además trae consecuencias graves como el resbamiento de las patas traseras hacia afuera causando cojeras al animal.
3. El uso de pezoneras viejas puede ocasionar la transmisión de enfermedades como es la mastitis, así como un masaje escaso a las ubres y leche sin calidad sanitaria.
4. Los retroimpactos (admisión accidental de aire a la pezonera debido a su deslizamiento sobre el pezón o al retirado de las pezoneras sin cortar el vacío) pueden causar problemas fisiológicos en los pezones como son mastitis y hematomas.

Fig. 4.2. Lesiones en patas de lechones contra fricción y contra abrasión para pisos perforados y sólidos.



4.1.4 ENTORNO DE TRABAJO Y CONDUCTA DE LA VACA.

1. Problemas visuales. las vacas sufren confusión al ser introducidas a salas de ordeña por pasillos con cambios de dirección en ángulo recto, debido a la ubicación de los ojos en las partes laterales de la cabeza.
2. Problemas auditivos en el animal provocados por sonidos con frecuencias entre los 4 a 8 KHz tales como ruidos estrepitosos.
3. Los problemas en los pisos que afectan al animal son:
 - Dureza excesiva
 - Baja relación entre la abrasividad y el coeficiente de fricción (ver la fig.4.2 y la fig. 5.7).
 - Propiedades térmicas deficientes.
 - Pisos hechos con materiales que propician humedad, o que secan lentamente, traen como consecuencias:
 - Disminución del paso del animal como reacción inmediata a evitar resbalones.
 - Cojeras, fracturas o lesiones que inutilizan al animal para la ordeña.
 - Nerviosismo y fastidio cuando las vacas se desplazan en pisos húmedos lo cual las condiciona a que caminen lento y defequen frecuentemente. Esto a su vez conlleva a limpiar los pisos con más frecuencia y a la falta de higiene en la leche.
4. La humedad presente en la sala de ordeña causa conductividad eléctrica que a su vez provoca pequeñas descargas, llamadas comúnmente "voltaje perdido" o "voltaje transitorio"(voltajes en el rango de 0.5 a 1 voltio o más), las cuales pueden causar una respuesta negativa en las vacas, por ejemplo: dudan en entrar a la sala de ordeña, están nerviosas mientras se ordeñan, y como consecuencia aumenta el tiempo de ordeña y además baja producción de leche.
5. Se recomienda evitar los cambios de luz entre la sala de ordeña y el área de descanso pues producen confusión y entorpecimiento al ganado.

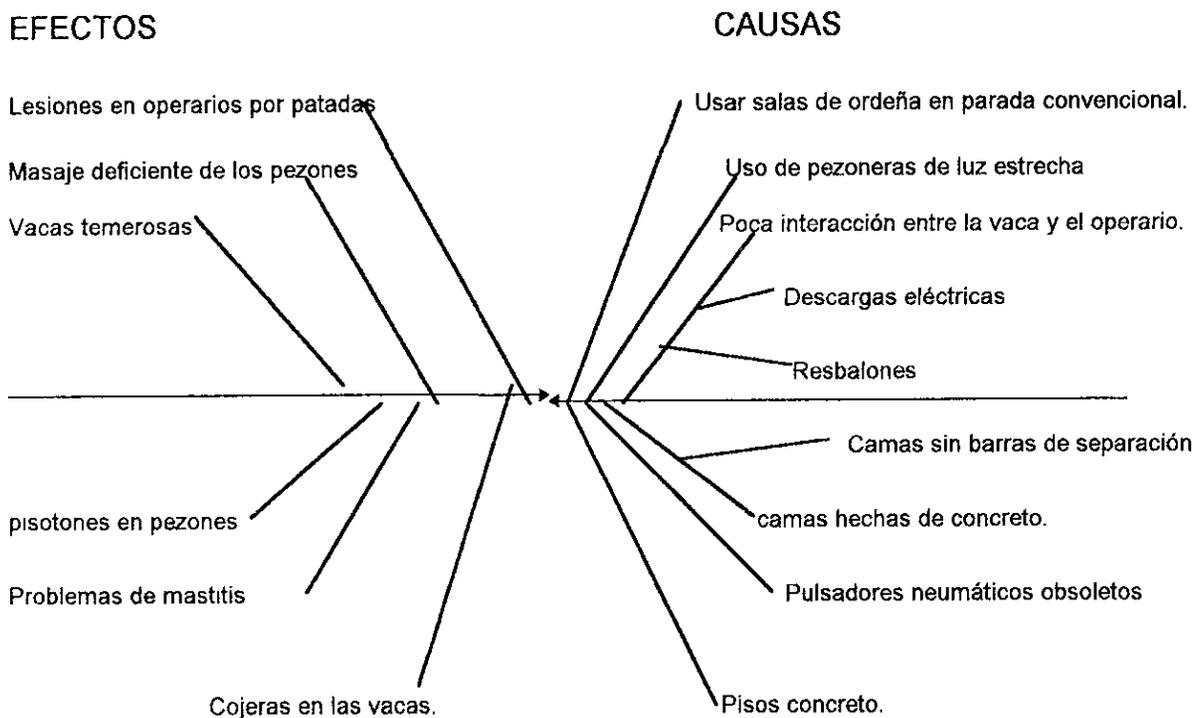
4.1.5 PROBLEMAS EN EL OPERARIO.

En cuanto a la seguridad industrial para el operario se encuentran las lesiones provocadas por fatiga laboral como son lesiones en la espalda; otro factor que ocasiona enfermedades laborales a los operarios es la humedad que propicia reumatismo en las articulaciones de la mano y brazo. Además se encuentran las lesiones accidentales como son patadas del animal al operario.

4.2. RELACIÓN ENTRE LOS PROBLEMAS.

Este subcapítulo surge para mostrar que todos los problemas se relacionan entre sí es decir que ninguno es independiente de otro. El lector podrá notar la relación directa e indirecta entre ellos.

Analizando esto por medio del método de espina de pescado se visualiza de forma más clara las relaciones:



El diagrama se lee de derecha a izquierda, primero la(s) causa(s) y luego su respectivo efecto. Este diagrama sólo muestra algunas relaciones causa y efecto pero estas no son las únicas ya que muchas de causas se relacionan con otros efectos y viceversa.

4.3 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA EXPLOTACIÓN ANIMAL.

Para facilitar el análisis de problemas en la selección de equipos, éstos se han agrupado de la manera siguiente:

- * Estado del arte
- Manufactura
- Tecnología
- Diseño.
- Mantenimiento

Para la máquina de ordeña se puede evaluar su funcionamiento por medio de pruebas a cada componente usando instrumentos de medición adecuados, por ejemplo la medición de la diferencia de vacío entre la bomba y las líneas con el fin de evitar un masaje deficiente en las pezoneras lo que trae como consecuencia una congestión sanguínea en los pezones.

- * Conductuales-fisiológicos
- Estímulos visuales, táctiles, auditivos
- Salud del animal

La medición de la conducta durante la ordeña por medio de videograbación con el objeto de registrar ésta información en un etograma y a partir de éste medir las consecuencias en la producción. Como aspecto fisiológico es posible medir la conductividad eléctrica de la leche con el fin de detectar la que proviene de vacas enfermas

- * Entorno de trabajo
- Humedad
- Conductividad eléctrica en las instalaciones.
- Pisos
- iluminación

Se pueden medir voltajes perdidos en la sala de ordeña así como la dureza de los pisos por medio de instrumentos específicos para cada caso.

- * Seguridad industrial
- Higiene
- Equipo y medidas de seguridad.

Un ejemplo de como se puede cuantificar este aspecto es midiendo el número de lesiones en operarios con equipo de seguridad contra número de operarios sin usar equipo de seguridad.

* Costos

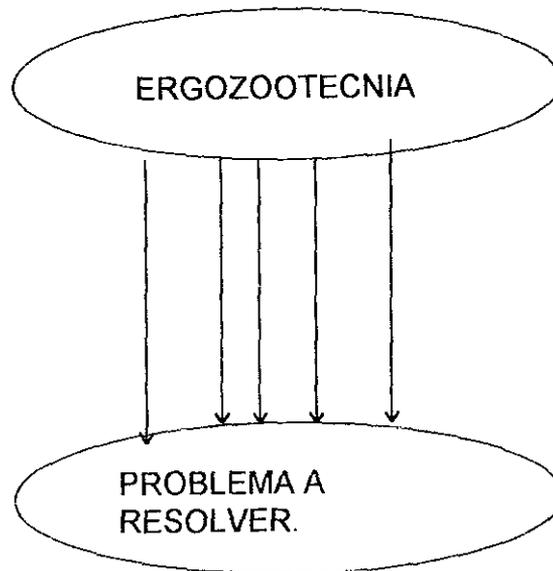
- Inversión del equipo
- Mano de obra
- Productividad

Este aspecto se puede medir por medio de parámetros contables como son: Ingresos vs. Egresos y los índices de productividad.

La agrupación se realizó por semejanzas con el fin de cuantificar los problemas que se generen en cada aspecto y así prevenir o corregir las causas y efectos derivados de éstos

En todos estos casos se pueden medir los parámetros por medio de aparatos e instrumentos de medición o bien por métodos estadísticos y contables. En el apéndice # 2 se anexa la forma y metodología para evaluar el funcionamiento de un sistema de ordeña mecánica.

Fig.4.3. Los parámetros como puente entre la ergozootecnia y los problemas a resolver.



PARÁMETROS: →

CAPITULO 5

APLICACIONES AL CASO DE ESTUDIO.

5.1 INTRODUCCIÓN.

La descripción, de los capítulos anteriores, muestra las condiciones en que operan los establos en México; como pudo apreciar el lector uno de los problemas que enfrentan con mayor frecuencia en los establos son las cojeras y se determinó que estas son ocasionadas, principalmente por las características de sus pisos.

Otro problema adicional al de las cojeras son las deficiencias en el layout del establo; por ello en este capítulo se presentan las especificaciones que se deben considerar en el diseño de los pisos para establos y adicionalmente se propone una distribución de un establo, cuyo objeto es aprovechar más la sala de ordeña (ocupándola durante un mayor tiempo con el mismo número de máquinas y ordeñando más vacas) y la superficie del terreno, es decir mejorar su productividad.

También considerando las tendencias tecnológicas se recopilaron en este capítulo una serie de factores a considerar en la selección de componentes de un sistema de ordeña automatizada (AMS) con el fin de mostrar opciones comerciales a usar en las granjas lecheras, ya sea por separado o como un sistema integral. El AMS se define como la completa automatización de las actividades del proceso de ordeña (lavado de pezones, colocación y retirado de las pezoneras, desinfección de los pezones después de la ordeña, entre otras).

Este sistema presenta ventajas sobre sus predecesoras debido a que la calidad sanitaria de la leche se mejora considerablemente, ya que selecciona y separa automáticamente la leche sana de la que proviene de vacas enfermas y en consecuencia se puede determinar cuales vacas hay que retirar de la producción con el fin de prevenir brotes infecciosos en el rebaño y de este modo evitar pérdidas económicas considerables.

5.2. PISOS.

En esta parte se muestran los principales parámetros a considerar en el diseño de pisos y sus efectos en el animal.

5.2.1. Justificación del tema de pisos.

- En Inglaterra (1977) se mostró que del 7.5% al 9.5% del total de vacas de éste país fueron tratadas médicamente debido a cojeras y posiblemente 2 a 4% fueron tratadas por los mismos granjeros. Para 1980 el porcentaje fue de 25%, el costo que esto representó fue de 22 a 25 millones de libras esterlinas.
- En el caso de México (1997) en un establo de la cuenca lechera del estado de Hidalgo, con población de 300 vacas se registran semanalmente 25 casos de lesiones en patas, es decir casi el 10 %, con lo cual es fácil estimar los costos que causa este problema.

5.2.2. Causas principales de cojeras y lesiones en patas.

- Para el caso de establos con estabulación fija (es decir que las vacas no salen a pastar al campo) se altera la naturaleza fisiológica de la vaca debido a que la morfología de sus patas esta conformada para caminar en terrenos irregulares.
- La forma de las patas (genética).
- Tipos de pisos usados en áreas de descanso y alimentación.
- Períodos de gestación y posparto.

5.2.3. Cuantificación de las especificaciones en pisos.

A consecuencia de las causas se definieron las siguientes características.

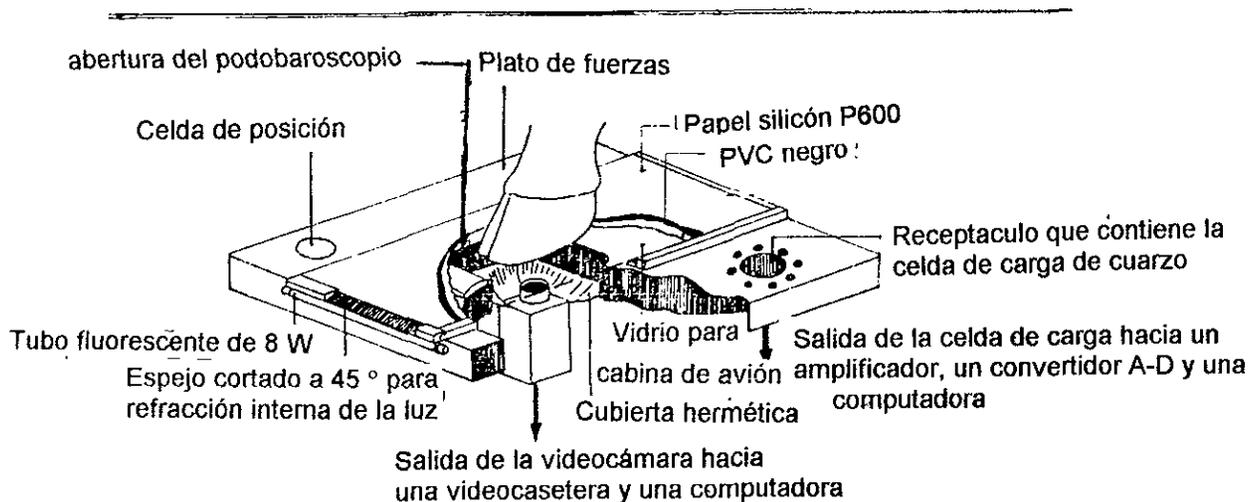
1.- Carga vertical ejercida por la vaca en pisos.

A continuación se muestra un estudio realizado en Inglaterra (1988) para determinar las cargas máximas que la vaca ejerce sobre el piso (durante la gestación y posparto). La metodología empleada para dicho estudio fue la siguiente:

- De un sólo rebaño se tomó una muestra de 6 vacas de raza Friesian en período de gestación, con pesos corporales y número de alumbramientos anteriores similares.

- Los datos fueron recolectados durante los 3 meses de gestación y 1 posterior al parto
- El aparato usado para esta investigación fue un podobaroscopio, el cual consistía en una plataforma modificada de un paquete comercial (Kistler Instruments Tipo 9281B) el cual usa las propiedades piezoeléctricas de las celdas de carga de cuarzo. El podobaroscopio es un dispositivo óptico en donde la cantidad de luz almacenada por una cámara de video es proporcional con la presión aplicada por la pata del animal. Los datos fueron almacenados y procesados en una computadora y en videotape.

Fig. 5.1. Podobaroscopio.



- Con los datos almacenados se establecieron modelos estadísticos para determinar la fuerza y la presión ejercida por las patas de la vaca.

Resultados y observaciones.

- Se determinó que las fuerzas máximas ejercidas sobre el piso se presenta mientras la vaca camina, ya que al dar un paso mueve simultáneamente las extremidades derechas o izquierdas, según sea el caso, y sólo se apoya en 2 patas
- La fuerza máxima vertical aplicada por las patas delanteras fue siempre mayor que la ejercida por las patas traseras. Las patas delanteras cargaban entre el 55 y 57% de la carga equivalente al peso corporal.

- Las regiones con más alta presión registrada fueron principalmente los dígitos laterales de la pata.
- En el primer mes se encontró una diferencia significativa entre la presión aplicada de los dígitos frontales derechos y de los dígitos izquierdos posteriores.
- En el segundo mes se encontró una diferencia significativa entre la fuerza vertical y el área de contacto de los dígitos frontales y traseros derechos.

Los valores de los cambios de fuerza y presión aplicados por el animal se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 5.1. Comparación de variables medidas entre las diferentes patas de vacas preñadas y posparto.

	Frontal derecha	Frontal izquierda	posterior derecha	posterior izquierda
Mes 1				
Número de observaciones	4	5	2	16
Fuerza vertical (N)	1930 ^a (456)	1811 ^a (870)	1846 ^a (501)	1399 ^a (460)
Área (mm ²)	1661 ^a (284)	2120 ^a (459)	2068 ^a (341)	1774 ^a (222)
Presión (N / mm ²)	1.14 ^a (0.13)	0.86 ^{ab} (0.25)	0.90 ^{ab} (0.14)	0.78 ^b (0.13)
Mes 2				
Número de observaciones	6	5	4	18
Fuerza vertical (N)	1461 ^a (361)	2189 ^b (323)	2484 ^{ab} (347)	1630 ^a (293)
Área (mm ²)	1180 ^a (241)	1786 ^b (236)	2157 ^{bcd} (252)	1422 ^{ad} (196)
Presión (N / mm ²)	1.24 ^a (0.14)	1.20 ^a (0.09)	1.18 ^a (0.10)	1.14 ^a (0.11)
Mes 3				
Número de observaciones	4	17	4	5
Fuerza vertical (N)	1628 ^a (390)	1912 ^a (310)	2434 ^a (378)	2080 ^a (373)
Área (mm ²)	1492 ^{ab} (251)	1391 ^b (215)	1840 ^a (244)	1616 ^{ab} (241)
Presión (N / mm ²)	1.09 ^a (0.10)	1.36 ^{ab} (0.07)	1.32 ^b (0.10)	1.28 ^{ab} (0.09)
Mes 4				
Número de observaciones	11	10	17	22
Fuerza vertical (N)	1446 ^a (273)	1724 ^a (271)	1511 ^a (221)	1479 ^a (193)
Área (mm ²)	1093 ^a (212)	1341 ^a (211)	1245 ^a (171)	1305 ^a (149)
Presión (N / mm ²)	1.29 ^a (0.07)	1.28 ^{ab} (0.07)	1.20 ^a (0.06)	1.13 ^a (0.05)

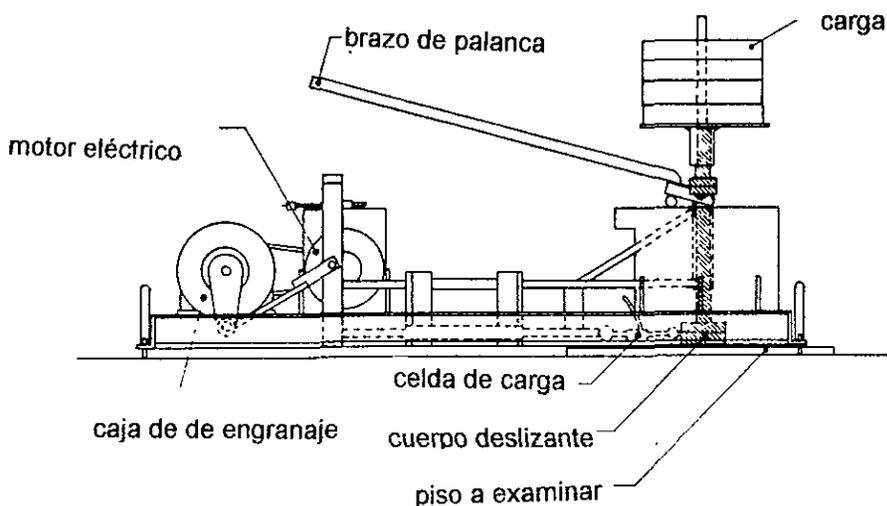
Considerando las cargas en los dígitos externos y el empuje al caminar se concluye que no sólo existe la carga vertical durante el desplazamiento del animal ya que también se producen fuerzas longitudinales y transversales que pueden ser cuantificadas de manera indirecta por medio de factores como la fricción producida entre el piso y la pezuña, así como el desgaste en ésta última (abrasión), a continuación se muestran estudios acerca de éstos parámetros, que son de gran utilidad en el diseño de pisos.

2.-Fricción: Es el rozamiento de dos cuerpos en contacto y con movimiento relativo entre ellos. Esta acción sucede entre la pezuña de la vaca y el piso.

Los métodos para probar la fricción son 4:

- Prueba de arrastre.
 - Pata inclinada.
 - Plano inclinado.
 - Péndulo
-
- Prueba de arrastre: Consiste en usar un dispositivo que posee un "pie" que es cargado verticalmente con un peso conocido y jalado a través de la superficie del piso (ver fig.5.2); la fuerza horizontal se mide por medio de la celda de carga (load cell) del dispositivo y el coeficiente de fricción se calcula por medio de la expresión 1.1 (ver página siguiente).

Fig.5.2. Probador de fricción de arrastre Sueco



(Nilsson, 1978).

- En el método de la pata inclinada se usa un aparato en el cual se le coloca un peso conocido sobre un eje conectado a la pata abisagrada del mismo (ver fig.5.3). Con el desplazamiento gradual del marco estructural del equipo, la pata es forzada a pasar de una posición vertical inicial a una posición inclinada hasta que el cuerpo se desliza.

La tangente del ángulo de la pata en esa posición es igual al coeficiente de fricción estático debido a la siguiente consideración:

$$\mu = H / V \dots (1.1)$$

Donde μ = Fricción

H = Fuerza horizontal

V = Fuerza vertical

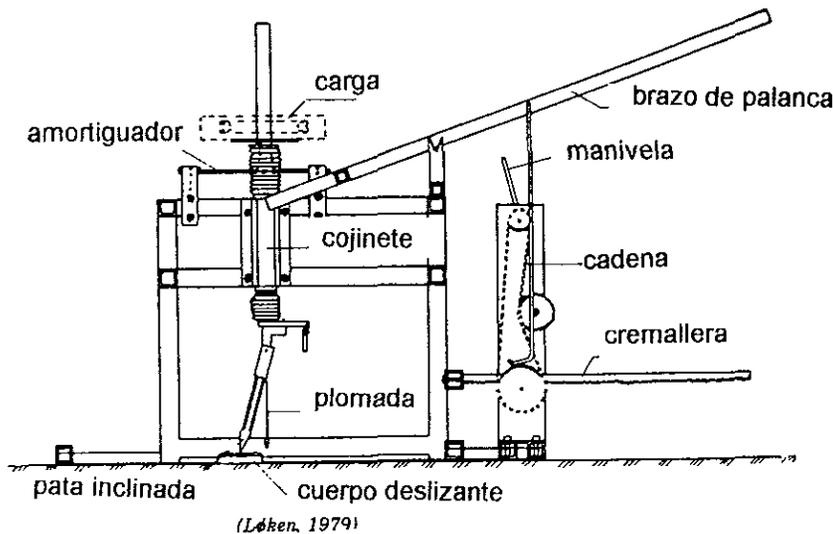
para el equipo se tiene:

$\tan \theta = \text{cateto opuesto} / \text{cateto adyacente}$

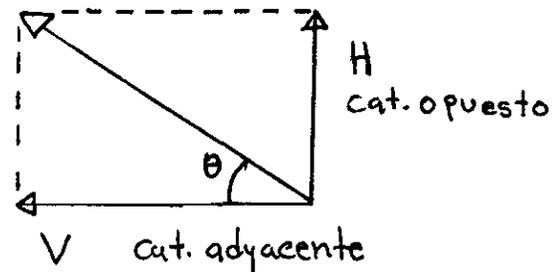
Luego: $\mu = \text{cateto opuesto} / \text{cateto adyacente}$

$\therefore \mu = \tan \theta$ (ver fig.5.3.b)

Fig.5.3. Probador de fricción de pata inclinada Noruego



a)



b) Detalle de la fig.a

Para determinar la correlación de los datos obtenidos por tres distintos probadores de fricción (sueco, noruego y danés) se realizó un experimento (Suecia, 1981); el cual consistió en comparar la severidad de las lesiones, en la pezuña, causadas por un piso de material conocido contra el coeficiente de fricción obtenido por uno de los equipos. Después de analizar los datos, se encontró que los resultados arrojados por el probador danés eran deficientes debido a que éstos se alejaban demasiado de los datos obtenidos del comportamiento real (ver figs.5.4 y 5.5).

Fig.5.4.

PRUEBA DE CALIBRACIÓN
 BRRL pendulo oscilante vs.
 coeficientes de fricción de pisos
 para establos noruegos y suecos

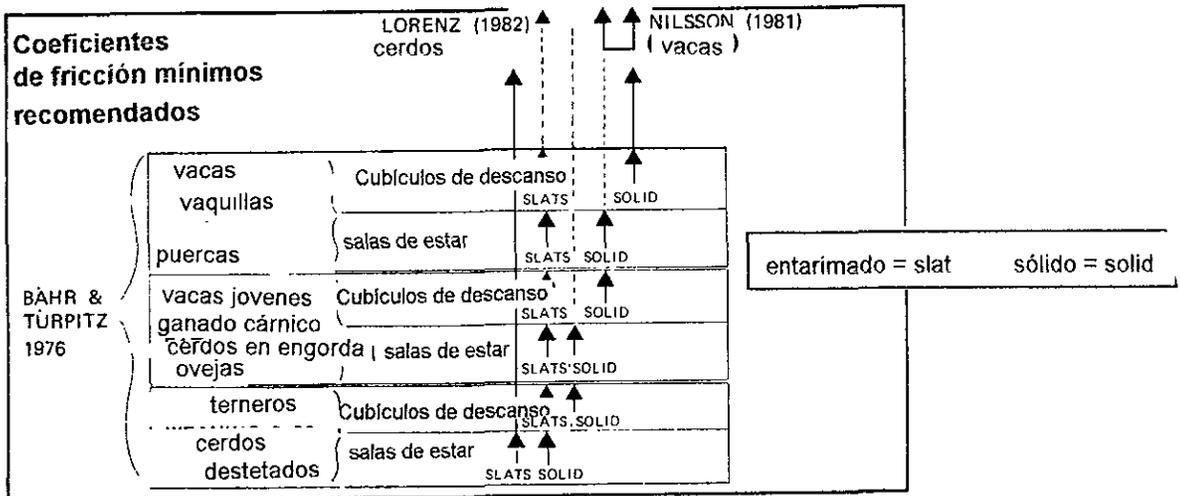
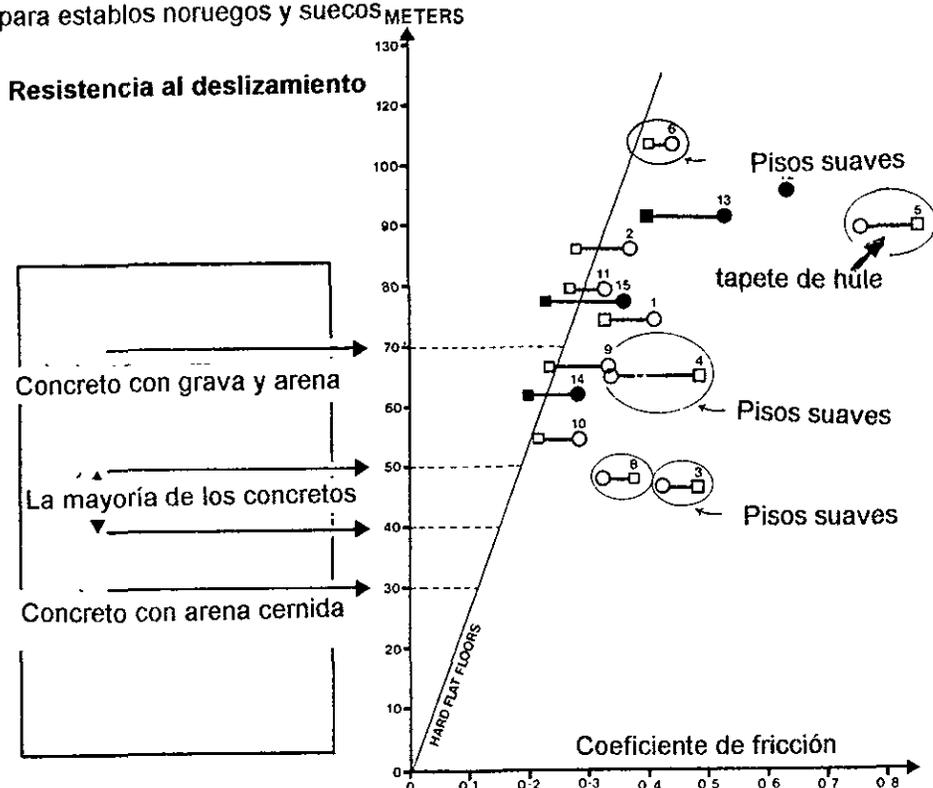
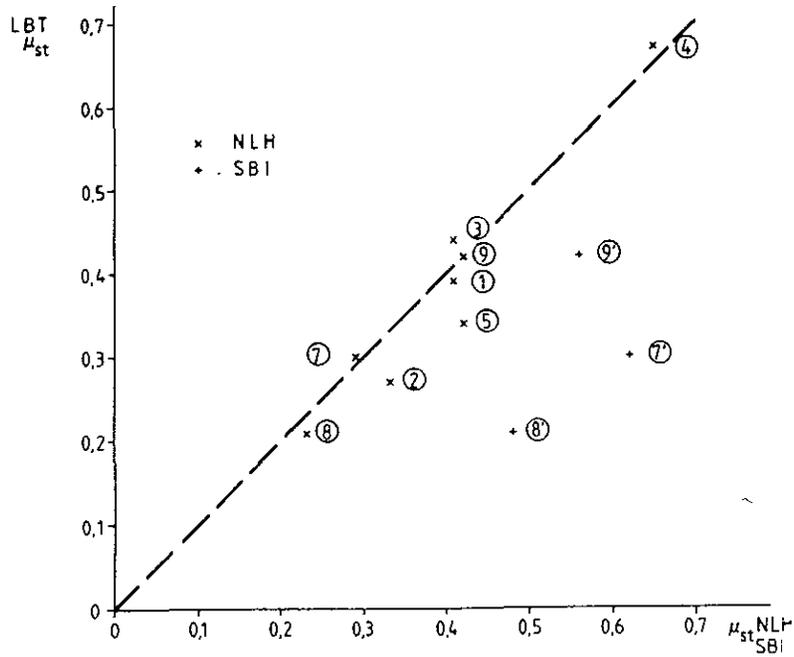


Fig.5.5.

Calibración del probador de fricción sueco (LBT) contra el probador noruego (NLH) y el probador danés (SBI).



- 1.- Concreto
- 2.- madera aglomerada
- 3.- piso acojinado "Tampella"
- 4.- tapete de hule
- 5.- Tapete de hule con relieves circulares
- 6.- piso acojinado con polietileno
- 7.- Compuesto epóxico "Foss Floor"
- 8.- Compuesto epóxico "Periginol"
- 9.- Compuesto acrílico "Cupidur I"

Lesiones vs. fricción.

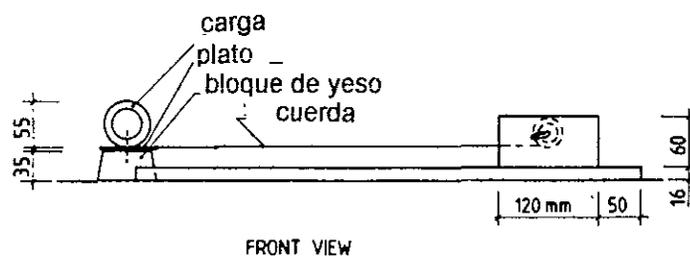
Para la relación que existe entre ambos conceptos se encontró que al incrementar gradualmente el coeficiente de fricción hasta un cierto límite se disminuye considerablemente los resbalones y en consecuencia las lesiones; muchos autores coinciden en que el rango para el coeficiente de fricción debe de estar entre 0.2 y 0.4. Esto se demostró con un estudio realizado en Suecia (Walberg, 1978) en el que se tenía como muestra de estudio las patas de 100 vacas que fueron sometidas a caminar sobre pisos con coeficientes de fricción de 0.6 y de 0.4, de donde se obtuvieron 160 y 118 lesiones respectivamente, mostrando con esto el límite hasta donde se puede aumentar el coeficiente de fricción sin causar lesiones.

3.-Abrasividad: Es el desgaste de una superficie por rozamiento.

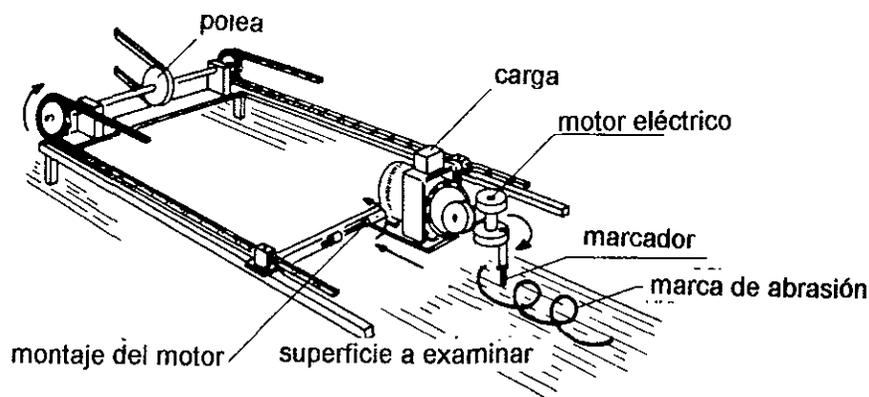
Si la pezuña tiene poco desgaste se produce un sobrecrecimiento de ésta y en consecuencia la vaca cambia su forma de caminar por el contrario si la pezuña tiene gran desgaste se produce la rotura de ésta o úlceras que en ocasiones impiden una pisada firme.

La abrasividad se mide colocando una carga conocida sobre un bloque trapezoidal de yeso de París, cuyo peso inicial se conoce, que es arrastrado sobre el piso a evaluar. La pérdida de peso en el bloque de yeso de París es medido y la abrasividad es estimada.

Fig.5.6. Probadores de abrasión



(Nilsson, 1979).



(Takai and Möller, 1981).

Hasta hace poco tiempo se pensaba que la relación existente entre la fricción y la abrasión era lineal. Al estudiar (Nilsson, 1981) el caso de los tapetes de hule se encontró que no eran abrasivos pero tenían un alto coeficiente de fricción es decir la relación no es lineal y la demostración de esto es la siguiente:

abrasión \propto trabajo realizado
 abrasión \propto fuerza horizontal X distancia.
 abrasión $\propto H \times D \dots\dots\dots (1)$
 Luego se tiene que:
 Fricción: $\mu = H/V \dots\dots\dots (2)$

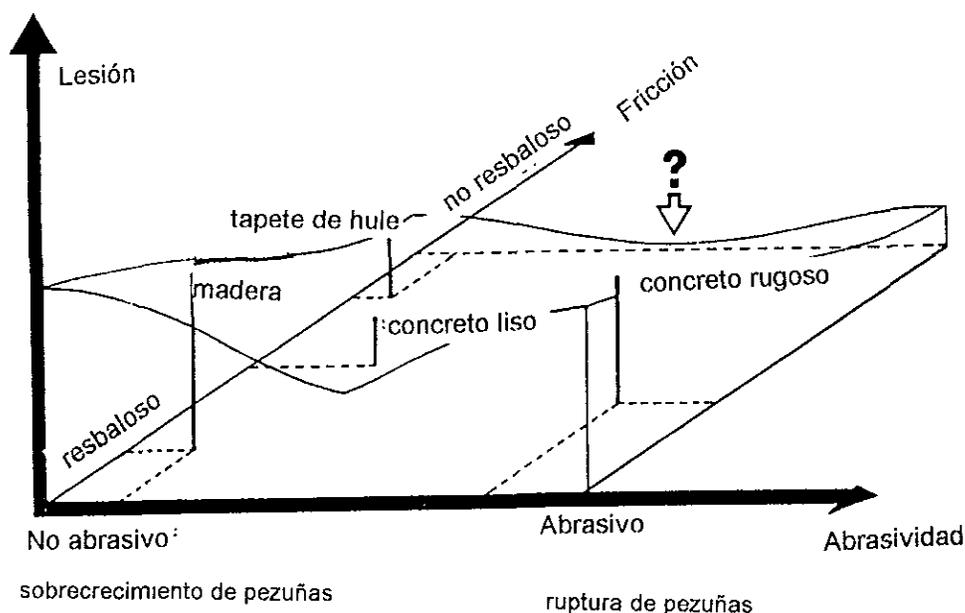
Reacomodando términos en la ecuación (2) y sustituyendo en la ecuación (1) se obtiene:

$$\text{abrasión} \propto \mu V D$$

Nota: No toda la energía se aplica en la abrasión del tejido. Algo se almacena como energía deformante de la pata y otra poca es usada en la deformación del piso.

La abrasividad de los pisos puede ser medida por medios biológicos tales como el crecimiento y la dureza de la pezuña, por ejemplo para determinar el grado de abrasividad de los pisos, mediante el crecimiento y desgaste de la pezuña, se hacen marcas en la pared de la misma y se lleva un registro comparativo, entre el crecimiento y desgaste en condiciones naturales contra las condiciones controladas.

Fig.5.7. Esquema tridimensional de la relación existente entre lesiones, abrasividad y fricción.

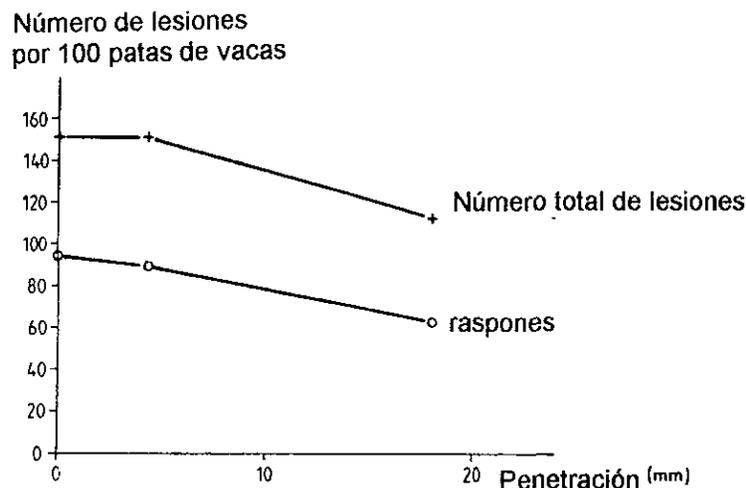


4.- Dureza:

La dureza de los pisos y las cargas ejercidas por la vaca guardan una relación muy estrecha, ya que es uno de los factores que determinan el esfuerzo máximo que recibe el piso. El método para medir esta propiedad se basa en la presión que ejerce una bola de acero (cuyos diámetros van desde 20 mm hasta 240 mm) contra el piso a evaluar y se mide la profundidad de penetración para determinar la dureza. Las escalas de dureza usadas son las DIN 53505 y la ASTM D2440.

La dureza de los pisos es una propiedad no constante ya que depende del espesor del piso y de factores ambientales. Esta propiedad tiene un efecto considerable en la salud y bienestar de la vaca ya que se ha ocasionado, según estudios realizados en Europa, más del 22% de mastitis en vacas lecheras cuando la cama de reposo es dura (concreto) y el porcentaje es aproximadamente el mismo para las lesiones externas en los pezones, así como también tiene gran importancia en el crecimiento de la pezuña o en la propensión a la ruptura de ésta última.

Fig.5.8. Lesiones vs. penetración de dureza



La dureza fue medida con una bola de acero de 100 mm de diámetro, la cual soportaba una carga de 1.5 kN (Walberg, 1978. Suecia).

5.- Rugosidad del piso.

La rugosidad del piso es de gran importancia ya que inspira seguridad a las vacas y en consecuencia éstas caminan con las características propias de su especie y por lo tanto la distribución de cargas será compatible a su anatomía y fisiología. Para medir la rugosidad en los pisos se ha diseñado un instrumento que funciona de forma análoga al brazo de un tocadiscos, cuyo funcionamiento es el siguiente: La aguja del instrumento es movida a través del piso y su movimiento vertical es detectado por medio de un transductor inductivo de desplazamiento y la respuesta es registrada en una banda diseñada para dicha actividad.

Actualmente se conoce por medio de estudios no sistemáticos la relación entre el contorno del piso y las lesiones pero todavía no existen especificaciones para determinar el espaciamiento entre los contornos; Sin embargo en varios AMS (diseñados a partir de 1990) el piso esta hecho de lámina troquelada de acero inoxidable con un espaciamiento entre contornos de 3 cm, el cual ha dado buenos resultados en el control de lesiones en las pezuñas.

6.-Propiedades térmicas de los pisos.

Se necesita considerar este factor ya que temperaturas extremas en los pisos pueden causar lesiones tales como quemadas y enfriamientos de las patas y ubres. Para medir la relación existente entre las propiedades térmicas de los pisos (resistencia térmica) y las lesiones en las patas se desarrolló en Suecia un modelo térmico que simula a un cerdo de 45 Kg echado en el piso y es por ello que esta prueba es llamada R45. Cuando se requiera modificar un ambiente deberá tomarse en cuenta este factor con el fin de evitar llegar a extremos que repercutan en la postura, conducta y fisiología del animal.

5.2.4. Medición cuantitativa de las lesiones.

Las lesiones en extremidades son el parámetro para saber si un piso esta bien diseñado o no, y en función de estas poder determinar los factores que causan una determinada lesión. Se entiende por lesión a la destrucción de la estructura física del tejido en detrimento de su funcionamiento

Los parámetros a considerar para medir la importancia de las lesiones son:

Frecuencia de ocurrencia de la lesión

Magnitud y severidad de la lesión

Número total de lesiones por animal.

Puntuación para la severidad de las lesiones (ver tabla 5.2).

Tabla 5.2. Tabla de puntuación para lesiones en vacas lecheras (Suecia, 1978).

Localización: Rodilla delantera, parte trasera del corvejón y parte lateral de del corvejón, rodilla trasera, unión de la cadera y el isquío.
 Tipo de lesión: Hinchazón.

Puntuación	Condición.
5	No hinchazón
4	Ligera señal de hinchazón, no hay límite filoso
3	Hinchazón clara sin limitante filosa, o hinchazón del tamaño de una mandarina.
2	Gran inflamación, la unión es delgada, o la hinchazón es del tamaño de una naranja.
1	Inflamación, tamaño de un racimo de uvas, cojeras.
0	Cojeras. La vaca difícilmente soporta ponerse de pie.

Tipo de lesión: Heridas

Puntuación	Condición
5	No existen señales de heridas.
4	Manchas de heridas cicatrizadas
3	Una pequeña herida, abierta o mediocicatrizada (diámetro :d < 1 cm)
2	Herida abierta, no inflamada, un poco profunda (d < 2 cm).
1	Herida profunda(d > 2 cm).
0	Herida grande, inflamada y severa (d > 2 cm).

Tipo de lesión: Abrasiones(erosiones).

Puntuación	Condición
5	No señal de erosión.
4	Zona sin pelo (diámetro :d < 1 cm)
3	Zona sin pelo (1 < d < 2 cm).
2	Zona sin pelo (2 < d < 4 cm).
1	Zona sin pelo (4 < d < 8 cm).
0	Más de 8 cm en cualquier dirección.

Fuente: Ver bibliografía del capítulo 5, referencia 3

5.2.4.1 Manejo y control de lesiones.

Es la forma para controlar las lesiones y se debe considerar los siguientes aspectos:

- Una definición clínica y fisiológicamente satisfactoria para veterinarios y diseñadores.
- Conocimiento de la naturaleza y extensión de los factores causales.
- Una medición de los costos efectivos de prácticas de control.
- Un sistema para monitorear tanto la incidencia de enfermedades y la eficacia de las medidas de control, con la facilidad de ajustar una retroalimentación.

Con la información anterior se concluye que las necesidades del piso son:

- Soportar una presión de 1.2 kN/mm^2 .
- Tener un coeficiente de fricción de entre 0.33 a 0.4.
- Tener una dureza con una penetración de la bola de acero (diámetro=100 mm) a una carga de 1.5 kN, de entre 15 a 20 mm. Otras soluciones prácticas y coadyudantes al problema es colocar después del pasillo de la sala de ordeña una pequeña fosa con agua y sulfato de cobre que ayuda a endurecer la pezuña disminuyendo el desgaste y ruptura de ésta en pisos de concreto.

5.3 ESTABLO CON SALA DE ORDEÑA CENTRAL.

En esta parte del capítulo se muestra otra opción en el layout de un establo para vacas lecheras con el fin de mejorar la productividad, ya que se observó que en ranchos con 300 vacas se dispone de una sala de ordeña con 20 máquinas, las cuales están dispuestas en parada convencional*, en donde se llevan a cabo 2 ordeñas diarias (cada una dura 3 horas, siendo el tiempo necesario para ordeñar a todo el rebaño) es decir que el equipo sólo se utiliza durante 6 horas al día, encontrando una subutilización de éste.

5.3.1. Propuesta.

Para resolver esta situación se propone:

Que con el mismo número de máquinas ordeñadoras se puedan ordeñar a 600 vacas diariamente realizando un layout nuevo para el establo y una planeación de tiempos y movimientos.

El layout propuesto consiste en una sala de ordeña central de forma hexagonal comunicada en cada una de sus caras con un área de descanso (ver fig.5.9).

El layout presenta todas las áreas que son requeridas para un establo de leche categoría preferente especial de a cuerdo a lo establecido en el reglamento general de salud (capítulo 3.2 legislación) en materia de control sanitario para establecimientos, productos y actividades.

(* Parada convencional: Es la sala de ordeña en la cual las vacas se colocan de forma paralela unas con otras, la colocación de las pezoneras es por el costado del animal, no cuentan con foso de protección para los operarios, ni barras de contención para las vacas.

El plano de distribución es sólo una propuesta pero presenta una serie de figuras de la sala de ordeña en la que se incluyen movimientos simultáneos de entrada de 2 áreas de camas a ésta, además se muestran posibles rutas para la colocación de heno y alimento balanceado en los comederos así como la ruta de limpieza de estiércol, por medio de un tractor con rastrillo, a través de los pasillos de las áreas de camas (ver fig.5.9).

Adicionalmente, y como parte del material de apoyo, se muestran las actividades y tiempos de una sala de ordeña convencional (ver fig.5.10) y un resumen de tiempos en un sistema semiautomático de ordeña que sirve para seleccionar la sala de ordeña que mejor se adapte a las necesidades.

5.3.2. Planeación de tiempos en la sala de ordeña propuesta.

En la propuesta de la fig.5.9 se plantea utilizar la sala de ordeña durante 6 horas distribuido este tiempo de la siguiente manera:

2.5 horas para ordeñar los rebaños 1,2 y 3 (de 1:00 a 3:30 A.M.).

0.45 horas para la limpieza del equipo y de la sala.

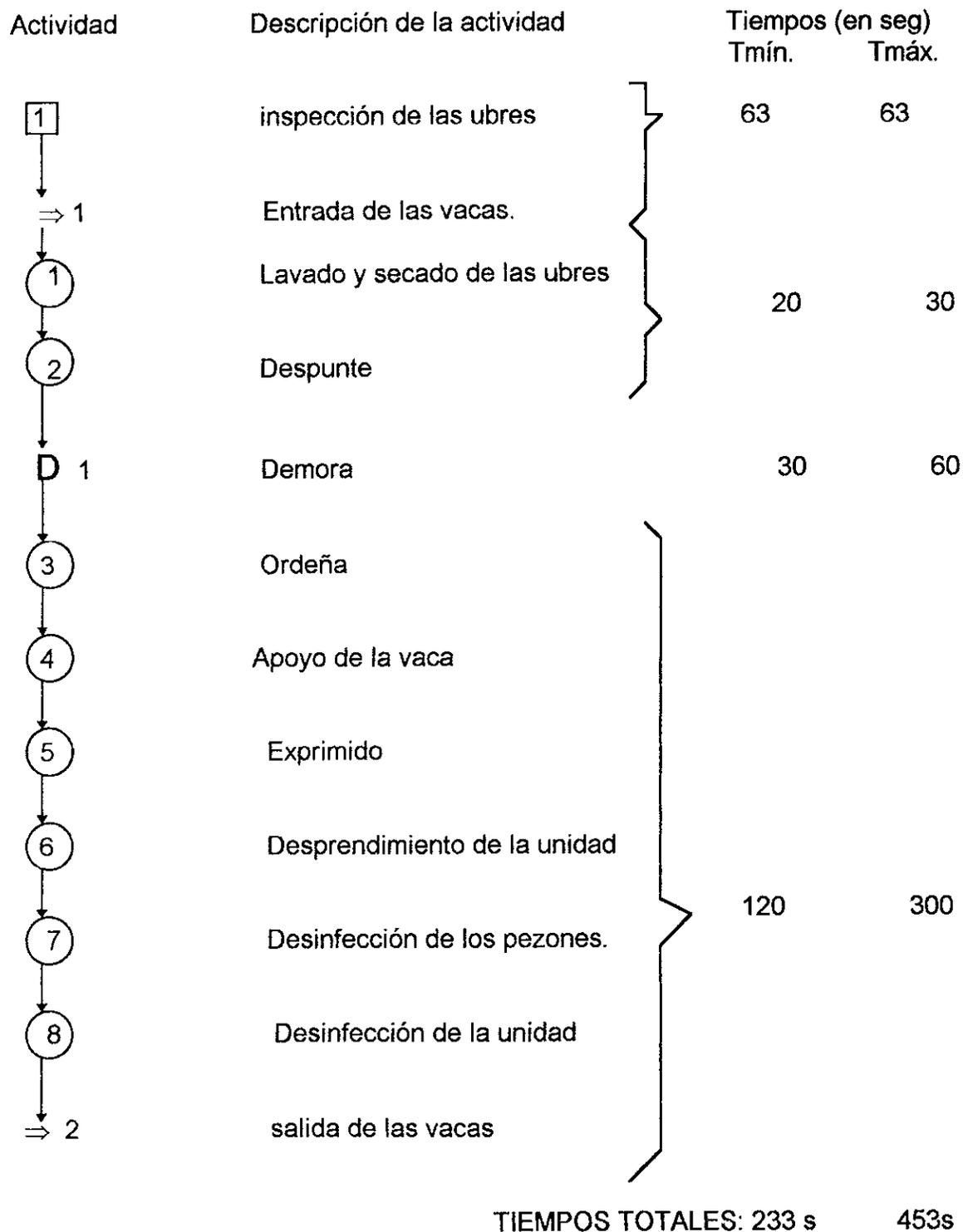
2.5 horas para ordeñar los rebaños 4, 5 y 6 (de 4:15 a 6:45 A.M.).

El horario matutino, tal como se muestra, se aplica de forma semejante al vespertino pudiendo observar que se aplican planeación de tiempos y movimientos así como un nuevo layout del establo y en consecuencia se logrará un mejor aprovechamiento del equipo y de la sala de ordeña con lo cual se aumenta la productividad.

5.3.3. Ventajas del layout propuesto:

- ◆ Se utiliza lo más posible la superficie del terreno, utilizando una distribución circular y concéntrica (área aproximada de 16 000 m²).
- ◆ Se duplica el número de vacas (600) en un área menor a la que se necesitaría emplear al realizar una expansión del establo (20 000 m²) en el cual se basó la propuesta.
- ◆ El área de espera (180 m²) se aprovecha para 2 áreas de camas.
- ◆ Cada área de camas (aproximadamente 220 m²) puede alojar a 100 vacas cada una.
- ◆ La sala de ordeña se aprovecha durante el doble de tiempo (12 horas vs. 6 horas diarias).
- ◆ Las vacas sufren menos confusión al caminar por trayectorias circulares.

Fig.5.10. Diagrama de proceso para la ordeña mecánica convencional.
 El objeto de esta figura es mostrar la evolución y mejoras al equipo de ordeña por medio de sus tiempos de proceso (comparar éstos con los de la tabla 5.3).



5.3.4 Tiempos y actividades en un sistema de ordeña semiautomático.

En los establos se ha incrementado sensiblemente la productividad y la capacidad de producción gracias a la mecanización y automatización de los sistemas de alimentación, lavado de pezones y pezoneras, así como del retirado de la máquina ordeñadora (ACR). En la tabla 5.3 se puede ver el tiempo de rutina de trabajo, comparando 3 tipos de salas de ordeña.

Tabla 5.3. Tiempos de rutinas de trabajo.

<i>Elementos en la rutina de trabajo</i>	<i>Tipo espiga</i>	<i>(minutos)</i>	
		<i>Tipo espiga con ACR</i>	<i>Giratoria con ACR</i>
Cambio de tanda y alimentación	0-20	0-20	auto
Extraer leche primera, lavar y secar	0-25	0-25	0-25
Colocación de pezoneras	0-20	0-20	0-20
Retirar pezoneras	0-20	auto	auto
Bañar pezones	0-08	0-08	auto
Varios	0-07	0-07	0-05
<i>Total</i>	1-00	0-80	0-50
<i>vacas ordeñadas por hora</i>	60	75	120

Fuente: Ver bibliografía del capítulo 5, referencia 5

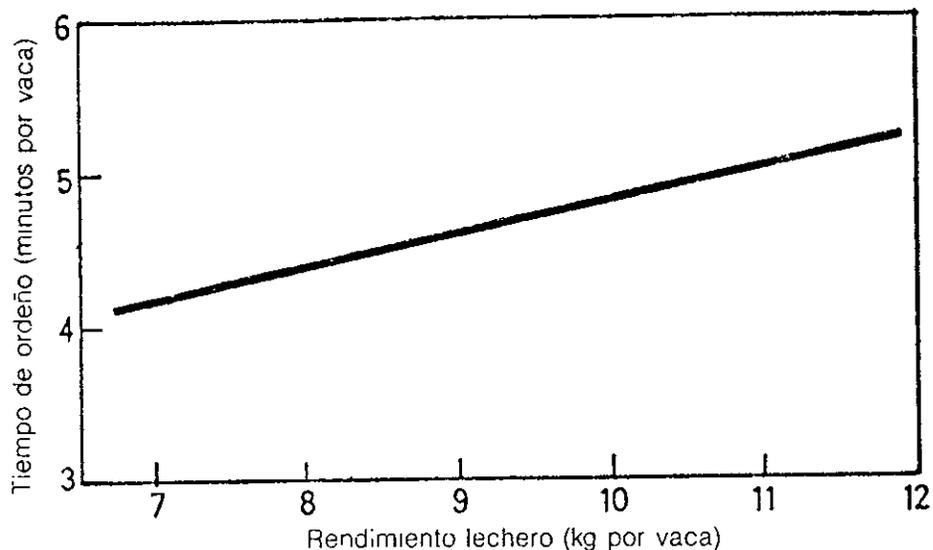
Uno de los factores importantes para mejorar la productividad es la reducción de tiempo en la ordeña el cual suele calcularse en base al rendimiento promedio del rebaño en la ordeña matutina. Si el rendimiento medio del rebaño es de 5000 Kg por vaca anualmente, la mitad de esta producción se obtiene durante los primeros 100 días de la lactación, con una producción media diaria de 25 Kg por vaca. Usando una proporción típica de 1 -1.5 para los rendimientos en los ordeños de la tarde y mañana la producción promedio en la ordeña de la mañana será de 15 Kg.

La ecuación (1) usada para la fig.5.11 sirve para facilitar la selección de salas de ordeña de acuerdo al tiempo y producción requerida por el ganadero. Extrapolando la gráfica, para una producción de 15 Kg de leche se requerirá de 6 minutos para ordeñar a una vaca.

$$t = 2.75 + 0.207 y \dots \dots (1)$$

donde: t = tiempo de ordeña en minutos.
y = rendimiento de leche en Kg.

Fig.5.11. Relación entre tiempos de ordeño y rendimiento lechero



Relación entre tiempo de ordeño y rendimiento lechero para 1934 vacas en 28 rebaños.

Fuente: Ver bibliografía del capítulo 5, referencia 5

Tabla 5.4. Producción máxima de leche (Kg por vaca en cada ordeña) que se puede obtener en diversos tipos de salas de ordeña.

Rutina de trabajo (minutos por vaca)	Vacas por hombre-hora	Salas estáticas tipo espiga									
		4/8	8/8	5/10	10/10	6/12	12/12	7/14	14/14	8/16	16/16
1.2	50	11	14	14	16	16	18	18	20	20	22
1.0	60	9	11	11	14	14	16	16	18	18	20
0.8	75	7	9	9	11	11	14	14	16	16	18
		Salas giratorias tipo espiga y batería									
			12/12		14/14		16/16		18/18		
0.6	100		11		14		16		18		
0.5	120		9		11		14		16		

(Basado en la tabla preparada por A. J. Quick, ADAS)

Fuente: Ver bibliografía del capítulo 5, referencia 5

Tiempos para seleccionar una sala de ordeña.

Los criterios empleados para seleccionar una sala de ordeña son: el número de vacas, duración de la ordeña y el número de operarios que van a laborar en ella. No existe un tiempo determinado para realizar la ordeña de un rebaño, aunque normalmente no es superior a unas dos horas, con un máximo quizás de 2.5 horas en períodos de máximo rendimiento. Comúnmente se selecciona una sala de ordeña en la que pueden ordeñarse las vacas en unas 2.25 horas ya que la experiencia ha mostrado que después de éste tiempo las vacas se desesperan y los operarios empiezan a cometer más errores en su trabajo debido a la fatiga producida por la gran cantidad de actividades del proceso.

Si se tienen que ordeñar más de 60 vacas por hora, el tiempo del ciclo deberá reducirse y para resolver este problema se puede automatizar la retirada de pezoneras y la transferencia de leche reduciéndose el tiempo de trabajo (ver tabla 5.3). Si se necesita obtener de 14 a 16 kg de leche por la mañana, la sala de ordeña deberá disponer de siete unidades de ordeña y 14 plazas (7/14) o bien 14 unidades y 14 plazas (14/14), ver tabla 5.4

Tiempos en salas de ordeña rotatorias.

Es difícil reducir el tiempo de rutina de trabajo (WRT) en las salas de ordeña estáticas por debajo de unos 0.7 minutos, que permitiría ordeñar un máximo de 85 vacas por hora-hombre, aunque se ha logrado rendimientos superiores con salas de ordeña estáticas en forma de polígono y de triángulo. En una sala de ordeña giratoria, el WRT puede reducirse a 0.5 minutos, siendo posible ordeñar 120 vacas por hombre-hora. El número de vacas que entran en la plataforma será igual al número de plazas multiplicado por el número de vueltas que realiza la plataforma en una hora.

La velocidad de giro de la plataforma no puede aumentarse sin reducir el tiempo disponible para que las vacas sean ordeñadas, por lo que resulta esencial disponer de un número suficiente de plazas. Este punto viene reforzado por la imposibilidad de ampliar la plataforma giratoria una vez instalada. En la tabla 5.4 puede apreciarse que con un WRT de 0.5 minutos el número de plazas de una sala de ordeño giratoria deberá ser cuando menos de 16, los rendimientos típicos son de 14 a 16 Kg de leche.

Aunque el rendimiento de una sala de ordeña dependerá de la capacidad del ordeñador y de la rutina de trabajo aplicada, en la tabla 5.5 se presenta una orientación aproximada de rendimiento típico de distintas clases de salas de ordeña en condiciones medias

Tabla 5.5. Rendimiento típico de salas de ordeña seleccionadas.

<i>Tipo de sala de ordeño</i>	<i>Número de unidades de ordeño</i>	<i>Número de plazas</i>	<i>W RT (minutos)</i>	<i>Vacas ordeñadas por hombre-hora</i>
En batería	4	8	2.0	30
En espiga	4	8	1.5	40
En espiga	10	10	1.0	60
En espiga con ACR	16	16	0.8	75

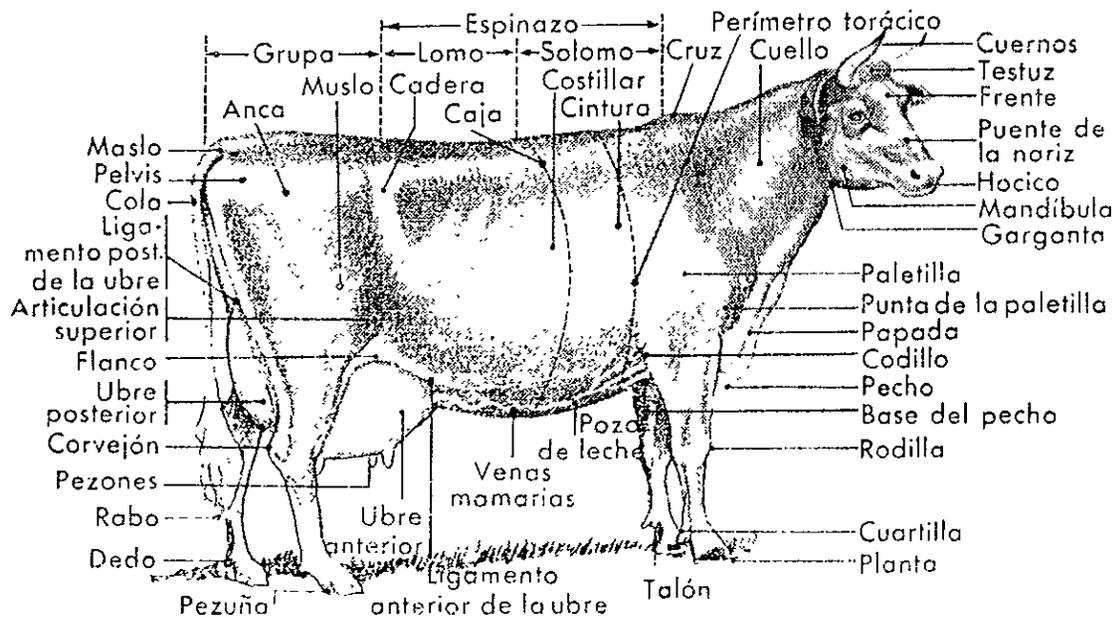
5.4 SISTEMA DE ORDEÑA AUTOMATIZADO.

En esta parte del capítulo se mostrarán los criterios de selección del ganado lechero, los componentes de un sistema de ordeña automatizado y los aspectos a considerar en la selección de un equipo de este tipo, basándose en la información proporcionada por los capítulos anteriores. Además se presenta la patente de un sistema automatizado de ordeña (ver apéndice # 4) en el cual se muestran en detalle los sistemas de localización y colocación así como su funcionamiento.

5.4.1 Criterios de selección y características generales de la vaca lechera.

La vaca lechera es el medio productor así que es muy importante conocer su estructura externa la cual se muestra en la fig.5.12 con el fin de poder identificar en la tabla de puntuación (tabla 5.6) de una manera más fácil las características corporales ahí mencionadas. Esta tabla evalúa y califica las partes de una determinada vaca para seleccionarla o no como apta para la producción.

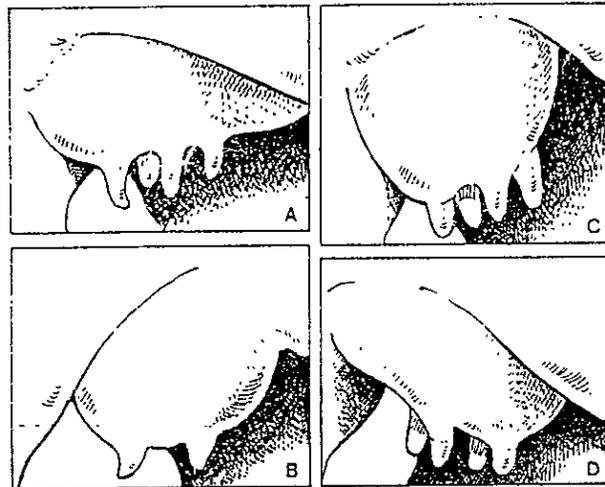
Fig.5.12. Las partes de una vaca lechera



La forma de la ubre y pezones de los animales es un factor importante tanto en la evaluación del animal apto para la producción como en el diseño y selección de un AMS ya que varían de una a otra vaca, así como antes y después de la ordeña (por ejemplo la distancia entre los pezones). En la fig.5.13 se muestran algunas de las formas de ubres más comunes.

Fig.5.13. Tipos de ubres:

A. caja; B. bola; C. colgante; D. escalonada



Una de las razas preferidas por los ganaderos es la vaca Friesian de origen Holandés ya que es una raza con buenas características lecheras, tienen una alta producción anual, y se adaptan a climas templados y terrenos diversos.

Tabla 5.6. Tabla de puntuación para ganado lechero (Revisada y aprobada por The American Dairy Science Association, 1971). Las características ideales de tipo y raza deben considerarse al aplicar la terminología de esta tarjeta. A= puntuación parcial; B= puntuación perfecta.

	A	B
1. APARIENCIA GENERAL. Individualidad atractiva, aspecto vigoroso, feminidad en armoniosa correlación con todas sus partes, estilo impresionante y porte atractivo con un andar gracioso.		30
CARACTERÍSTICAS DE LA RAZA. CABEZA - de longitud media y bien formada; hocico ancho con fosas nasales grandes y abiertas; quijada fuerte e inclinada;ojos grandes y brillantes; frente amplia entre los ojos y moderadamente deprimida; puente de la nariz recto orejas de talla mediana y erectas PALETAS DE LOS HOMBROS se unen suavemente contra la pared del pecho y la cruz para formar una unión perfecta con el cuerpo. ESPALDA fuerte y recta ;con vertebras bien definidas. LOMOS amplios, fuertes y casi nivelados.	12	
GRUPA larga y ancha; línea superior nivelada desde el lomo hasta la base de la cola .CADERAS anchas, más o menos niveladas lateralmente con la espalda libre de tejido excesivo ANCAS separadas. HUESOS traseros separados y ligeramente más bajos que Las caderas; bien definidos BASE DE LA COLA ligeramente arriba y situada exactamente entre los huesos traseros . COLA larga y delgada con una borla bien balanceada.	10	
PIERNAS TRASERAS casi perpendiculares desde las corvas hasta el talón. Vistas desde atrás las patas se ven abiertas y casi rectas.Tendones bien definidos. Falanges o talones de longitud media y fuertes. Corvas limpiamente moderadas PATAS cortas y bien redondeadas, con parte de atrás profunda y parejas abajo	8	
2. CARÁCTER LECHERO. Viveza, aspecto anguloso, libre de exceso de tejido, rendir bien en el período de lactancia. CUELLO largo y delgado, unido suavemente con los hombros y la cruz; garganta y papada de corte limpio. CRUZ bien definida y bien formada, con vertebras dorsales levantadas ligeramente sobre los hombros. COSTILLAS ampliamente separadas. El hueso ancho, plano y largo. IJAR profundo, arqueado y refinado. MUSLOS curvados a planos; separados al verlos desde atrás dando suficiente espacio para la ubre y sus uniones PIEL de espesor medio, suelta ta y flexible, pelo fino.		20
3. CAPACIDAD CORPORAL Relativamente grande en proporción a la talla del animal,permitiendo amplia capacidad digestiva, fuerza y vigor. CAJA profunda fuertemente sujeta, costillas separadas y bien encorvadas; la profundidad y el ancho, tendiendo a aumentar hacia la parte trasera del vientre. GRAN PERÍMETRO torácico resultante de costillas delanteras	20	
4. SISTEMA MAMARIO Ubre espaciosa, unida firmemente, bien llevada y de buena calidad, indicadora de alta producción y de largo período de actividad. UBRE - CAPACIDAD Y FORMA, larga, ancha y de profundidad moderada.Bien extendida hacia adelante, regularmente pareja abajo. Unión alta y ancha. Cuartos uniformemente balanceados y simétricos. Textura suave, lisa, bien contraída después del ordeño. PEZONES uniformes, de conveniente longitud y tamaño de forma cilíndrica, sin obstrucciones, rectos o perpendiculares. VENAS MAMARIAS largas, sinuosas, prominentes y ramificadas, con pozos lecheros numerosos. Venas numerosas en la ubre y perfectamente definidas.	12	
	8	30
		25
	5	
TOTAL		100

Características generales de la vaca de raza Friesian.

Peso corporal: 600 Kg

Altura a la cruz: 1.35 m

Distancia de hombros a la cola: 1.62 m.

La ubre tiene un peso de entre 30 a 50 Kg.

El grosor de los pezones es de 10 a 20 mm y su longitud varía de 40 a 70 mm.

El ancho de la vaca es en promedio de 800 mm.

Su longitud promedio es de 2600 a 2900 mm desde el hocico hasta la parte trasera, sin incluir la cola.

La densidad de la leche se estima en 1000 Kg/m³.

5.4 2. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ORDEÑA AUTOMATIZADO.

En esta parte del trabajo se describen las partes del equipo que existen comercialmente, y después se darán criterios para la selección de un AMS.

Las partes de las que se dispone comercialmente son:

- Retirador automático con programado electrónico.
- Spray eléctrico para desinfección de pezones con pistolas atomizadoras.
- Bandejas de lavado automáticas.
- Medidor de leche de precisión.
- Sistema de identificación de la vaca.
- Comederos automatizados.
- Control en línea de las vacas.
- Sistema de manejo y administración del rebaño por computadora.
- Sensores para medir la conductividad eléctrica de la leche.

Los siguientes componentes no se encuentran disponibles comercialmente por separado, pero si como dispositivos que conforman al AMS.

- Localización de los pezones y colocación de las pezoneras por medio de un robot.
- Sistema de secado de los pezones después del lavado.
- Sistema de apertura-cierre de las puertas del cubículo de ordeña.
- Sistema de despunte y selección de leche de vacas sanas.

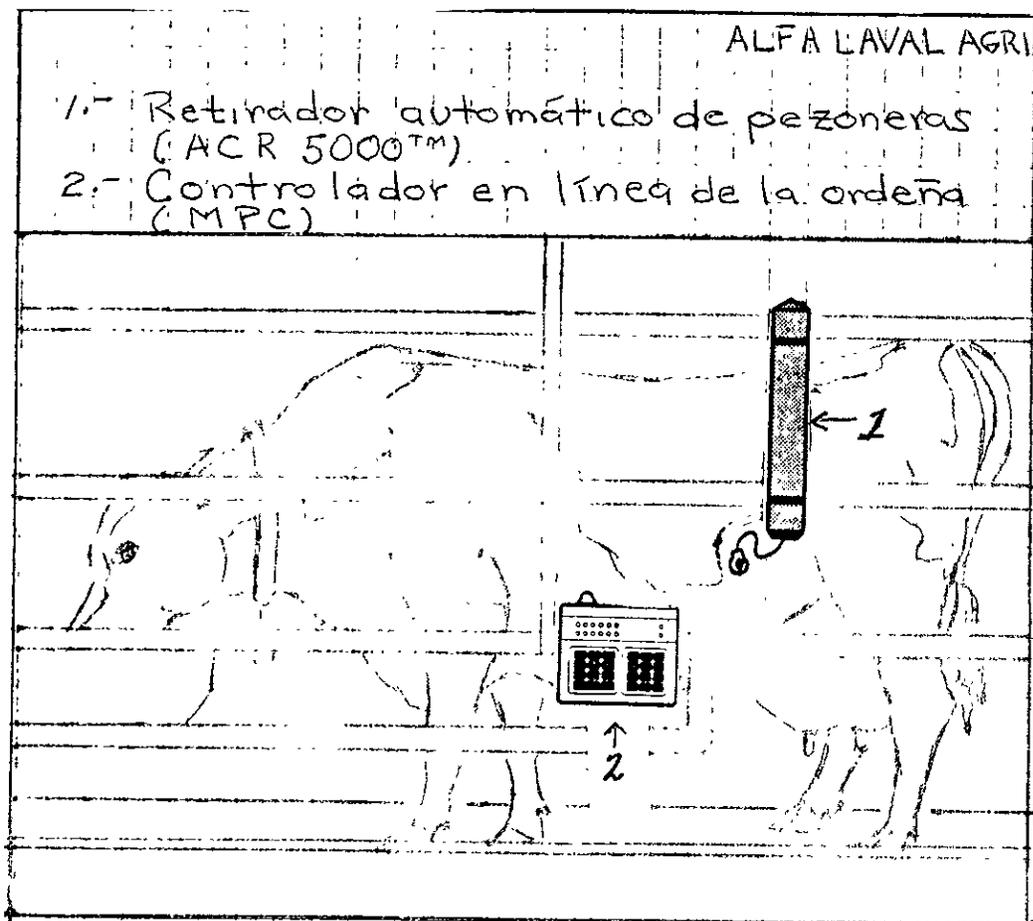
5.4.2.1 COMPONENTES COMERCIALES DE UN AMS.

1.-Retiradores automáticos de la unidad ordeñadora

Su objetivo es retirar automáticamente las pezoneras y el sifón por medio de una cuerda que esta instalada en un cilindro que contiene los mecanismos y la electrónica necesaria para realizar esta actividad. El retirador automático contiene hardware para los circuitos electrónicos que registra el flujo de la leche de la ubre. Cuando la leche de cada cuarto deja de fluir, el vacío es automáticamente apagado. Cuando una vaca es exprimida, la unidad completa es desprendida y retirada por debajo de la vaca.

Otros modelos de retiradores automáticos (fig.5.14) funcionan por medio de un sistema controlado por vacío utilizando un sensor de flujo controlado por flotador y son programables ya sea desde una PC o en la misma sala de ordeña, estas unidades pueden ser instaladas en casi todo tipo de sala de ordeña. El sensor proporciona un control exacto de flujo. El pulsador se para en cuanto se retira la unidad de ordeño, lo que reduce el ruido en la sala y prolonga la vida de los pulsadores. Las posibilidades de contraer mastitis se reduce ya que las vacas son ordeñadas completamente.

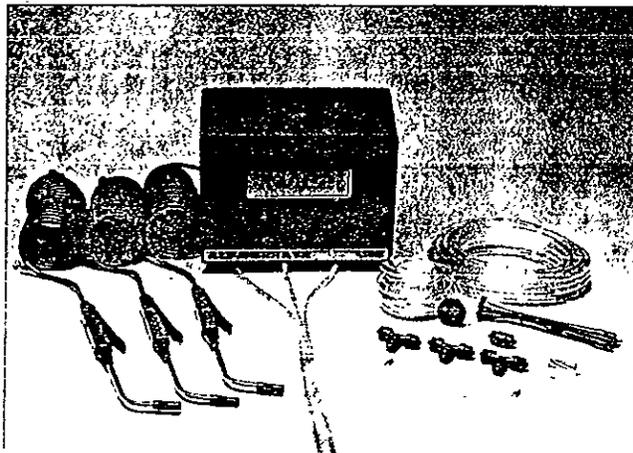
Fig.5.14. Retirador automático programable (ACR 5000. Alfa Laval).



2.-Sistema de desinfección de los pezones después de la ordeña.

Los pezones se desinfectan después de la ordeña por medio de un sistema que se compone de una bomba de diafragma operada por vacío, 3 unidades aplicadoras extensibles con un equipo de acoplamiento e instalación, y pistolas atomizadoras ajustables. Este tipo de sistemas es susceptible de automatizarse fácilmente.

Fig. 5.15. Sistema desinfección de pezones (AlfaLaval Spray™)



3 - Distribuidores de alimento automáticos:

Los distribuidores automáticos (fig.5.16) se dividen en distribuidores gravimétricos (son aquellos que miden el peso del alimento) y en distribuidores volumétricos (son aquellos que miden la cantidad de alimento). En esta parte se mencionaran únicamente éstos últimos ya que son los que se utilizan con mayor frecuencia en los establos.

Distribuidores volumétricos

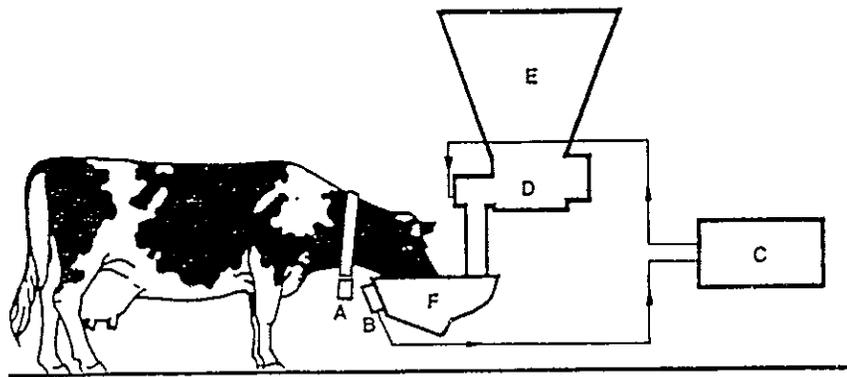
Los tipos de distribuidores volumétricos son: de tornillo sinfín o hélice, los de plato pivotante, y los rueda con celdas rotatorias, entre otros.

Ventajas: Calibración sencilla, facilidad de mantenimiento y refacciones disponibles.

Desventajas: Menor precisión que los distribuidores gravimétricos y requieren calibración constante.

Distribuidores de tornillo sinfín o hélice. El funcionamiento de este tipo de distribuidores es el siguiente: El alimento que se encuentra en la tolva es movido por medio de un tornillo sinfín o hélice que se encuentra acoplado a una catarina con un dispositivo de rueda libre la cual es rotada por medio de una cadena que se encuentra conectada en uno de sus extremos a una barra que es accionada ya sea por un pistón neumático (para este caso la cantidad del alimento es regulada cambiando el tamaño de la barra conectora) ver fig. 5.17, o por un motor eléctrico de 12-15 V CD (fig.5.18) donde la cantidad de alimento es regulada por una caja de velocidades de un parabrisas.

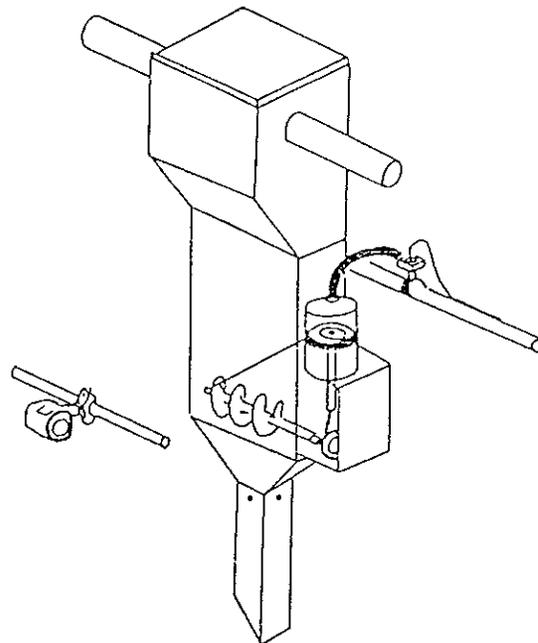
Fig. 5.16. Ubicación de los distribuidores de alimento (letra D) dentro del sistema de alimentación automática.



A	Transponder
B	Transmitter/Receiver Unit
C	Central processing unit
D	Feed dispenser
E	Feed hopper
F	Manger

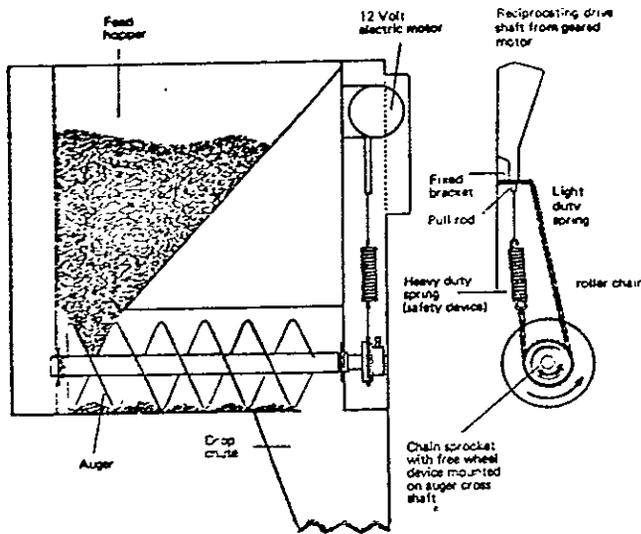
Typical out-of-parlour feeder (*Alfa Feed*).

Fig.5.17 Distribuidor de alimento neumático



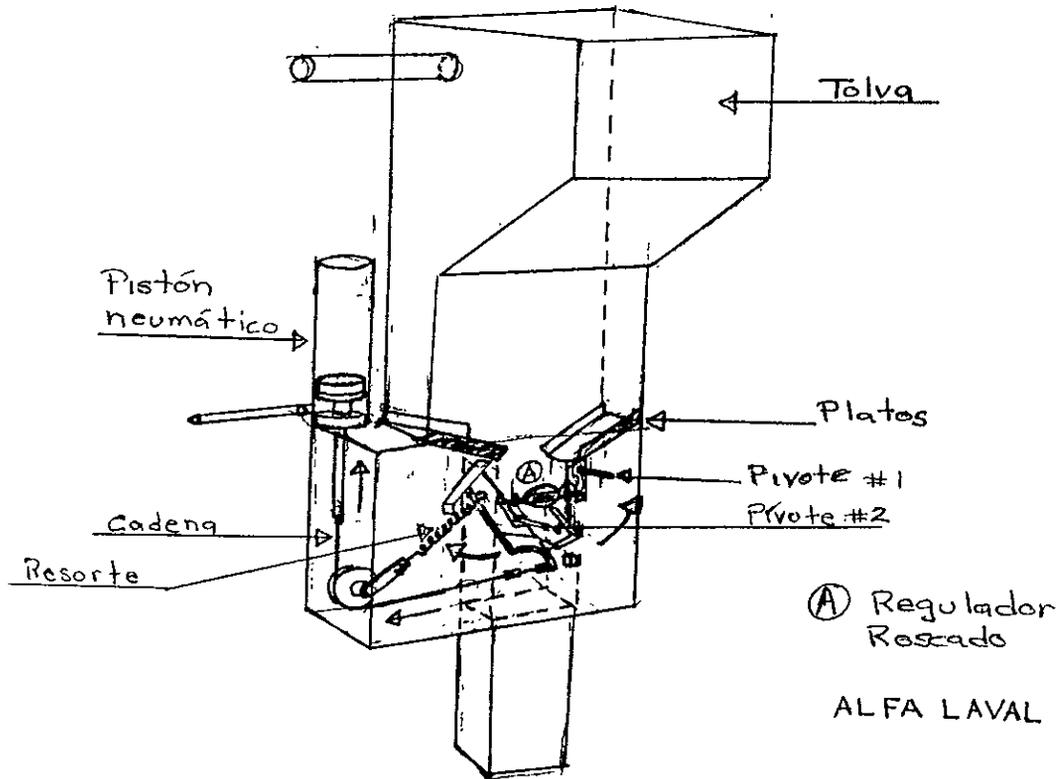
Pneumatic auger feed dispenser (*Alfa Laval*).

Fig.5.18. Distribuidor de alimento eléctrico



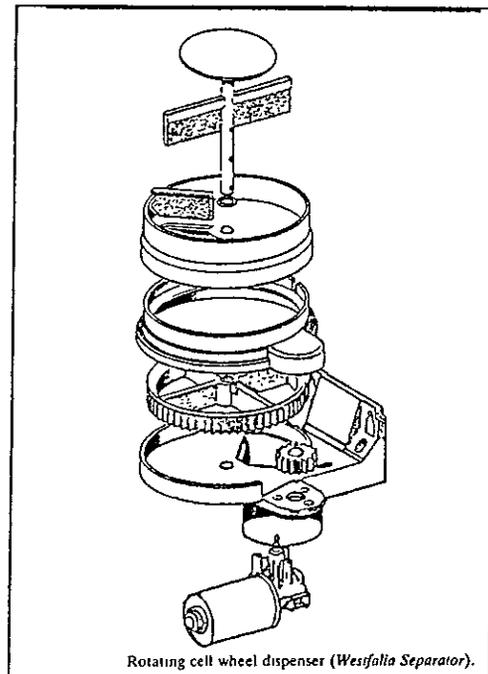
Distribuidor de plato con dispositivo de retención pivotante. Este tipo de distribuidor automático (fig. 5.19) apareció en 1990; su funcionamiento es el siguiente: Este tipo de dispositivos permite el paso del alimento de la tolva al comedero por medio de dos platos interconectados a un regulador roscado (con el cual se puede ajustar la cantidad de alimento), a una serie de mecanismos (dos pivotes y un resorte) y a una cadena que se encuentra conectada a un pistón neumático, el cual al suministrarse vacío hace que los platos se aparten entre ellos a una distancia predeterminada por el regulador, y cuando se corta el vacío éstos regresan a su posición de cerrado gracias al resorte.

Fig.5.19. Distribuidor de plato con sistema de retención pivotante.



Distribuidor de ruedas con celda rotatoria. Este distribuidor (fig.5.20) consta de un disco de distribución de alimento multisegmentado que incorpora dientes a lo largo de su perímetro el cual es accionado por un engrane y éste a su vez es activado por un motor eléctrico CD. Su funcionamiento consiste en la rotación del disco conjuntamente con paletas que se ubican en su interior, las cuales mueven el alimento hasta llegar a un hueco en la base del distribuidor para permitir la salida de éste. No existe ajuste para la unidad de conteo del alimento aparte de cambiar las ruedas con celdas, las cuales proveen de 60 g o 100 g de concentrado por impulso del mecanismo del alimentador.

Fig.5.20. Distribuidor de rueda con celda rotatoria.

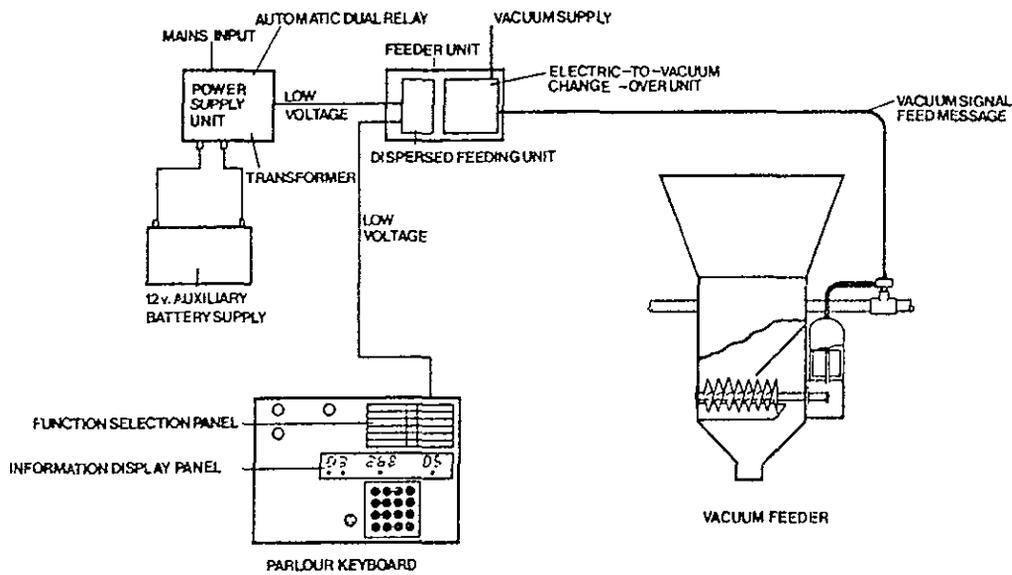


Control de los distribuidores de alimento

El sistema semiautomático (fig.5.21) usa un sistema llamado memoria de alimentadores, en el cual el operario tiene que identificar a la vaca pulsando en un tablero la secuencia de actividades y presionar el botón del alimentador, la unidad va marcando automáticamente las actividades hasta que halla la del alimentador y entonces es activado. Por ejemplo para activar el retirador automático, el operario primero presiona en el tablero el botón de memoria con el fin de conocer los datos referentes al tiempo de ordeña de una vaca determinada, luego transfiere estos datos al menú del retirador y por último coloca a la vaca la unidad ordeñadora conjuntamente con éste, el cual se activará en el tiempo programado.

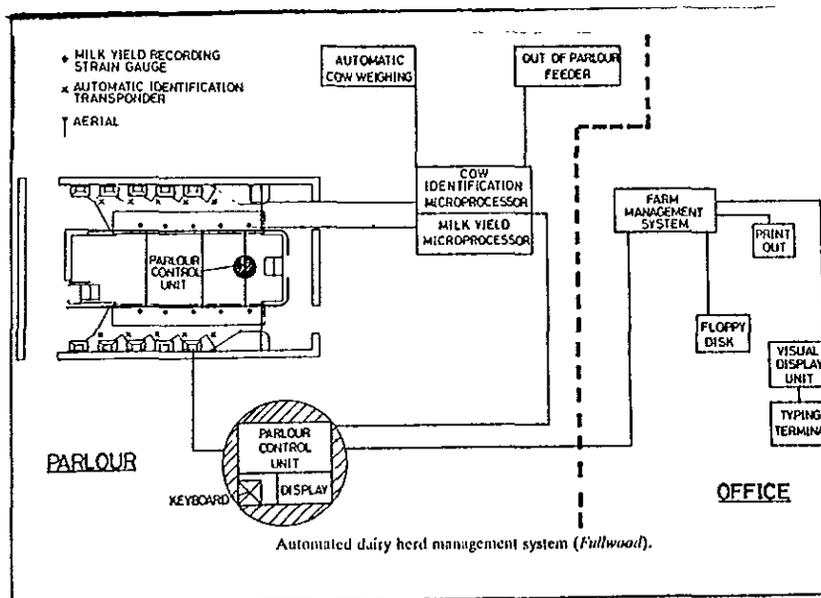
El sistema totalmente automatizado (fig.5.22), reconoce automáticamente a las vacas cuando estas entran a la sala por medio de un transmisor que es llevado en el collar o en una cinta colocada en la oreja y cuyas distancias de detección son de 150 mm y de 460 mm respectivamente; su funcionamiento es el siguiente: cuando el transmisor entra al radio de operación de un receptor, éste se energiza por medio de una frecuencia de radio y el código de identificación es transmitido hacia un control computarizado, identificando en consecuencia a la vaca. La identificación de las vacas por medio del transmisor de collar tiene una eficiencia del 87.6% mientras que el transmisor colocado en la oreja tiene una eficiencia del 93.5%. (University of Illinois, EE.UU.). Los transmisores funcionan por medio de baterías las cuales duran aproximadamente 5 años.

Fig.5.21. Sistema semiautomático de alimentadores



(Alfa Laval).

Fig.5.22. Sistema totalmente automatizado



A continuación se muestran algunos aspectos del programa ALPROWindows (Alfa Laval Agri), el cual es un paquete de computo para el manejo de rebaños. El programa trabaja con la base de datos del procesador ALPRO v.4.2 que contiene la siguiente información:

Funciones fisiológicas de las vacas.

Calendario de partos.

Datos de alimentación individual.

Cálculo de la cantidad de forraje.

Datos de ordeña individual.

Estado de la vaca.

Listados estándares y listados definidos.

Selección.

Funciones de alarma.

Mensajes de atención: Alarma de alimentación, baja producción.

Fecha primer celo.

Fecha de inseminación.

Fecha comprobación de inseminación.

Fecha de control de preñez.

Fecha inicio secado (es cuando la vaca ya no tiene leche).

Fecha inicio preparación (es cuando a la vaca se le deja de ordeñar antes del parto).

Fecha de parto.

Este tipo de sistemas requiere de una PC, IBM AT, PS/2 ó 100% compatible, sistema operativo MS-DOS versión 3.3 o posterior, Microsoft Windows versión 3.1 o posterior, microprocesador 80286,80386 o superior, 4 Mb RAM, puerto de comunicación en serie para conectarlo al procesador ALPRO, monitor a color (EGA, SVGA o UVGA) y un espacio mínimo del disco de 1 Mb. Algunas de las funciones de este programa han sido colocadas en el apéndice # 3 con el fin de explicar su funcionamiento y utilidad en el manejo del rebaño.

5.4.3 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA LA SELECCIÓN DE UN AMS.

Aspectos a considerar para el robot ordeñador en cuanto a su selección:

-Al seleccionar un robot ordeñador se debe evitar adquirir aquellos que localizan los pezones por la parte posterior ya que es punto ciego de la vaca (es decir que no pueden ver esa parte de su cuerpo) y en consecuencia le causan incomodidad, lo que a su vez ocasiona una baja en la producción.

-Se sugiere que el robot realice los movimientos que el operario realiza en un sistema convencional de ordeña, es decir que se coloque por el costado del animal, y ubique los pezones por esta parte

-Se sugiere escoger equipos AMS cuyo robot ordeñador pueda utilizarse para más de un cubículo, el cual solamente realizará la localización de los pezones (cada cubículo deberá tener su propio mecanismo para colocar las pezoneras) para evitar cuellos de botella al depender estos de un sólo robot localizador-colocador.

-El mecanismo colocador no debe salir del piso ya que es un área donde se acumula más suciedad.

Para el sistema de lavado y secado de los pezones se deben observar los siguientes aspectos:

-En el AMS se debe evitar el uso de aspersores automáticos, ya que al estar cerca de componentes electrónicos puede causarles desperfectos así como un mayor deterioro a los componentes tanto comerciales como de diseño. En caso de usar aspersores automáticos estos deberán estar en una sala anterior al cubículo de ordeña automatizada.

-Se debe observar que el sistema de lavado se encuentre contenido en el mecanismo de colocación, y que funcione con cepillos de cerda suave con chorros de agua tibia a presión moderada para evitar inhibición de la excreción de leche en la vaca o nerviosismo, con lo cual se puede ahorrar más agua que con un aspersor automático.

-El sistema debe desinfectarse automáticamente, ya sea por inmersión o auto lavado, antes de volver a usarse.

-Los componentes del sistema de secado pueden ser rodillos de papel o toallas suaves que se adapten a la anatomía de la ubre y pezones.

-El sistema de secado debe ser fácil de limpiar y tener gran resistencia a la humedad constante.

-Ambos sistemas deberán ser retráctiles, es decir que se retiren a su posición inicial al concluir su actividad principal, con el objeto de no afectar las actividades subsecuentes como son la localización y la colocación de las pezoneras.

En la selección de un AMS se debe verificar que éste tenga los dispositivos adecuados para medir la conductividad eléctrica de la leche de cada uno de los pezones ya que con esto se detecta la mastitis y otras enfermedades transmisibles al hombre además deberá tener un mecanismo para separar la leche enferma de la sana.

Finalmente se darán consideraciones importantes y generales para la selección del cubículo de ordeña:

- El cubículo debe de ser compacto en su diseño y ser portátil ya que con esto se facilita su transporte e instalación. Deberá tener un ancho adecuado (es decir un rango zoométrico de entre 800 a 1000 mm) para evitar que las patas posteriores se expandan demasiado durante la ordeña.
- El cubículo debe tener las puertas de entrada y salida en una de las caras laterales del mismo, ya que las vacas prefieren trayectorias semicirculares para desplazarse, evitándose aquellos que tengan puertas en las caras frontales y traseras del cubículo debido a que las vacas sufren de confusión al desplazarse en pasillos rectos.
- El equipo debe tener en la cara frontal un distribuidor automático de alimento para que la vaca consuma el concentrado con el fin de entretenerla mientras se le ordeña. La parte posterior del cubículo debe tener una placa protectora con el fin de evitar patadas y pisotones a los operarios así como salpicaduras de estiércol.
- El piso del cubículo podrá ser de placa de acero inoxidable troquelada ya que esta provee una fricción media, durabilidad y resistencia al ambiente de la sala de ordeña. Debe observarse que el piso tenga un foso con rejilla de protección para el excremento con el fin de facilitar la limpieza del cubículo.
- Todo el sistema debe estar sincronizado y controlado por un sistema de computadoras las cuales deberán estar en un cuarto fuera de la sala de ordeña y del establo, para evitar que se dañen con el ambiente imperante en dichos lugares.

CONCLUSIONES

Considerando la importancia alimentaria, para el ser humano, que tienen los animales se concluyó que además de denominar una disciplina (ergozootecnia) con la cual se definan los parámetros de su explotación, es necesario definir líneas de investigación que integren dichos parámetros y así obtener diseños que brinden comodidad al animal y al usuario, con el fin de incrementar la producción.

Una de las pérdidas económicas considerables es ocasionada por cojeras, y estas dependen en gran medida de las características de los pisos. Las características de los pisos para ganado vacuno de explotación lechera difieren entre un país y otro, por esto se concluyó que la definición de pisos en México es un nicho tecnológico.

A través de este trabajo se observó que la expansión de los establos no ha sido sistemática por lo que muestran deficiencias en su distribución, en su estudio de movimientos y actividades y se concluyó que una redistribución de éstos representa una oportunidad de desarrollo tecnológico. Además el equipo para la evaluación de pisos es de diseño y manufactura sencilla así como el conocimiento tecnológico para su uso esta basado en conocimientos elementales, con lo cual se concluye que en México si se pueden construir esta clase de equipos.

Aunque los sistemas automatizados de ordeña (AMS) mejoran considerablemente la calidad sanitaria de la leche, adecuan el proceso de ordeña a la fisiología de la vaca, brindan disponibilidad al proceso e incrementan la producción, se concluye que su uso, en México, es innecesario debido a que existe mano de obra excedente.

APÉNDICE # 1

CONFERENCIA: ERGONOMÍA EN EL USO DE BEBEDEROS Y SU
APLICACIÓN EN PROBLEMAS CLÍNICOS DE CERDOS.

**PRIMER CONGRESO NACIONAL DE ETOLOGÍA VETERINARIA SOMEV, A.C.
6 y 7 de Noviembre de 1997**

**ERGONOMÍA EN EL USO DE BEBEDEROS Y SU APLICACIÓN EN LA
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS CLÍNICOS Y CONDUCTUALES EN CERDOS**

M. Alonso Spilsbury y R. Ramírez Necoechea

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Dpto. Producción Agrícola y Animal.
Area Ecodesarrollo de la Producción Animal. Calz. del Hueso 1100. Col. Villa Quietud. México,
D.F. 04960. Tel y Fax 723-5535. e-mail: marilu@cueyatli.uam.mx

El uso de bebederos en la producción porcina se ha venido desarrollando desde hace ya más de tres décadas. Los primeros bebederos consistían en piedras con oquedades, cubetas, piletas, etc. A medida que la producción se intensificó, se buscó la forma de hacer llegar el preciado líquido de la forma más rápida y económica posible mediante el uso de bebederos fáciles de limpiar, de acero inoxidable, con ajustes en la altura y el ángulo de colocación, y con formas más convenientes (*e.g.* de chupón, de mordida o de taza). Sin embargo, hoy en día el uso de bebederos sigue dando dolores de cabeza a los productores.

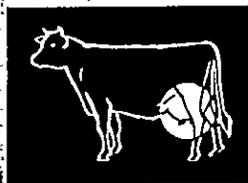
La mayoría de los bebederos han sido diseñados mediante la prueba de ensayo y error, generalmente no se toma en cuenta el estado fisiológico-productivo del cerdo, es decir, si el animal está gestante, lactante o en crecimiento, ni la talla del animal, el consumo diario de agua, los factores climáticos (*e.g.* temperatura ambiental), la presión y el flujo de agua, el cambio de animales de un corral a otro, donde la altura o el tipo de bebedero son distintos, ni mucho menos la conducta de los animales (*e.g.* presupuestos de tiempo en beber y hábitos de defecar y orinar).

Evaluaciones de campo nos han permitido detectar problemas asociados al mal uso de bebederos que van desde el bajo consumo de agua por parte de los animales, presentando problemas tanto infecciosos (*e.g.* pielonefritis, cistitis), como metabólicos (*e.g.* intoxicación por sal), conductuales (*e.g.* agresión y mordedura de cola) y productivos (*e.g.* disminución en el crecimiento de los animales destetados y finalizados), hasta un exagerado desperdicio, que hoy por hoy es de gran importancia considerando no sólo el aumento en los costos por agua sino también el problema ecológico y económico que la eliminación de aguas residuales ocasionan.

Durante la plática haremos mención a cada uno de los factores mencionados haciendo énfasis en la necesidad de mayor información etológica y zoométrica de los animales con el fin de establecer estándares de acuerdo al clima, edo. fisiológico del animal y tipo de bebedero para que su utilización sea más eficiente en las granjas de producción porcina intensiva.

APÉNDICE # 2

PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR EL NIVEL DE VACÍO Y DE FLUJO DE AIRE PARA MÁQUINAS DE ORDEÑA



N.M.C.

NATIONAL MASTITIS COUNCIL

PROCEDURES FOR EVALUATING VACUUM LEVELS AND AIR FLOW IN MILKING SYSTEMS

NMC MACHINE MILKING COMMITTEE - 1996

These procedures deal with the proper evaluation of vacuum levels and air flows in a milking system. The objectives are to minimize differences in vacuum levels throughout the system, to optimize the efficiency of vacuum regulation, and to compare the measured vacuum characteristics with the broad guidelines commonly accepted in the USA. It is desirable to maintain the system within ± 0.6 " Hg of the intended set point throughout milking: at the regulator, in or near the receiver, and in the milkline.

The order in which these tests are carried out is not critical. For example, some people like to start with static pulsation tests (# 7) while the vacuum pump warms up. Whatever the order of testing, the vacuum pump should run for at least 10 minutes before air flow measurements are made.

This is not a complete milking system evaluation manual. For example, it does not deal with the evaluation of operators and their milking procedures which are critical to the successful operation of milking systems. It is also important for everyone to realize that there are many reasons to suggest changes in the configuration of a milking system. Here are several reasons:

- a. Improve mastitis control.
- b. Improve milking performance (speed /completeness of milking).
- c. Decrease power/energy consumption.
- d. Decrease wear on pump components (by operating at lower vacuum levels).
- e. Decrease dirt going through regulator.
- f. Aesthetic or cosmetic reasons.

All levels and values used in this form are guidelines and not standards. The standards for performance, which are set for both optimal (for newer systems) and minimal (for all systems), are being developed by ASAE. (See ASAE S-518).

UNITS OF MEASUREMENT:

Vacuum: 1 inch of Mercury ("Hg) = 3.38 kiloPascals (kPa)

Air flow: 1 cubic foot per minute (CFM) of atmospheric air (also referred to as ASME or free air) = 28.3 Liters / minute.

PROCEDURES

1. SYSTEM VACUUM DIFFERENCES (See Step 1 on the Milking System Evaluation Form)

Measure system vacuum by attaching an accurate gauge to an area of quiet air. (See Appendix 1) These measurements indicate the vacuum differences within the system, and the vacuum drop in the main airline and fittings, under the varying air flow conditions specified in Step 1. The regulator is connected and working during these tests, and all teat cups are plugged and operating to mimic milking conditions as closely as possible. Using an accurate test gauge:

- a) Measure working vacuum at the receiver jar, at the regulator (or its sensor), in the pulsator airline furthest from vacuum source, and at the pump inlet. In weigh jar systems, measure the working vacuum in the vacuum supply hose to the first weigh jar, preferably on the opposite side of the parlor from the air flow meter connection point.
- b) Open one milking unit and hang it upside down to simulate a unit fall off and repeat measurements given in step 1a. To minimize measurement errors due to high air speeds, avoid opening a milking unit on the same milkline slope where the working vacuum is being measured.
- c) For systems with more than 32 units, open two units and repeat measurements from step 1a. To minimize measurement errors due to high air speeds, avoid opening a milking unit on the same milkline slope where the working vacuum is being measured.

NOTE: For systems up to 32 units with two receivers, Step 1c should be carried out by opening one milking unit for one receiver. Record the results. Then open one unit on the other receiver and record the results. For systems with more than 32 units per receiver, open two units on one receiver and record the results. Then open two units on the other receiver and record the results

1. SYSTEM VACUUM DIFFERENCES (Circle differences which exceed guidelines)	VACUUM (" Hg.) AT:				
	RECEIVER (Rec Vac)	REGULATOR (or sensor, if remote)	VACUUM PUMP (Pump Vac)	PULSATOR AIRLINE (Far End)	FARM VACUUM GAUGE
1a) Cups Plugged					
b) One Milking Unit Open (Mimic Fall Off)					
c) Two Milking Units Open (Mimic 2 Fall Offs with 32 units or more)					

INTERPRETATION OF DATA:

- i) Approximate settings for the Farm Vacuum Gauge in Step 1a are:

Highline (No Automation)	14.0 - 15.0 " Hg
Center Mount Weigh Jars	13.5 - 14.5 " Hg
Low Line (Direct to Milk Line)	12.5 - 13.5 " Hg

If fine tuning is required, the regulator vacuum can be set to whatever vacuum level is required to provide an average claw vacuum within the range 10.5 to 12.5" Hg during the peak milk flow rate period of a representative group of the cows in the herd (See Step 8c).
- ii) The difference in vacuum level between pump inlet and receiver in Step 1a should not exceed 0.6"Hg. Greater differences in the readings, indicating greater pressure drops, result in decreased CFM at receiver. Greater pressure drops are influenced by small line sizes, too many tees or elbows, or unreasonably high air flow.
- iii) The difference in vacuum level between receiver and regulator in Step 1a should not exceed 0.2"Hg. Similarly, this difference should not exceed 0.2" Hg in Step 1b or c. Greater differences in the reading indicate higher pressure differences which restrict controller performance because of either improper location, or excessive restrictions in pipelines and fittings between the receiver and regulator.
- iv) All systems should have sufficient reserve air flow to cope with at least one unit fall-off. Therefore, vacuum at the receiver should not fall more than 0.6" Hg (2 kPa) with one unit open. Compare Rec Vac between 1a and b. For systems with more than 32 units, compare 1a and c.
- v) The mean vacuum level in the far end of the pulsator airline should not differ by more than 0.6" Hg from the receiver vacuum.

2. EFFECTIVE RESERVE and MANUAL RESERVE (Measured 0.6" Hg below Rec Vac)

a) **EFFECTIVE RESERVE** (Regulator in and operating, units plugged and operating)

This test determines how much reserve pump capacity is available during milking to cope with the "unplanned" air which is admitted through the teat cups when the units are applied or removed, when teat cups slip or fall, or if clusters are kicked off. The test assumes that a vacuum drop of 0.6" Hg (2 kPa) below the stable vacuum level in the receiver is an acceptable drop which is sufficient to allow the regulator to close.

An air flow meter (AFM) is connected at or near the receiver on pipeline systems or to the vacuum supply line for weigh jar systems (See Appendix 2 and 3). The AFM is opened gradually until the receiver vacuum drops 0.6" Hg. The air flow reading on the AFM is recorded as the **EFFECTIVE RESERVE**.

For systems with two receivers, the EFFECTIVE RESERVE should be measured with two AFM's, one on each receiver, and each admitting approximately 50% of the total air flow.

EFFECTIVE RESERVE _____ CFM

b) **MANUAL RESERVE** (Regulator not operating, units plugged and operating)

Measure Manual Reserve at the same location and under the same conditions as for Effective Reserve but with the regulator out of action. As a safety precaution, open the AFM wide before putting the regulator out of action. Disable the regulator so that it stays closed (See Appendix 4 for details). Measure air flow at the same vacuum level as Effective Reserve (0.6" Hg below operating system vacuum).

MANUAL RESERVE _____ CFM

c) **REGULATION EFFICIENCY**

The Regulation Efficiency is calculated by dividing the Effective Reserve (ER) by the Manual Reserve (MR).

REGULATION EFFICIENCY $(ER / MR) \times 100$ _____ %

As a practical guideline, Regulation Efficiency should be 90% or greater. If percentage is below 90%, then the vacuum change near the regulator, or its sensor, should be measured to determine the reasons for low efficiency of vacuum regulation as described in Step 2d.

d) **TEST TO DETERMINE THE CAUSE OF LOW REGULATION EFFICIENCY (if efficiency was less than 90% in Step 2c)**

If the system is properly plumbed, the regulator should sense at least 2/3 (0.4" Hg) of the vacuum drop of 0.6" Hg which was applied at the receiver. Therefore, a vacuum drop of 0.4" Hg or more should be measured at the regulator when the receiver vacuum is lowered by 0.6" Hg for the measurement of Effective Reserve.

If the vacuum change near the vacuum regulator is less than 0.4" Hg, then the plumbing is not adequate for the pump capacity, the system has too much pump capacity, or the vacuum regulator is located too far from the sanitary trap. For maximum regulator sensitivity to changes in milkline vacuum, the regulator (or its sensing tube) should be located as close to the sanitary trap as possible in systems with milklines. In weigh jar systems, the regulator should be mounted on the airline that supplies milking vacuum to the top of the weigh jars.

If the vacuum change near the regulator is 0.4" Hg or more, then low regulation efficiency is due to an inefficient regulator (dirty, faulty, or poorly designed), or the regulator is incorrectly matched to the size of the vacuum pump. Note that one particular type of regulator has its own air flow requirement for air lubrication (See Appendix 4).

3. AIR USED BY SYSTEM COMPONENTS (Measured at Rec Vac)

Start these tests with regulator out of action, units plugged and operating, and the system controlled at the pre-determined vacuum level at the receiver (Rec Vac from Step 1a) by adjusting the air flow meter (AFM).

- a) Determine the air flow at Receiver (or vacuum supply line for weigh jars)
Air flow meter reading at Rec Vac _____ CFM
- b) **Pulsators** - Disconnect or switch off pulsators. Re-adjust the AFM to the vacuum at the receiver (Rec Vac) and note the new air flow reading. The change in AFM reading compared with step 3a is the air used by the pulsation system.
AFM reading without pulsators _____ CFM
Air used by pulsation system (3b - 3a) _____ CFM
A typical value is 0.75-1.5 CFM per pulsator. Check manufacturer's specifications.
- c) **Milking units** - Disconnect or isolate the milking clusters from the vacuum system. Re-adjust AFM to Rec Vac and record the new reading.
AFM reading without units _____ CFM
Air used by milking units (3c - 3b) _____ CFM
A typical value is 0.3-0.5 CFM per unit. Check manufacturer's specifications.
- d) **Regulator** - Remove the previously disabled regulator and plug the connection. Re-adjust AFM to Rec Vac. The change in AFM reading (3d-3c) is the air used to operate the regulator.
AFM reading w/o regulator _____ CFM
Air used by regulator (3d - 3c) _____ CFM
- e) **Other** - Deactivate ancillary equipment, such as milk meters, and re-adjust AFM to Rec Vac. The change in air flow reading compared with step 3d is the air used to operate the ancillary equipment. Compare the measured value with manufacturer's specifications.
AFM reading w/o ancillary equipment _____ CFM
Air used by ancillary equipment (3e - 3d) _____ CFM
- f) **Pump Inlet Vacuum** - With the AFM open at the same air flow and in the same position as at the end of step 3e, remove the test vacuum gauge and measure vacuum at pump inlet.
Pump inlet vacuum (PIV) _____ "Hg

4. PUMP CAPACITY (Measured at Pump with system disconnected)

Before starting the pump and connecting the AFM to the system, determine or estimate the rated pump capacity and open the AFM to equal that value.

- a) With an open air flow meter placed as close to pump inlet as possible, measure air flow at 15" Hg and refer to manufacturer's rating chart.
- | | <u>Pump 1</u> | <u>Pump 2</u> | <u>Pump 3</u> |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| Air flow at 15" Hg | _____ CFM | _____ CFM | _____ CFM |
| Manufacturer's Rating | _____ CFM | _____ CFM | _____ CFM |
- b) Adjust the air flow meter to measure air flow through the pump at pump inlet vacuum (Pump Vac from Step 3f)
- | | | | |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Air flow at Pump Vacuum | _____ CFM | _____ CFM | _____ CFM |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|

5. SYSTEM LEAKAGE (CFM of Step 4b minus CFM after completing Step 3e is the system leakage.)

AFM reading determined in step 4b _____ CFM
AFM reading determined in step 3e _____ CFM
System Leakage (4b - 3e) _____ CFM
Percent Leakage = (Leakage/4b) x 100 _____ % (Max loss should be less than 10%)

6. RECHECK RECEIVER VACUUM AND REMEASURE EFFECTIVE RESERVE.

This is done to assure the system is reconnected correctly and operating properly. This is simply a safety check.

7. STATIC PULSATOR TESTS (Recorded with teat cups plugged)

The objective of these tests is to determine if units are operating according to the manufacturer's original design specifications. Commonly accepted industry settings are given below for further guidance.

Disconnect the short pulse tube from the pulsation chamber nipple on one teatcup (for systems with simultaneous pulsation) or two teatcups per milking unit (for systems with alternating pulsation). Drain any liquid from the pulsation chambers and attach a suitable T-piece between the nipple and short pulse tube. Connect the T-piece to a suitable vacuum recorder (see ASAE EP 445) and record at least five pulsation cycles for each milking unit. Analyze according to the definitions given in ASAE 300.2 to obtain the pulsation rate, pulsator ratio, and the phases B and D for each milking unit.

Pulsation Rate: This should be repeatable from day to day and should not deviate more than +/- 3 cycles per minute from one unit to the next.

Pulsator Ratio: The ratio should not differ more than 5 percentage units from manufacturer's specifications or from one pulsator to another.

B Phase: Should be at least 30% of the cycle according to ASAE standard S-518.

D Phase: The closed phase of the pulsation cycle should not be less than 15% and not less than 150 milliseconds according to the ASAE Standard S-518. Check manufacturer's specifications. If any pulsation characteristics fall outside these guidelines, further checks by the manufacturer's representative are recommended.

VOLTAGE CHECK FOR ELECTRONIC PULSATORS

Measurement of voltage supply to electromagnetic pulsators is recommended, especially in older milking systems where wiring connections can be corroded. Maximum ("on") and minimum (normally zero) voltage should be measured with a volt meter at the output terminals of the control box, at the last pulsator stall cock, and perhaps, at any intermediate pulsators if there are concerns about the wiring integrity.

8. DYNAMIC TESTING

Accurate recordings of vacuum levels and vacuum fluctuations during milking provide the best means of demonstrating the adequacy of any milking system. The three most practical and useful sites of measurement are: in the milkline at the first or second milkline inlet, in or near the receiver (if necessary), and in the claw during milking. Vacuum at these sites should be recorded while the system is under full milk and air flow conditions, that is, while units are being attached, while all units are on cows, and then as units are detached. A vacuum recording system capable of measuring at least 90% of the true range of vacuum fluctuation should be used.

- a) **Vacuum In Milkline:** In stanchion barns, connect a suitable vacuum recorder to a convenient spare milk valve near the receiver end of the milkline. In milking parlors, slide the milk hose back about 0.5 - 1 inch from the first or second milk inlet (nearest the receiver), and insert a 16 gauge hypodermic needle through the milk hose. Remove the 16G needle and push a blunted 12 or 14G needle through the small hole in the milk hose, through the milk inlet and into the milkline. The needle should be at least 2.5 inches long to ensure proper location of the needle in the milkline, and its sharp cutting edge should be filed off so that the needle does not become blocked by cutting a "core" through the wall of the milk hose. Ensure that the open bevelled end of the needle is positioned within the top of the milkline, facing towards the receiver and, as much as possible, out of the milk stream from the milking unit to which it is attached. When these readings are completed, remove the needle and push the milk hose over the milk inlet nipple so that the puncture hole made by the needle is covered by the inlet nipple. (Note: one manufacturer provides a special milk hose adapter T-piece for this measurement).

A practical performance guideline is that the milkline vacuum should be stable, with no more than 0.6"Hg transient drop in the milkline vacuum below the receiver vacuum during normal milking conditions.

b) **Vacuum In Receiver:** If vacuum changes in the milkline (step 8a) did not exceed 0.6" Hg, it is not necessary to carry out step 8b. However, if transient vacuum changes in the milkline exceeded 0.6" Hg, then step 8b can be used to determine if the milkline fluctuations were caused by milkline slugging or by inadequacy of the vacuum regulation system. Connect a suitable vacuum recorder as near as possible to the receiver, making sure that the connection is not in the milk stream. If necessary, the connection could be made in or through the sanitary trap.

Preferably, record vacuum for 2 - 3 cycles (turns) in a parlor, or for 15 - 20 minutes in a stanchion barn. A practical performance guideline for adequate reserve air flow capacity is that vacuum in or near the receiver should not drop more than 0.6" Hg (2 kPa) below the average stable vacuum level during the course of normal milking. Also note the frequency and degree on any "overshoot" in the regulated vacuum level. An overshoot of 0.6" Hg (2 kPa) or more may indicate a dirty or sticking vacuum regulator.

c) **Milking Vacuum in Claw:** Connect a suitable vacuum recorder to a milking unit using one of the following methods:

- * Use a test lid or port that will allow a vacuum reading within the claw bowl.
- * Insert a 12 or 14 gauge needle through the short milk tube of the liner. The needle should be at least 2.5 inches long to ensure proper location of the needle through the claw nipple and into the top of the claw bowl.
- * Connect a suitable test T-piece between the milk hose and the claw outlet. **This location can indicate vacuum level reliably but may distort the amplitude of claw vacuum fluctuations.**

Note: This is a convenient time to check pulsators under full milking load. Compare the pulsator vacuum recordings with the static test results (Step 7).

i) **Average Full Load Vacuum:** This is the mean vacuum measured at the claw outlet during the **peak flowrate period** of milking for an individual cow. Typically, the system vacuum should be set between 12.5" and 13.5" Hg (42 - 45 kPa) for lowline milking, and between 14" and 15" Hg (47 - 50 kPa) for highline milking. This will normally result in a mean full load vacuum within the range of 10.5" and 12.5" Hg (35 - 42 kPa) for a representative sample of cows. Lower mean values may indicate excessive milk lift, restrictions in the milk hoses, or excessive vacuum drop across ancillary equipment.

ii) **Vacuum Fluctuations:** The average fluctuation in claw vacuum is estimated as the band width of the typical vacuum record obtained in or near the claw during the **peak flow rate period** of milking for individual cows. An average vacuum fluctuation of less than approximately 2" Hg (7 kPa) on a low line system and less than approximately 3" Hg (10 kPa) on a high line is considered desirable. Higher vacuum fluctuations may indicate blocked air vents, excessive air flow rate through air vents, or air leaks.

9. RECOMMENDATIONS

Preferably, recommendations should be listed in order of priority according to their likely cost-benefit for the client, as follows.

- Priority 1 - Urgent and important changes**
- Priority 2 - Important but not urgent improvements**
- Priority 3 - Cosmetic or other improvements**

APPENDIX REFERENCE

APPENDIX 1: ACCURATE MEASUREMENT OF VACUUM LEVEL

Quiet air (air flow with minimal turbulence) on the sanitary side may be located as follows:

- a) Top of receiver with special test lid that has a nipple to attach hose to accurate gauge.
- b) First milk inlet on the milkline in parlor.
- c) Milk inlet/nipple on wash manifold in round-the-barn pipelines with the system set in wash mode.
- d) Vacuum supply hose to first weigh jar.

Do not trust the vacuum gauge on top of the AFM unless the vacuum sensing tube has been lengthened to extend through the AFM and into the Receiver Jar.

APPENDIX 2: ACCURATE MEASUREMENT OF AIR FLOW

In order to measure accurate air flow readings, the air flow meter (AFM), should be placed at or near the receiver (for direct-to-pipeline systems) or on the vacuum supply for weigh jar systems. Follow AFM manufacturer's recommendations when making measurements. It is important that the connection does not restrict air port size to a size smaller than the throat of the AFM. In all cases, use the largest possible test port or AFM adapter size. Avoid restrictions. These are some guidelines for minimum opening size:

< 100 CFM	=	1.5 inch opening
100 - 175 CFM	=	2.0 inch opening
> 175 CFM	=	3.0 inch opening

APPENDIX 3: CORRECTIONS TO AIR FLOW METER READINGS

Most AFMs are calibrated to be accurate within +/- 5% at 15" Hg (50 kPa). At lower vacuum levels, the mass flow rate of air through each metering hole is reduced. For example, the mass flowrate at 10" Hg is about 10% lower than at 14" or 15" Hg. Manufacturers can, or should, provide calibration charts for their AFMs.

Generally, the correction factors are small and can be ignored for measurements made between 13" and 15" Hg. At lower vacuum levels, and/or at high air flow rates, it is good practice to make the necessary corrections. As a practical guideline, correction should be made to meter readings if the error is likely to exceed +/- 2 or 3 CFM at air flows up to about 50 CFM, or +/- 5% at higher air flows.

APPENDIX 4: MEASURING THE TRUE MANUAL RESERVE

Servo-regulators such as the AlfaLaval, Bou-Vac, Surge 5K, or Westfalia Vacurex can be put out of operation by disconnecting the vacuum sensing tube and taping or plugging the vacuum connection to the airline.

Sentinel regulators can be put out of operation by removing the small filter on top of the dome and taping the small air vent closed underneath this filter. When any of these types of regulators are disabled in this way, the resulting measurement gives the true Manual Reserve.

If it is necessary to measure the amount of air used to operate the regulator, this can be done by disconnecting the regulator and plugging the opening. The difference between the Manual Reserve and the AFM reading with the regulator disconnected, at the same vacuum level, represents the air used to operate the regulator. The designed air usage for most types of regulators is about 1-2 CFM. However, the air used by the "air lubricated" regulators such as the Sentinel 100, 350, and 500 models is typically 7-25 CFM. The designed air usage of such regulators should be taken into account when determining the vacuum pump sizes required to provide the recommended level of Effective Reserve.

MAKING THE PROPER MEASUREMENTS

Install test nipples (See Note 1 below) at the following locations:

1. **PUMP INLET:** Install the test nipple near the pump inlet preferably at least 5 pipe diameters away from any up stream or down stream elbow or fitting. If this is not possible, install the nipple as close to the down stream fitting as practical (Fig. 1).
2. **AT THE REGULATOR:** Install the test nipple as close to the regulator (or its sensor) as possible. The location depends on the type of regulator used.
 - a) DeLaval Regulator: Install the test nipple below and as close to the sensor as possible.
 - b) Remote sensing regulators (Boumatic, Westfalia, Surge): Measure with a tee in the sensor tube connection to the airline (Fig. 3).
 - c) Air Admission Type (Sentinel): Install the test nipple 5 pipe diameters away from any up stream or down stream fitting or elbow (Fig. 4a). If this is not possible, then test as close to the regulator as practical (Fig. 4b).
3. **RECEIVER JAR:** Do not measure vacuum on top of the air flow meter (AFM). Put the test nipple on special test lid for large systems, or test vacuum at first milk inlet on milk line (Fig. 3), or nipple or inlet on wash manifold (Fig. 5), or on hose supplying the milking vacuum to the top of the first weigh jar (Fig. 2). These test locations are considered quiet air.
4. **PULSATOR AIRLINE:** Install the test nipple on the cross over line between the two sides of the barn at least 5 pipe diameters from any fitting or elbow. Ideal location would be in the center of the cross over line at the furthest end from the vacuum supply (Fig. 6)

Note 1: 3/16" x 1/8" Brass Male Hose Barb Part # 220 B. Most hardware stores have #10 Screw Protector Servalite, Inc. Moline IL., "R" or 11/32" Drill Bit and 1/8" NPT (National Pipe Thread) # 27 Tap.

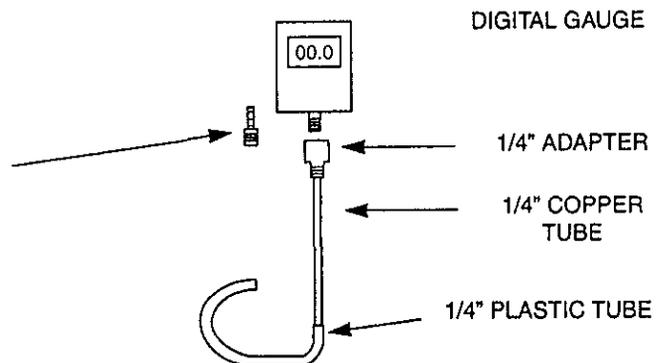


Fig. 1

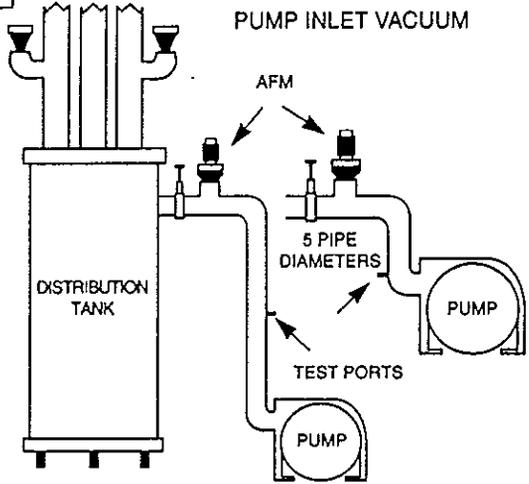


Fig. 2

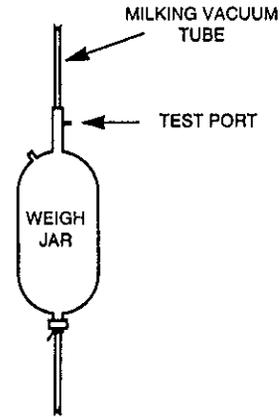


Fig. 3

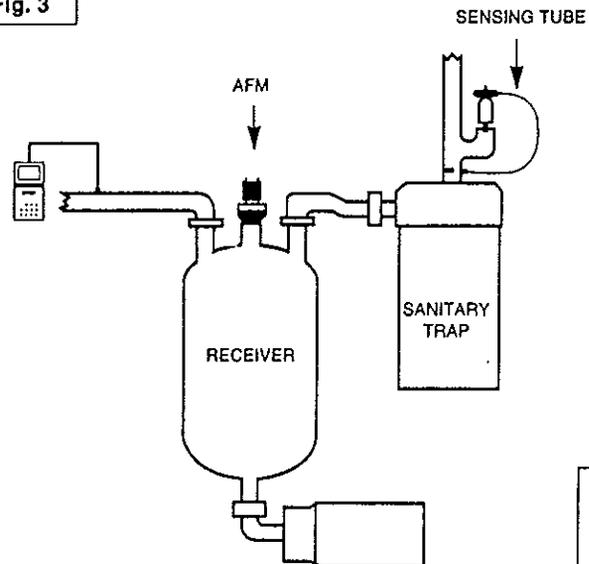


Fig. 4

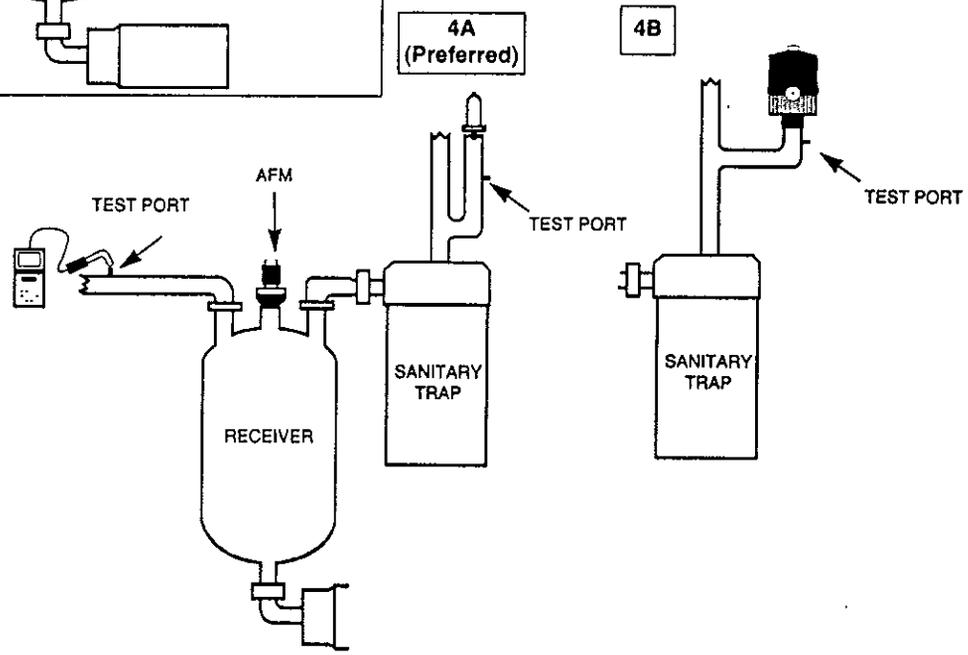


Fig. 5

QUIET AIR
WASH MANIFOLD

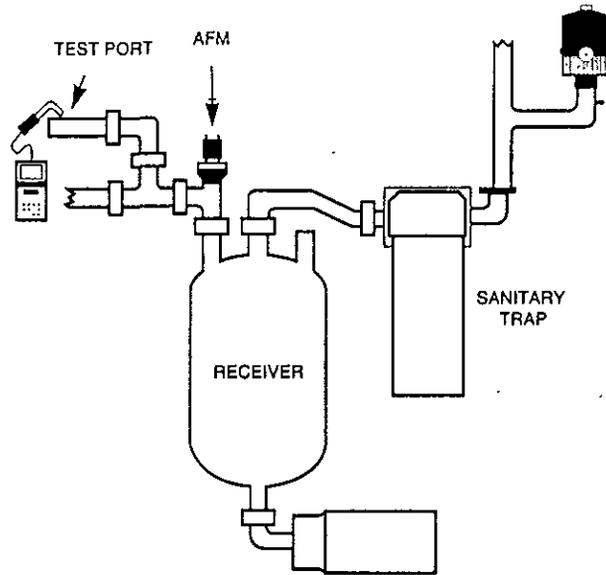
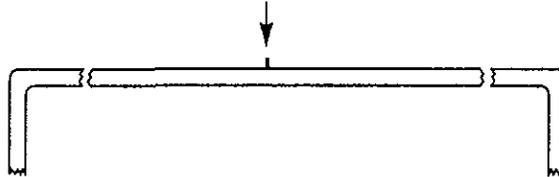
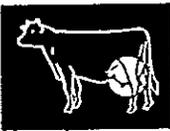


Fig. 6

PULSATOR AIRLINE

TEST PORT





N.M.C.

NATIONAL MASTITIS COUNCIL

MILKING SYSTEM EVALUATION FORM

DAIRY OPERATOR: _____ PHONE: _____ DATE: _____
 ADDRESS _____ DEALER: _____
 DAIRY OPERATORS CONCERNS: _____

 # OF COWS: _____ AVERAGE HERD MILK PRODUCTION: _____ SCC: _____
 MILKING SYSTEM:
 HIGHLINE: LOWLINE: SINGLE LOOP: DOUBLE LOOP: MILKLINE SIZE: _____ IN. PULSATOR LINE SIZE: _____ IN.
 MILKLINE SLOPE: _____ IN./10 FEET CONTINUOUS.
 VACUUM PUMP MODEL: _____ HP: _____ NUMBER OF MILKING UNITS USED: _____

1. SYSTEM VACUUM DIFFERENCES (Circle differences which exceed guidelines)	VACUUM (" Hg) AT:				
	RECEIVER (Rec Vac)	REGULATOR (Or sensor, if remote)	VACUUM PUMP (PIV)	PULSATOR AIRLINE (Far End)	FARM VACUUM GAUGE
1a) Cups Plugged					
b) One Milking Unit Open (Mimic Fall Off)					
c) Two Milking Units Open (Mimic 2 Fall Offs with 32 units or more)					

AIRFLOW MEASUREMENTS

TYPE OF MEASUREMENT	AS FOUND	RETEST AFTER ANY CHANGES		GUIDELINES OR COMMENTS
2a) EFFECTIVE RESERVE (Measured at 0.6" Hg below Rec Vac)				
b) MANUAL RESERVE (Measured at 0.6" Hg below Rec Vac).		2c) Regulation Efficiency ER / MR = %	2d) Vacuum Change at Regulator or Sensor "Hg	2c) At least 90% Regulation Efficiency 2d) At least 0.4" Hg Vacuum Change
3) AIR USED BY COMPONENTS (Measured at Rec Vac)	AFM READING	AIR USED	RETEST AFTER ANY CHANGES	
a) AFM READING (System at normal operating level and regulator disconnected)				
b) PULSATORS				Typically 0.75 - 1.5 CFM per unit
c) MILKING UNITS				Typically 0.3 - 0.5 CFM per unit
d) REGULATOR				
e) OTHER OR TOTAL				3f) PIV = _____ "Hg
4) VACUUM PUMP(S)	PUMP 1	PUMP 2	PUMP 3	
a) CAPACITY @ 15" Hg (Measured at pump inlet)				RATED CAPACITY: Compare with MMMC pump tables
b) CAPACITY AT PUMP INLET VACUUM (PIV) Vacuum at Pump Inlet (Step 3f) _____ "Hg				Pump capacity should meet current ASAE standards
	AS FOUND	PERCENT OF 4b	RETEST AFTER ANY CHANGES	
5) SYSTEM LEAKAGE (4b minus AFM reading after 3d or 3e)				Maximum of 10% pump capacity at pump inlet vacuum (4b)

6) RECHECK EFFECTIVE RESERVE Rec Vac _____ "Hg Eff Res. _____ CFM
 Note: This is done to assure the milking system is reconnected correctly and operating properly. This is simply a safety check

7. STATIC PULSATION TESTS (Circle any figures outside guidelines)

PULSATOR NUMBER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
RATIO All within 5%																
A PHASE %																
B PHASE At least 30%																
C PHASE ms or %																
D PHASE At least 15% &/or 150 ms																
RATE (Within 3 puls- es/min)																
Comments (Attach graphs as necessary)																
Volts at box: Max. _____ Min. _____ Last Pulsator: Max. _____ Min. _____ Others: Max. _____ Min. _____																

8. DYNAMIC TESTS

a) Vacuum in Milkline (with all milking units milking)	Vacuum Fluctuations _____ "Hg	Less than 0.6" Hg desirable
b) Vacuum Fluctuations in Receiver (If necessary)	_____ "Hg	Less than 0.6" Hg desirable
c) Dynamic Test / Cow #		
Avg Full Load Vacuum		10.5 - 12.5" Hg
Vacuum Fluctuations		Less than 2" - 3" Hg desirable
Pulsator Ratio under Full Milking Load		Within 5% of Static Pulsator Ratio

9. RECOMMENDATIONS: PRIORITIES / CHANGES

PRIORITY NUMBER	

ACCEPTANCE BY OWNER

The undersigned each acknowledge that the above described milking system was analyzed on the _____ day of _____ 19____ and each agrees that the results are, to the best of their knowledge, correctly described above.

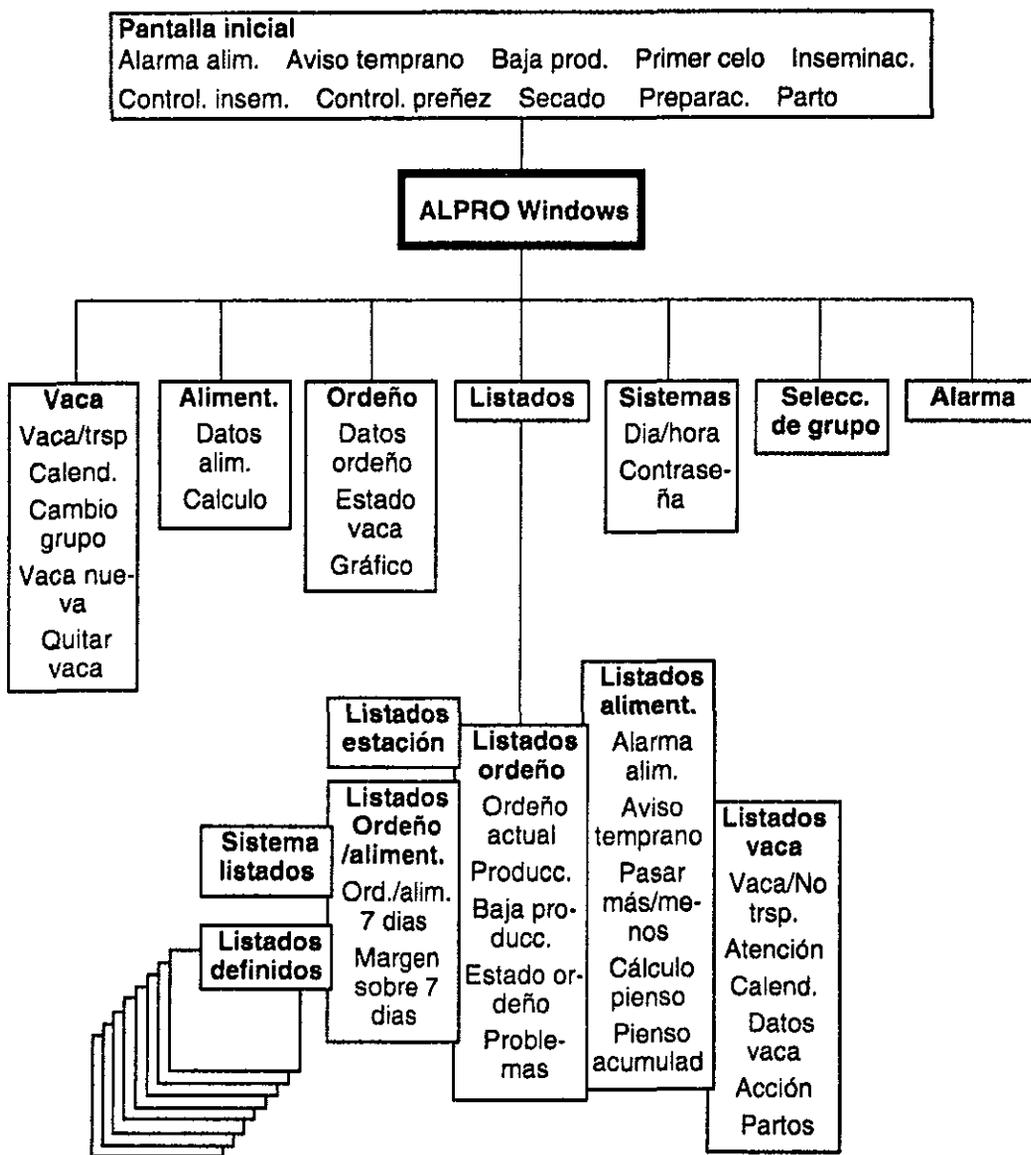
_____ Dairyman/Owner

_____ Dealer/Technician

APÉNDICE # 3

ALGUNAS FUNCIONES DEL PROGRAMA PARA MANEJO DE
REBAÑOS ALPRO WINDOWS™ (ALFA LAVAL AGRI AB).

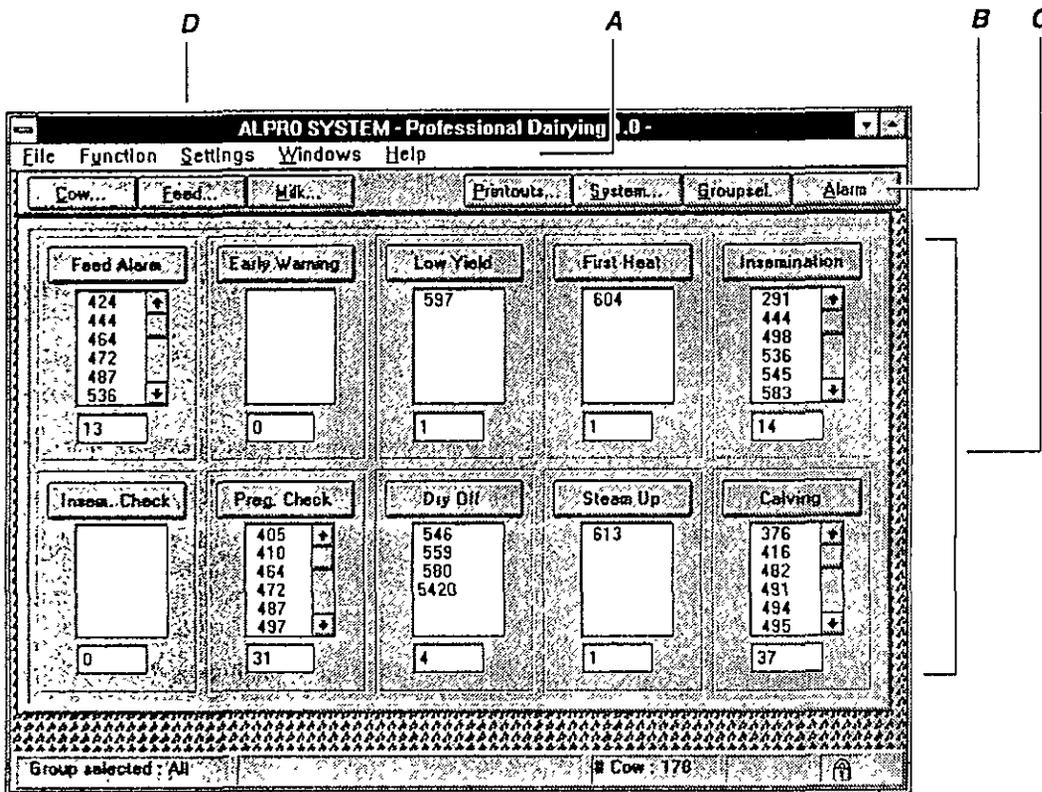
Cómo está estructurado el programa



Áreas de función

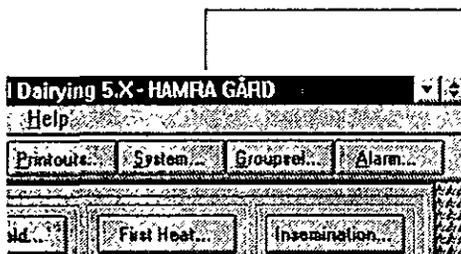
Las funciones en el programa ALPRO Windows vienen en tres áreas diferentes:

- A *Menu principal*
- B *Menu de funciones*
- C *Pantalla principal*



Nombre de la explotación

Con la función 6:6:1 se puede programar el nombre de la explotación, el cual aparecerá en la parte superior de la pantalla, *D*.



Dosificación de pienso

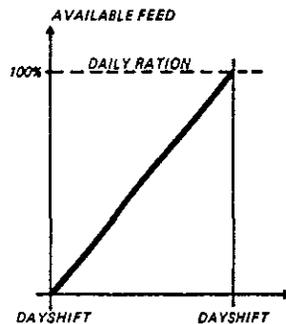
Todas las vacas del rebaño llevan su transponder colgando del cuello. Cada transponder tiene asignado un único número para la identificación del animal. El transponder se lee en el lector (antena) cuando el animal entra en la estación de alimentación. El lector va conectado al controlador de estación.

El procesador es la unidad de control principal. Está en comunicación continua con los controladores de estación. El procesador recibe el número de transponder. Si la vaca tiene pienso disponible, el dosificador descargará la ración correspondiente.

A continuación vamos a centrarnos en uno de los piensos programados.

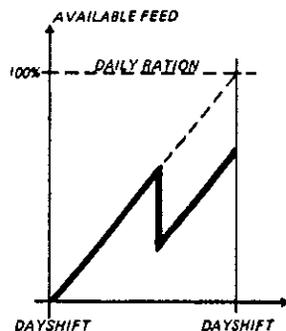
Se programa la ración diaria para cada animal.

El pienso disponible es la cantidad de pienso que la vaca puede tomar en cada momento.



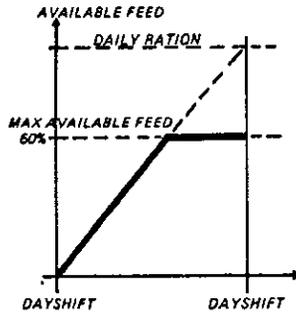
Vamos a considerar un periodo de 24 h para explicar el significado de **pienso disponible** y como va aumentando. Vamos a suponer que el pienso disponible inicial es 0. Si el animal no come durante las próximas 24 h, el pienso disponible al final del periodo será la ración programada completa.

El aumento de pienso disponible está representado en la gráfica adjunta.



Ahora, suponemos que el animal come una vez durante este periodo; la situación será parecida a la gráfica adjunta. El pienso disponible, lógicamente, disminuye en la misma cantidad. Una vez que el animal ha comido y deja la estación, el pienso disponible aumenta en la misma relación que anteriormente.

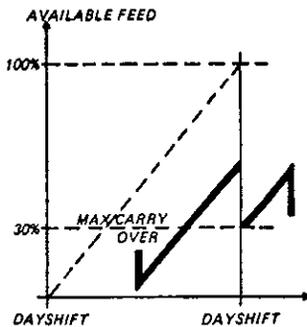
La línea siempre tiene la misma inclinación; esta representa el porcentaje que está disponible para la vaca.



El pienso disponible está limitado en una cierta cantidad la cual se puede programar entre el 30 y el 100 %. Si, por ejemplo, la cantidad se limita al 60% de la ración diaria, la gráfica será similar al dibujo adjunto.

El procesador tiene una "memoria continua". Esto significa que cuando el animal no come toda la ración en un periodo de 24 h, el pienso que sobra se transfiere al siguiente periodo. Así, la ración disponible no es 0 al inicio del día siguiente, y la gráfica seguirá aumentando en la misma proporción. El alimento se **traslada** (carry over) al siguiente periodo.

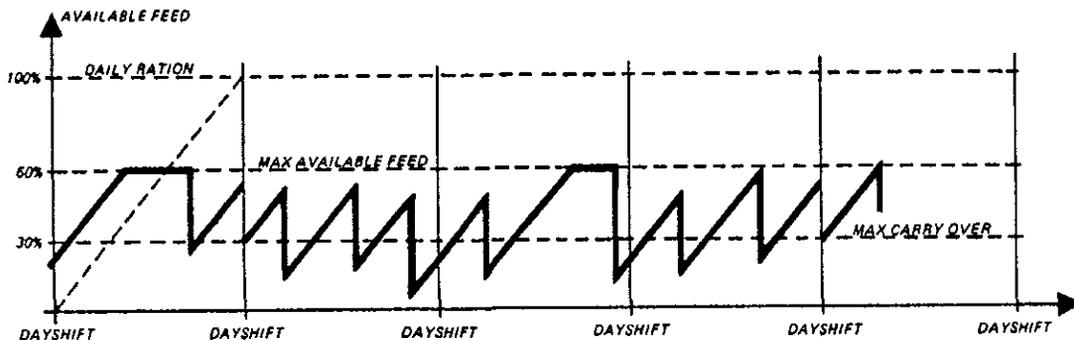
El traslado, sin embargo, es limitado. Sólo una parte de la ración diaria se puede trasladar al siguiente periodo de 24 h. El porcentaje de la ración diaria que puede ser transferido se puede programar entre 0 y 50%.



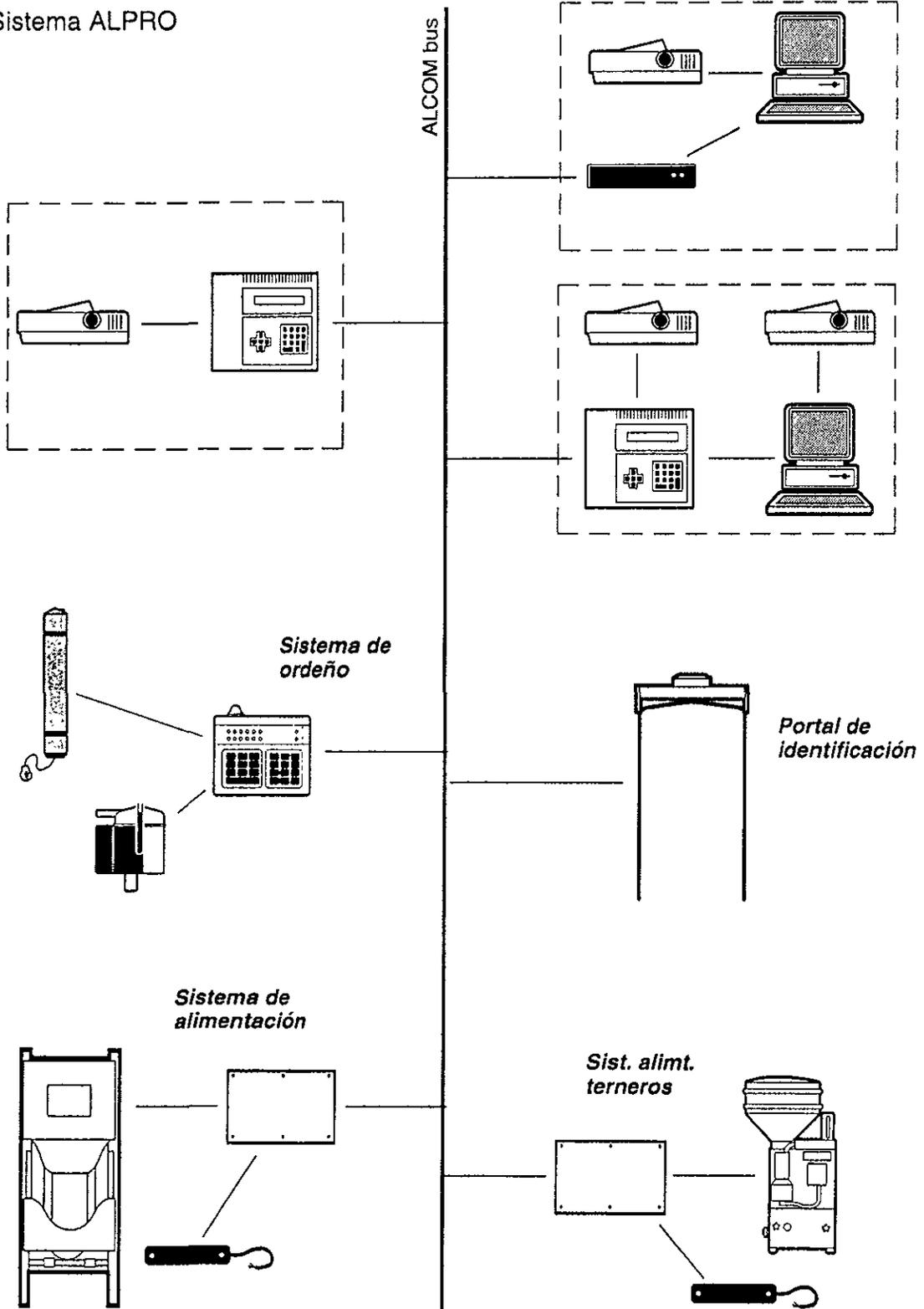
Si, por ejemplo, se fija un valor del 30% de la ración diaria, cualquier cantidad por debajo de éste límite pasará al día siguiente. Sin embargo, todo aquello que sobrepase el límite, se perderá. Ver la figura adjunta.

Hay también una limitación en la cantidad de pienso disponible en cada una de las visitas a la estación de alimentación. Esta cantidad es también programable.

Combinando los diagramas en uno, aparecen cinco periodos consecutivos de 24 h con cambios de día intercalados.



El Sistema ALPRO

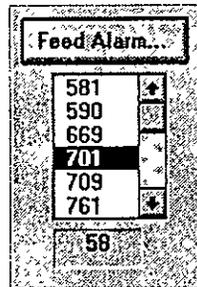


Alarma Alimentación

Si una vaca no come lo previsto, es decir, menos de lo asignado, entrará en la lista de alarmas. En éste caso entrará en la alarma de alimentación (ver el ejemplo siguiente). Además, se le asigna un código de alarma en el listado de alimentación.

La alarma se borra con el cambio de día, a media noche. Todas las alarmas de vacas se imprimen en listas separadas, la "lista de alarmas". También aparecerá en la "lista de acción".

La tabla adjunta contiene todas las vacas contenidas en la alarma alimentación.



Feed Data [7/1]

Next Selection Feed alarm Save
 701 Previous 2 Feedalarm *A* 2 Cow Status Close

	Ration	Avail	Today	Yest.	Target	Date	Total
SOJA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		126
PROMIN	6.00	3.00	0.00	0.00	6.00		259
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0

Cons. rate: 100 %

Show Calc./Plan

El programa incluye las siguientes indicaciones de alarmas:

***A*Alarma de un día**

Esta alarma indica que el día anterior la vaca ha comido menos del porcentaje asignado.

El porcentaje es programable entre el 50 y el 99%. El valor por defecto es el 60%.

Símbolos:

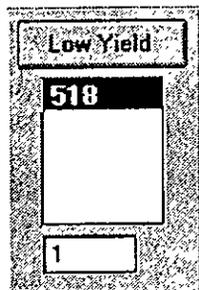
A = alarma
M = cambio manual
H = celo
B = paso siguiente/ant.

Baja Producción

Si la producción de leche es inferior a un cierto porcentaje de la producción esperada (un valor medio, calculado sobre los últimos siete días de producción), la vaca aparecerá en ésta función y en la "Lista de Baja Producción"

El porcentaje de producción es programable entre 0 y 100%.

Valor por defecto 80%.



Milk Data [690]

690 [Next] [Previous] Selection: 3 [Cow Status...] [Save] [Close]

All cows shown

Latest milking: 17:40 Av. flow: 1.0 Peak flow: 1.9 Duration: 4:06

Today		Yesterday		This week		Monthly														
1	2	3	4	Fri	Thu	Wed	Tue	Mon	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
20.6	16.0	-	35.6	34.7	36.7	34.2	34.4	33.7	342	984	1063	1234	1124	1091	977	601	421	200	121	0

Av. milk yield: 10.6

Lactation yield: Last Lact: 6887 Days in milk: 754 Milk: 0 [Graph]

Descripción de la función datos de ordeño, ver el capítulo "Menu de funciones", "Leche".

APÉNDICE # 4

PATENTE DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA ORDEÑA

DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA Y DE SU FUNCIONAMIENTO.



US005379721A

United States Patent [19]
Dessing et al.

[11] **Patent Number:** **5,379,721**
[45] **Date of Patent:** **Jan. 10, 1995**

[54] **AUTOMATIC MILKING APPARATUS**

[75] **Inventors:** Jacobus P. M. Dessing,
Nieuw-Vennep; Pieter J.
Roodenburg, Lelystad; Erik A. Anrik,
Amsterdam; Folkko P. Bergman,
Witteveen, all of Netherlands

[73] **Assignee:** Frolion B.V., Netherlands

[21] **Appl. No.:** 85,687

[22] **Filed:** Jun. 25, 1993

Related U.S. Application Data

[60] Continuation of Ser. No. 701,172, May 16, 1991, abandoned, which is a division of Ser. No. 294,794, Jan. 9, 1989, Pat. No. 5,020,477.

[30] **Foreign Application Priority Data**

Jan. 8, 1988 [NL] Netherlands 8200042
Feb. 4, 1988 [NL] Netherlands 8200272
Jul. 13, 1988 [NL] Netherlands 8801785

[51] **Int. Cl.⁶** A01J 3/00

[52] **U.S. Cl.** 119/14.08; 119/14.14;
364/167.01

[58] **Field of Search** 395/80, 88, 93, 94;
318/568.1, 568.11, 568.14, 568.16, 568.18;
901/46; 364/167.01, 174, 191, 148; 119/14.08,
14.01, 14.18, 14.02, 14.14

[56]

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,011,437	3/1977	Hohn	364/174 X
4,380,696	4/1983	Masaki	395/88 X
4,492,847	1/1985	Masaki et al.	395/94 X
4,558,424	12/1985	Oguchi et al.	395/94
4,639,878	1/1987	Day et al.	364/191 X
4,726,322	2/1988	Torslas	119/14.14
4,748,936	6/1988	Hogen Esch	119/14.02
4,867,103	9/1989	Montalecot et al.	119/14.08
4,907,169	3/1990	Lovoi	395/94
4,941,433	7/1990	Husauer	119/14.02
4,942,538	7/1990	Yuan et al.	395/94

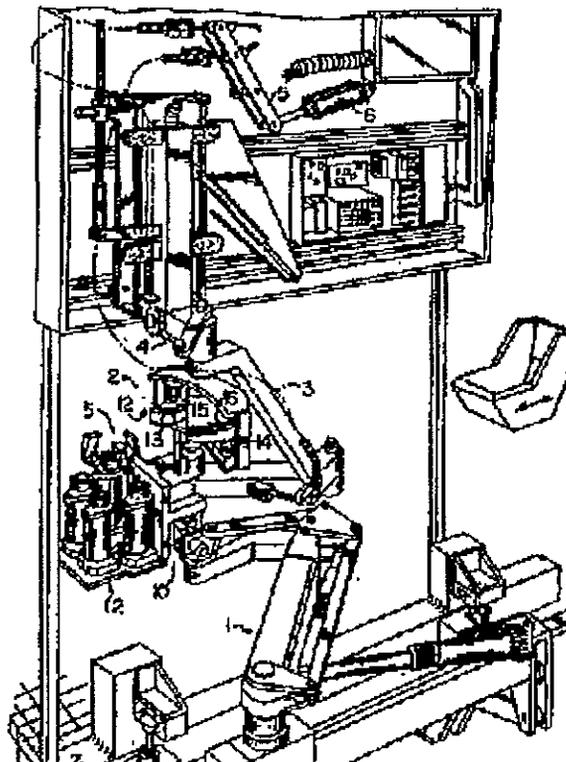
Primary Examiner—Roy N. Envall, Jr.
Assistant Examiner—Steven R. Garland
Attorney, Agent, or Firm—Watson, Cole, Grindle & Watson

[57]

ABSTRACT

An automatic milking device employs a robot arm, a sensor and a control system for searching for, finding and following the teats on the cow's udder. The control system employs a model to provide corrected position information for comparison with sensed position information so that a selection may be made based upon stored criteria.

12 Claims, 15 Drawing Sheets



AUTOMATIC MILKING APPARATUS

This is a continuation of application Ser. No. 07/701,172 filed May 16, 1991, now abandoned, which in turn is a division of application Ser. No. 07/294,794, filed Jan. 9, 1989, now U.S. Pat. No. 5,020,477.

A primary aspect of the present invention relates to an ultrasonic detector.

Ultrasonic detector equipment for automatic milking devices is described in the European patent application 232,568 from the same applicant. A problem in this known system is the obtaining of a detection field that is accurately determined with respect to height, while in the plane defined by the height the widest possible bundle has to be generated in order to be able to search for, find and/or approach a cow's udder provided with a teat.

An ultrasonic detector has for its object to improve upon the known prior art. Further this ultrasonic detector solves the above problem.

A further aspect of the present invention relates to a method for searching for a moving object.

Existing robot systems, such as published in EP-A-232568, EP-A-213660 and EP-A-209202, for seeking, finding and/or following a (moving) object forming part of a greater entity have been found to be incapable of meeting requirements in respect of reliability, speed and/or possibilities for error correction.

This further aspect of the present invention has for its object to improve upon the above mentioned prior art. Further it is an object of the present invention to obviate the above mentioned drawbacks.

By making use, as in accordance with the method of the invention, of position and speed information, a more accurate determining of position is achieved and information is obtained related to the pattern of movement of the (moving) object; information concerning speed in the case of violent movements will also be available.

With the method according to the invention information is obtained concerning errors and/or other irregularities either in the measuring process or the control process or in the movements of the object.

A further aspect of the present invention relates to an ultrasonic sensor unit.

Ultrasonic sensor units are much used in industrial and agrarian environments as they are not very sensitive to dirt and are robust.

Ultrasonic sensor units for use in agriculture are described in the European patent applications EP-A-0 213 660, EP-A-0 232 568 and EP-A-0 270 165.

The above publications all describe sensors for use in automatic milking devices, and more specifically for seeking and following the udder and/or teat of a cow.

By moving the transducer relative to an ultrasonic mirror the area for scanning is varied, for example made larger or smaller. Thus for example in the case of a conical reflection surface, this conical reflection surface can be moved down or upward so that a narrower or wider bundle results.

In preference however the sensor unit is employed so that it becomes possible to scan an area around the transducer and by moving the mirror only through a determined angle or by stopping the rotating ultrasonic mirror, it is possible to scan a more or less restricted circle segment. In order to follow a particular teat the reflection surface will often be brought to a stop.

A further aspect of the present invention relates to an element for positioning an animal.

Such an element is to be used especially in an automatic milking system in which it is important to position an animal in an exactly defined position before automatically applying teat cups.

Another aspect of the present invention relates to a terminal apparatus to be used at an automatic milking system, in which a farmer can easily control functions of the milking system.

Furthermore, yet another aspect of the present invention relates to a method for automatically applying teat cups.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Further advantages, features and details of the present invention will be clarified with reference to a drawing in which:

FIG. 1 shows a perspective view of an automatic milking device, in which an ultrasonic detector according to the present invention is employed;

FIG. 2 shows a schematic, perspective view of detail II from FIG. 1;

FIG. 3 shows detail III from FIG. 2;

FIG. 4 shows a side view from the line IV—IV from FIG. 3; and

FIG. 5 shows detail V from FIG. 1.

FIG. 6 shows a perspective view of a robot system for implementation of a part of a preferred embodiment of the method according to the invention;

FIG. 7 shows a block diagram of the operation of the robot system from FIG. 6;

FIG. 8 shows a block diagram of another preferred operation of the robot system from FIG. 7;

FIG. 9 shows a perspective, partly broken away and partly schematic view of an automatic milking device provided with a preferred embodiment of an ultrasonic sensor unit according to the present invention;

FIG. 10 shows the sensor unit, in more detail, beneath the udder of a cow;

FIG. 11 shows another preferred embodiment of the ultrasonic sensor unit according to the present invention;

FIG. 12 shows a section along the line XI—XI from FIG. 11.

FIG. 13 shows a perspective view of an arrangement for automatically applying teat cups to cows;

FIG. 14 shows a perspective view of detail XIV of FIG. 13;

FIG. 15 shows a perspective view of detail XV of FIG. 13;

FIG. 16 shows a perspective view of a terminal apparatus to be used at a milking system of FIG. 13;

FIG. 17 shows a top view of detail XVII of FIG. 16;

FIG. 18 shows in more detail detail XVIII of FIG. 16;

FIG. 19A and 19B show respective perspective views of a detection arrangement for automatically applying teat cups into respective positions; and

FIG. 20 a top view of a positioned cow.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Mounted on the milking rack 2 are four milking cups 9, as described in EP-A-232,568. A gripper member 10 of the milking robot 1 grips onto the milking rack 2 and can move it three-dimensionally.

Arranged above the milking cups 9 is a sensor assembly 12 which comprises two (or more) ultrasonic transmitter/receiver units 13 and 14—per se known—and arranged above them the respective cones 15 and 16 (FIG. 2), preferably made of plastic. An example of signal processing of signals coming from ultrasonic sensors is described in EP-A-232,568.

Present in a housing 17 for the sensors is a space 18 for accommodation of the electronics, these electronics being connected in a manner not shown to a central control unit. The cones 15, 16 and the housing 17 are preferably of aluminium or plastic—the cone surfaces polished smooth—so that the transmitter/receiver unit is robust, dirt-resistant and cannot rust.

If the transmitter/receiver units 13 and 14 are disposed at a mutual angle α of for example 50° , a detection field is created whereby one teat can be located without the sensor units 'hearing' one another's detection field; in order to avoid this cross over a screen 19 of sound-damping material can be attached to housing 17.

It is also possible to use a transmitting member and two or more receiving members at the same time. In this case it is also possible to scan two teats simultaneously.

In the preferred embodiment shown the cone pieces 15, 16 are mounted on the housing, for instance with adhesive.

Bundles of ultrasonic waves transmitted and received as according to arrows A by a transmitter/receiver unit 13 (FIG. 3, 4) form a broad bundle as indicated with the arrows C. The half top angle β of the cone amounts preferably to roughly 35° , while the cone is preferably disposed in slightly forward inclined position so that a generatrix G of the cone surface makes an angle γ of approximately 45° with the transmitter/receiver unit 13.

Through variation of the half top angle β of the cone and/or the distance between the cone and the sensor, the area and/or shape of the field can be adjusted.

The detection field will be rather flat and have the shape of a projection of a cigar.

If there is a slight deviation from the cone shape, for instance a generatrix G' has a slightly concave form, the height of the detection field—the distance between the bundle lines C—can thus be set. A generatrix G'' may also have a slightly convex form.

By variation of the angle γ the principal direction of the field can be adjusted to the position of the sensor.

Via a piston rod 30 (FIG. 5) a top piece 31 of the milking cup 9 can automatically be moved upward, while the position of a milking cup relative to a teat 20' can be corrected using ultrasonic transmitter/receiver units 32 arranged close to at least one milking cup. The ultrasonic waves are thereby directed against an ultrasonic mirror surface 33 to a point of intersection C' where the teat has to be located in order to be able to place the top piece 31 around it in the correct manner. The mirror surface 33 consists in preference of a conical surface as shown in FIGS. 3 and 4, whereby however a generatrix has a slightly convex form in order to obtain a bundle that is also broadened in height.

The present invention is not limited to the above described embodiment, in which an integrated transmitter/receiver unit is applied. The reflection surfaces can also be employed both in the case of a separate receiver and a separate ultrasonic transmitter.

A further preferred embodiment relates to a method and robot system for the milking of a cow (shown in FIG. 6). A robot system 41 comprising a number of arms pivotable relative to each other is movable along

rails 47, 48 so as to be capable of performing search, find and/or following operations in different locations for the arranging of milking cups 53 of a milking rack 42 on a cow. The cow is directed with its head in the direction of a feed bin 61 so that its udder will be situated in the vicinity of a rest or start position of milking rack 42; feed bin 61 can be moved in accordance with arrow B so that the udder of the cow will usually be located in roughly the same or normal position relative to the milking rack 42, independently of the length of the cow.

The cow will usually be recognised automatically and information concerning its udder and teats will be available for instance in a central control means (not shown) provided with electronic hardware having software stored therein; from an energising member in cabinet 62 a mechanism 51 is driven (in a manner not shown) along upright rails 65, 66 so that the rest position of mechanism 51, and therefore of milking set 42, is pre-adjusted as far as possible subject to the size of the cow and the position of its udder. Further, movement in an upward direction is limited. Irrespective of the cow the mechanism 51 is set along the horizontal rails 63, 64 in a standard or fixed lengthwise rest position. Also driven from the electronics cabinet 62 is an actuator 46 which controls via a lever 45 two BOWDEN type cables which pull an arm to which the milking rack 42 is attached into a predetermined rest or zero position.

Fixed to the side of milking rack 42 is a sensor assembly 52 for the purpose of detecting, with the aid of two sensor units 53 and 54, a moving object, in the preferred embodiment shown a teat of a cow, in three dimensions in a horizontal plane and passing on information related thereto to a central control means (not shown). Additional sensor units 69, 71 can be disposed above each milking cup 55 of the milking set 42 in order to keep a teat centred relative to a milking cup as the milking cups move upward; for the sake of clarity such fine sensor units 69, 71 are only shown disposed by one milking cup 55. Like the sensor unit 52 these fine sensor units can be of an ultrasonic type.

A gripper member 50 of the robot 41 grips onto an opening of the milking rack 42 arranged for that purpose. The robot mechanism 41 is capable of moving the milking rack 42 in three dimensions, while the mechanism 51 can block changes of direction in a vertical direction; the electrical and program controls of the mechanism 41 and mechanism 51 are coupled to one another in a manner not shown.

The operation of the robot system from FIG. 6 is explained on the basis of the diagram from FIG. 7 (and later on the basis of the diagram from FIG. 8); the (moving) object, which in the shown preferred embodiment is the position of a teat of a cow, for example the teat at the front right-hand side of the cow, with respect to the relevant sensor, forms the input I for the sensors 52, 69, 71. The reflections measured by the ultrasonic sensors 52, 69, 71 are converted in generally known manner into sampled digital values in a horizontal plane, in FIG. 7 indicated with Δx and Δy , these being relative position coordinates with respect to the sensors. Coming from the robot arm 41 are determined values x_p and y_p , these being coordinates of the robot with respect to the neutral position of the robot, whereby Δx and Δy —allowing for correction—must be added to them so that, as is indicated schematically in the figure, the value x_m and y_m result, these being the coordinates of the teat with respect to the neutral position of the robot. These values are corrected in a manner described later so that the

values x_c and y_c —the so-called target coordinates—result, which can be fed to a block designated schematically with SC to give to the robot 41 a new position towards which the latter must move the milking set 42.

The values x_p and y_p on the one hand and Δx , Δy on the other are incorporated in a MODEL—which in the simplest case does not subject these said values to any processing whatever, i.e. it is transparent—whereby after statistical analysis, comprising for instance the determining of the mean or the standard deviation, a number of M values are filtered out from a series of N values ($M < N$). On the basis of the (modulated) values a prediction (PRE) can be made which is added to the controlling of the sensors in order to allow this PRE value to take the place of clearly erroneous values from the series of digitalized measurement values, in accordance with a predetermined criterion. In the MODEL a Z-transformation replaces the digitalized samplings in the case of the described embodiment, but such a MODEL can likewise be implemented with a so-called Kalman filter or in other manner. In FPC filter coefficients are determined in order to attribute a new value to the value x_m and y_m in FPC on the basis of the MODEL as well as to the value v_{xm} —after differentiation in t of the values x_m and y_m —in order to add this filtered velocity value (v_{x_f} , v_{y_f}) after integration in (I) to the corrected filtered position value x_f and y_f .

The described control loop of Δx , Δy via x_c , x_p to x_s , y_s is either closed or not on the basis of the data from the MODEL, as passed on to as block CONTROL; only when predetermined criteria have been fulfilled with respect to mean value of Δx over a determined time, mean value of Δy over a determined time, standard deviations therein in addition to particular velocity values (v_{x_s} , v_{y_s}), is the control loop at S closed by a block designated FTL.

In the first instance the control loop at S remains opened since from a block F, in a manner generally known in robot control, a global positional control is performed of the robot system 41 to a teat of a cow using information stored in a memory. If the sensor unit 52—sensor units 69, 71 are not used in these so-called find-modes—detects a moving object and predetermined criteria with respect to Δx , Δy , v_x , v_y and standard deviations thereof are satisfied, the control is taken over in a block T and the above criteria, which the above information must satisfy at an increased sampling speed, are made more stringent.

If the more stringent criteria are satisfied for a predetermined time, the control loop at S is closed and the values x_c and y_c are fed directly to the servo-control (SC). If required the filter coefficients computed from the MODEL can be replaced by filter coefficients provided from the control means (CONTROL), these coefficients having a fixed value for a determined time duration, after which the coefficient computation from the MODEL will determine the position to which the robot arm is sent. Computations in CONTROL are dependent on the mode of the system.

If for a predetermined time duration the criteria from block T are satisfied, the described control loop remains closed and block L takes over the controlling, whereby, as is indicated via line FS, it is possible to switch over to fine sensor units 69, 71 so that the position of the milking cup relative to the teat can be determined (still) more accurately using any required correction by the fine sensor units, and the relevant milking cup 55 can be

arranged if for a predetermined time the teat remains centred with respect to the milking cup and therefore the sensor units.

After arrangement of the milking cup, a switch back is made to the T-mode until another teat of the cow is centred, following which this milking cup can also be arranged in the L-mode.

It will be apparent that in the case of unexpected movements of the (moving) object the described robot system will change over instantly from L-mode control to T-mode control or even to F-mode control.

A diagram of another preferred embodiment of the operation of the robot system from FIG. 6 (FIG. 8) requires no velocity filter and only the values Δx and Δy are hereby analyzed, while the MODEL forming is omitted. Prediction values are fed via block CONTROL to the sensor block 52, 69, 71.

It is further noted that the Z coordinate or height coordinate of the teat of the cow will usually be constant and in the embodiment shown will have a value that is fixed or determined by the CONTROL block. In the case of the embodiment shown in FIG. 8 the filter coefficients are constant in a particular situation of the system (F-, T- or L-mode), but they have a different value for each situation.

Extensive analyses and evaluation of tests have shown that with sampling at 20 Hz of the signals from the sensor assembly 52 and sensor units 69, 71 an accurate model of the movements of a teat of a cow can be built up; the controlling of the robot arm via the servo-control takes place in the preferred embodiment shown every 5 msec. In view of the possibility of switching between different movement modes, this has been found in practice to be amply sufficient to be able to follow a teat of a cow and arrange or attach the milking cups in a precise manner.

A robot installation 101 (FIG. 9) or similar installation for automatic arrangement of milking cups 102 on the udder of a cow and the subsequent removal of milk is described in the above mentioned patent applications of the same applicant. The pivotable robot arm 103 is automatically controllable using an ultrasonic sensor unit 106 according to the present invention which is disposed centrally on a milking set 107.

Ultrasonic sensor assembly 106 (FIG. 10) comprises an ultrasonic sensor unit 108 which transmits and receives ultrasonic waves in accordance with arrows D. Disposed above the ultrasonic transducer 108 is an ultrasonic mirror 109. This ultrasonic mirror 109 is arranged in a hollow tube 111 which can be driven using a gear transmission 112 by a schematically indicated electric motor 113. A post or support 114 is in fixed connection to the milking set 107 and provided with terminals 116 and 117 for electrical connection of the transducer 108. The tube 111 is rotatable about post 114 via schematically indicated bearings 118, 119.

The electric motor can be driven electrically such that the tube 111 and therefore the mirror 109 turn completely round and therefore a circular or control area around the transducer is scanned. This will be the case if the mutual positions of teats 121 of the udder 122 of a cow (not shown) have to be determined. If an udder or teat of a cow has to be traced from a position as shown in FIG. 9, the tube 111 can for example only be turned by the electric motor 113 back and forth through a limited angle, so that a limited control or circle segment is scanned, in which circle segment the udder or teat

can be expected to be because of the known, determined position of the cow.

In the position shown in FIG. 10—a view from the hind side of the cow—the milking cup on the front right-hand side of the milking set 107 is carried or pushed upward and the tube 111 will become virtually stationary relative to transducer 108 so that the test 121 on the front righthand side of the udder 122 is continually detected by the ultra-sonic transducer 108. If a deviation is detected in the correct position of the teat 121 relative to the cup 102 the milking rack 107 can usually be adjusted instantly as according to arrows E, this substantially two-dimensionally,

Another preferred embodiment of an ultrasonic sensor unit 126 (FIG. 11) according to the present invention is attached using a one-piece spring 127 to a supporting construction 128 of a rack 129 for four milking cups which are omitted for the sake of clarity. Only the points of attachment 131 for the milking cups to a tray 132 are shown. The tray 132 is fixed for limited movement to the supporting construction 128 with springs 133 and screw bolts 140. The sensor unit 126 protrudes from the side between the milking cups (not shown). Using socket head screws 134 and slots 135 a housing 136, and with it an ultrasonic mirror 137, can be adjustably fixed in position relative to a connecting piece 138 and therefore the supporting construction 128. In addition an electric motor 139 is fixed in position in the housing 136 with a screw bolt 141; a gear ring 143 engaging a driving gear wheel 142 and firmly joined to the ultrasonic mirror 137 is thus coupled in housing 136 to the electric motor 139. Further disposed in the housing is an upward facing transducer 144 with a schematically indicated connection 146. The ultrasonic waves are transmitted according to the dashed and dotted line F.

As can be seen in FIG. 12 the ultrasonic mirror may take a form that is slightly concave in the vertical direction, and in the horizontal direction (FIG. 11) so that in addition to being reflected by the mirror the ultrasonic waves are also focused. If the ultrasonic bundle has to diverge, the ultrasonic mirror face can take a slightly convex form.

The electric motors 113 and 139 preferably take the form of so-called step motors so that the position and the angular rotation of the ultrasonic mirror face are not measured or computed from the time of revolution, but the position is available directly at the output of the step motor.

In accordance with the embodiments of the present invention both distance and direction of a (moving) object relative to the fixed transducer are measured in simple manner.

In another preferred embodiment of an automatic milking system (FIG. 13) a moveable robot arm 201 is used to service milking locations 202 where the cow is retained in exact positions by means of positioning elements 203 and moveable feeding containers 204.

A cow (FIG. 20) is forced to stand still on her right hind hoof by means of a solid bar 261 for pushing the weight of the cow to its other hind hoof such that an arm of a milking rack can be moved to the udder of the cow.

In more detail (FIG. 14) it is to be seen that one the center of the milking rack 207 a rotating scanner 208 is installed and a detector unit 209 is disposed besides the milking rack.

A positioning element 203 (FIG. 15) comprises preferably retaining surfaces 211 for retaining the hind

hooves of a cow and inclined surfaces 212, 213 respectively to prevent the cow from moving her paws from the retaining surfaces in sideward and forward directions, respectively the hind part of the positioning element is provided with bars 214, 215 which will prevent the cow from moving her hoof in a backward direction and will allow excrement of the cow to fall through. The sidewardly inclined surfaces 212 extend to a height approximately 70 mm above the ground level without providing a flat surface for the cow to stand on. This is however low enough to allow the robot arm to go to the udder of the cow. The length 1 is approximately 300 mm viz. approximately two times the length of a hoof. Preferably the rear bar 215 has a higher distance from the ground than the bars 214, such as to prevent the cow stepping backwardly.

An automatic milking system, e.g. such as shown in FIG. 13, is preferably controlled by means of a terminal control unit 221 (FIG. 16) provided with a slot 222 for inserting a floppy disc, a screen 223 and a especially designed keyboard 224.

The keyboard 224 is preferably provided with functional keys such as 226, 227 and 228. Those groups are preferably in groups such as 229, 231 and 232 which contain indicia thereon to indicate various functions. Key 226 will e.g. control, after pressing this key, the applying of teat cups to a cow.

As the cows will be provided with means for automatically recognizing them, a complete history of the cows can be stored in a memory, e.g. on a floppy disc.

The keyboard 224 can easily be designed from a standard available keyboard, such as from a IBM or compatible computer. The farmer, however, will not be bothered by learning difficult codes, e.g. from three letters, by heart; as the function keys preferably are provided with pictograms.

In the preferred embodiment of FIG. 13, using a positioning element 203 and a feeding container adjustable relative to the length of the cow, the position of the udder and test to be found are within a 'window' of approximately 30×40 cm². Tests in this respect were done and even in the situation that test positions of cows were unknown to a computer before entering a milking location, the detection unit 209 (FIG. 14, 19A, 19B) was able to pick up the position of a teat inside that 'window'.

Preferably the detector unit 209 consists of transducer 210, 210' resp. provided above conical surfaces 233, 234 resp., such that no dirt will fall on the transducing surfaces.

The robot arm will move the milk rack 236 to the 'window' or area in which the udder will be detected. Firstly the right teat T at the front will be searched by moving the milk rack and sensor unit 209 up and down. By analyzing the sample data from the sensor unit 209 it can be established that this right front teat T has been found.

The size of the 'window' through which a sensor can 'look' can be changed dependent on the information received. Information from outside the 'window' can be disregarded.

Afterwards a rotating scanner 237 will take over controlling the position of the milking rack. This rotating scanner will then be under the udder in between the tests. Under control of this rotating scanner 237 the teat cups are connected to the teat one at the time, as described in the prior art.

When a teat cup is connected in the right way, this fact will be sensed by a sensor in a vacuum line of the milking system. Teat cups 238 are preferably provided with flexible skirts 239 such as to prevent sucking air from the environment, which would disturb the ultrasonic detector units 209 and 237.

The sensor unit 237 is disposed to the milking rack through legs 241 connected to bearings 242, 243 respectively, and can be moved up and down by means of a pneumatic cylinder 244.

A milking platform 246 as well as a connecting arm 247 are connected to the frame 248 of the milking rack by means of springs 249, 251 resp. In the unlikely event that the cow will put her right hindleg on the milking rack, this milking rack will give away and will be disconnected automatically.

In the preferred embodiment of FIG. 19A and 19B a reflecting surface 237' of the unit 237 can be rotated at approximately 167 rpm. The sensor unit 237 further comprises encoding means 252 connected—not shown—to the computer, an electric motor 253, gearing 254, bevel gear 256 and a crown wheel 257. Under the rotating mirror 237' a transducing surface 258 is disposed, from which also detected reflections are transmitted to data processing equipment of the computerized controlling unit (not shown). The transducer uses a frequency of approx. 400 KH, such that it is not disturbed by noise from the environment. Through the high revolution speed of the mirror a focussing effect for the mirror is achieved.

We claim:

1. An automatic milking device for milking a cow located within a defined area said device for engaging the teats on the cow's udder, said teats and udder being randomly movable with movements of the cow within the area, comprising:
 - a plurality of milking cups to be placed around the teats on the udder of the cow;
 - a robot arm carrying said cups and for moving said cups into operative position with respect to the teats;
 - control means for controlling the movement of the robot arm, said control means including apparatus for automatically searching for, finding, following and locating the teats for engagement with the cups carried by the robot arm including a sensor for sensing the position of the teats with respect to said sensor; means responsive to the sensor for producing sensed position information of the teats with respect to a reference; means for modeling expected position information of the teats with respect to the reference, said means for modeling selectively using a search routine for selecting an accepted as valid earlier sensed position information; means for choosing as valid based upon selected criteria either the sensed position information or the expected position information; and means for causing the robot arm to move to a desired position relative to the teats in response to said selected valid position information; and
 - a terminal for providing control information to the robot arm including input means for applying said milking cups to the teats and providing reference data unique to each cow.
2. The apparatus of claim 1 further comprising:
 - means for statistically analyzing the information relating to the sensed position of the teats; means responsive thereto for determining the accuracy of

the information as a result of such statistical analysis; and means responsive to the accuracy of the information for substituting accurate information for sensed information.

3. The apparatus of claim 1 wherein the control means further includes an open loop control for the robot arm responsive to stored predetermined position and velocity information.

4. The apparatus of claim 1 wherein the control means further includes a closed loop control for the robot arm being responsive to selected position and velocity information for controlling the robot arm for a predetermined time and recomputing the position information after each predetermined interval.

5. The apparatus of claim 1 comprising a plurality of modes of operation for the control means including a T mode for tracking the teats, an L mode for locating the robot arm with respect to the teats and an F mode for finding the object.

6. The apparatus of claim 5 comprising means responsive to the teats for selecting the mode in accordance with preselected criteria.

7. The apparatus of claim 6 wherein the criteria establish increasing requirements each mode from minimal requirements in the F mode, to more selective requirements in the T and E modes respectively.

8. The apparatus of claim 7 including means for selecting more restrictive modes in response to the absence of movements of the teats and the cow, over selectively increased time intervals.

9. Apparatus as set forth in claim 1 wherein the selected criteria for choosing as valid either the sensed position information or expected position information are dependent on an historically acceptable rate of valid sensed position information.

10. An automatic milking device for milking a cow located within a defined area said device for engaging the teats on the cows udder, said teats and udder being randomly movable with movements of the cow within the area, comprising:

- a plurality of milking cups to be placed around the teats on the udder of the cow;

- a robot arm carrying said cups and for moving said cups into operative position with respect to the teats; and

- control means for controlling the movement of the robot arm, said control means including apparatus for automatically searching for, finding and following the teats with respect to the udder including a sensor mounted on the robot arm for movement therewith for sensing the position of the teats in at least one dimension with respect to a reference; means responsive to the sensor for producing sensed position information of the teats with respect to the reference; means responsive to the sensed position information for analyzing the position of the teats with respect to the robot arm for producing corrected position information for governing the robot arm including means for modeling expected position information of the teats with respect to the reference and selectively using a search routine for selecting an accepted as valid earlier sensed position information; means for choosing as valid, based upon selected criteria, either the sensed position information or the expected position information; means for causing the robot arm to move to a desired position relative to the teats in response to said selected valid position

11

information; and a terminal for providing control information to the robot arm including input means for applying said milking cups to the teats.

11. An automatic milking device for milking a cow located within a defined area said device for engaging the teats on the cow's udder, said teats and udder being randomly movable with movements of the cow within the area, comprising:

a plurality of milking cups to be placed around the teats on the udder of the cow;

a robot arm carrying said cups and for moving said cups into operative position with respect to the teats; and

control means for controlling the movement of the robot arm, said control means including apparatus for automatically searching for, finding, following and locating engaging the randomly movable teats with said robot arm, including a sensor for sensing the position of the randomly moveable teats in at least one dimension with respect to a reference; means responsive to the sensor for producing position and velocity information; means for modeling the movement of the randomly moveable teats with respect to the robot arm being responsive to the sensed position and velocity information for calculating a predicted position and velocity of the teats and producing corrected position and velocity information for governing the robot arm; means for causing the robot arm to follow the randomly moveable teats in response to the corrected position and velocity information of said object; said means selectively operable in a T mode for tracking the teats, and L mode for locating the robot arm with respect to the teats and a F mode for finding the teats; and means operatively coupled to the means for selecting the T mode, the L mode and the F mode of operation.

12. An automatic milking device for milking a cow located within a defined area said device for engaging the teats on the cow's udder, said teats and udder being

12

randomly movable with movements of the cow within the area, comprising:

a plurality of milking cups to be placed around the teats on the udder of the cow;

a robot arm carrying said cups and for moving said cups into operative position with respect to the teats; and

control means for controlling the movement of the robot arm, said control means including apparatus for automatically searching for, finding, following and locating the teats on the udder of the cow with said robot arm in response to the position of the teats, including a sensor for sensing the position of the randomly moveable teats in at least one dimension with respect to a reference; means responsive to the sensor for producing position and velocity information regarding the teats; means for modeling the movement of the teats to produce a calculated prediction of the position of the teats with respect to the robot arm, means for storing data establishing a nominal position of the teats and means for modeling being responsive to the sensed position and velocity information for producing corrected position and velocity information regarding the robot arm; means for causing the robot arm to follow and engage the randomly moveable teats selectively in response to the stored data and the corrected position and velocity information, said control means selectively operable in the plurality of modes including one mode based upon the stored data and operable in another mode based upon the corrected information; means responsive to the difference between the stored data and the corrected information and being operatively coupled to the control means for selecting the mode of operation based upon said differences; and a terminal for providing control information to the robot arm including input means for applying said milking cups to the teats and providing reference data unique to each cow.

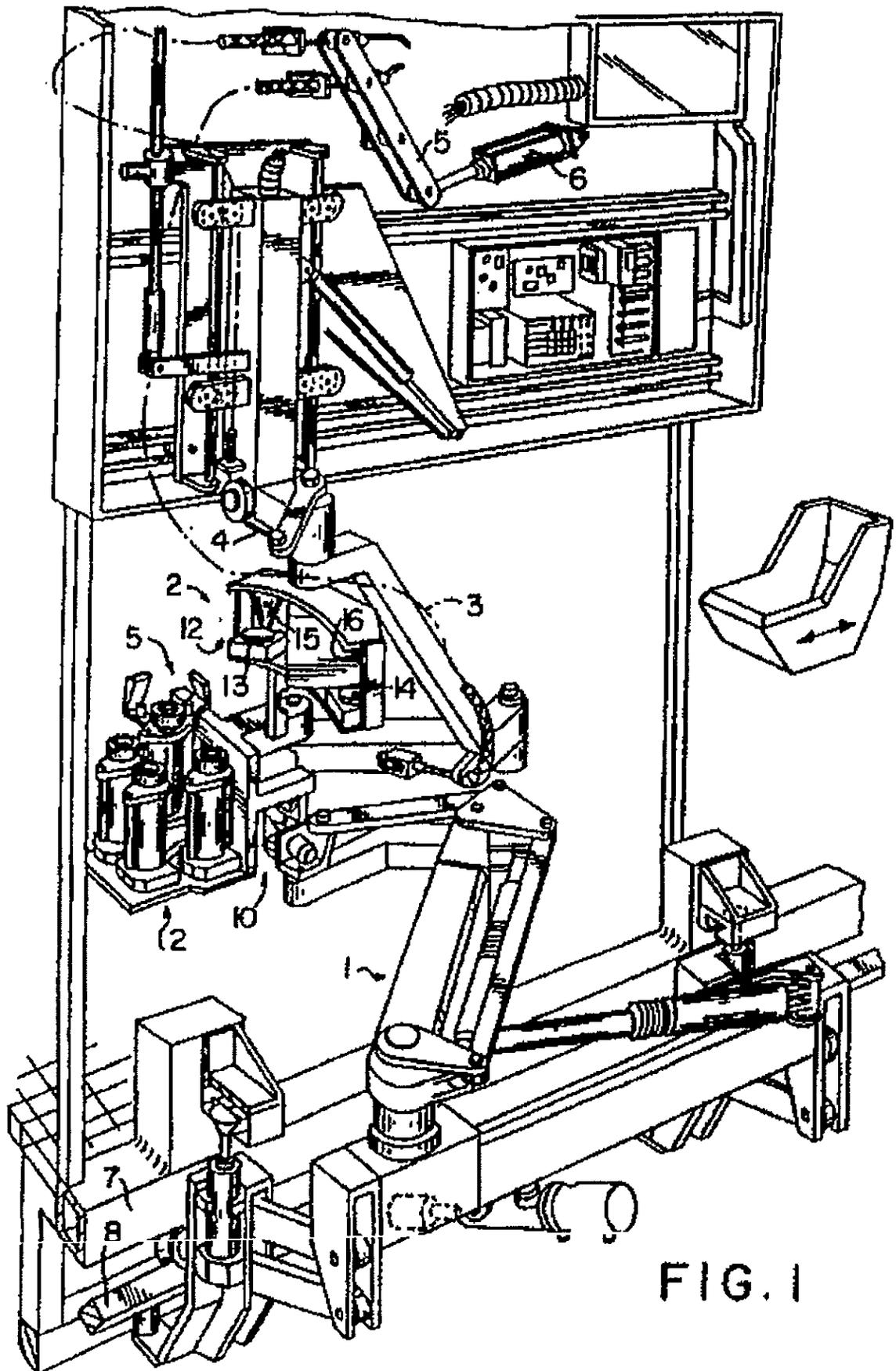
* * * * *

45

50

55

60



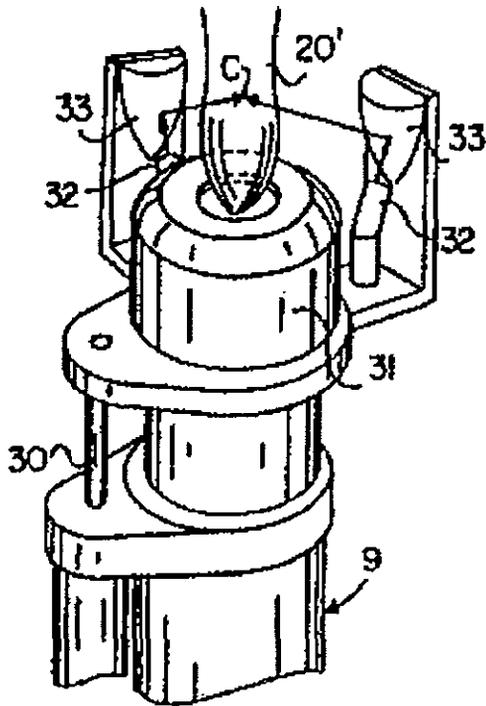


FIG. 5

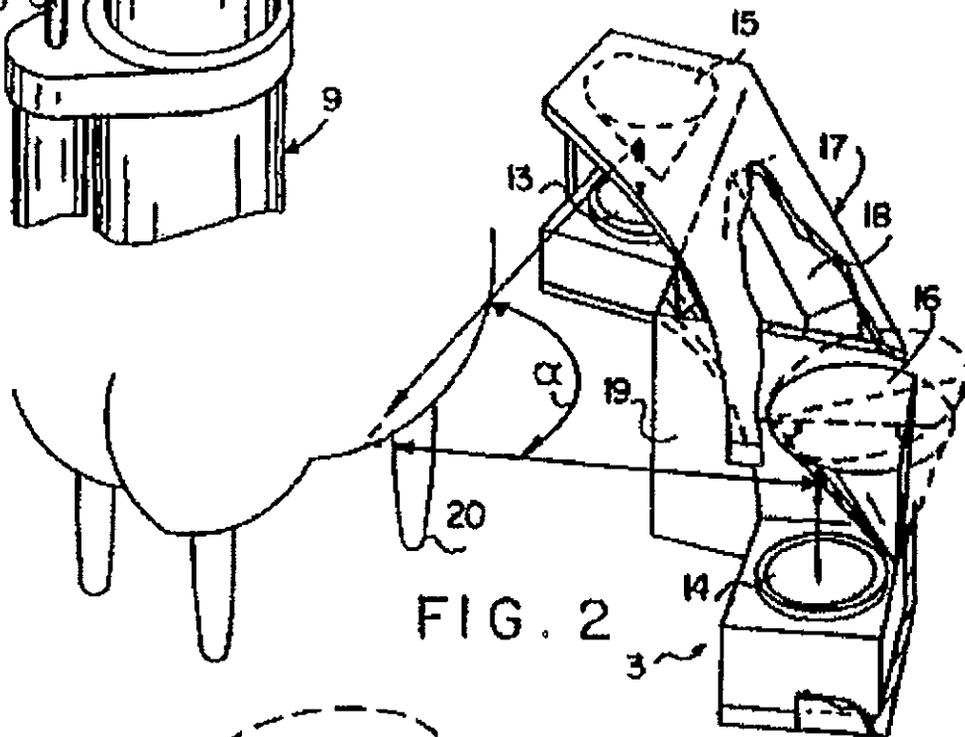


FIG. 2

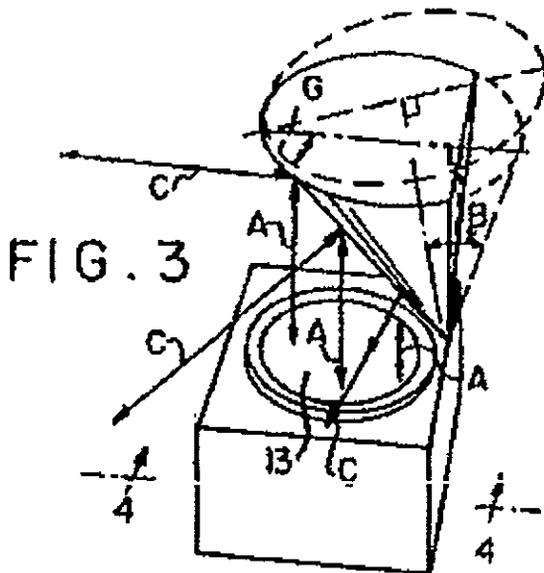


FIG. 3

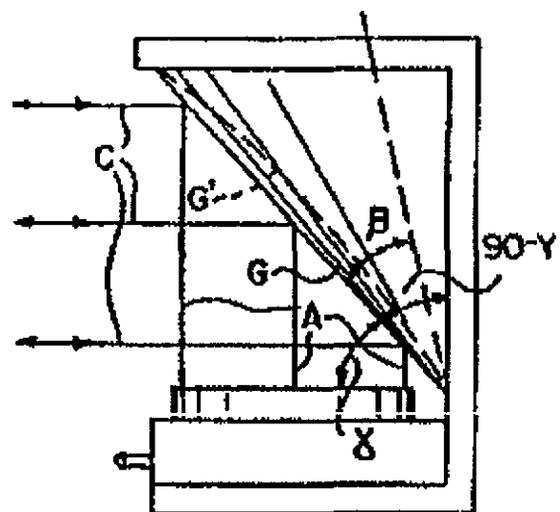


FIG. 4

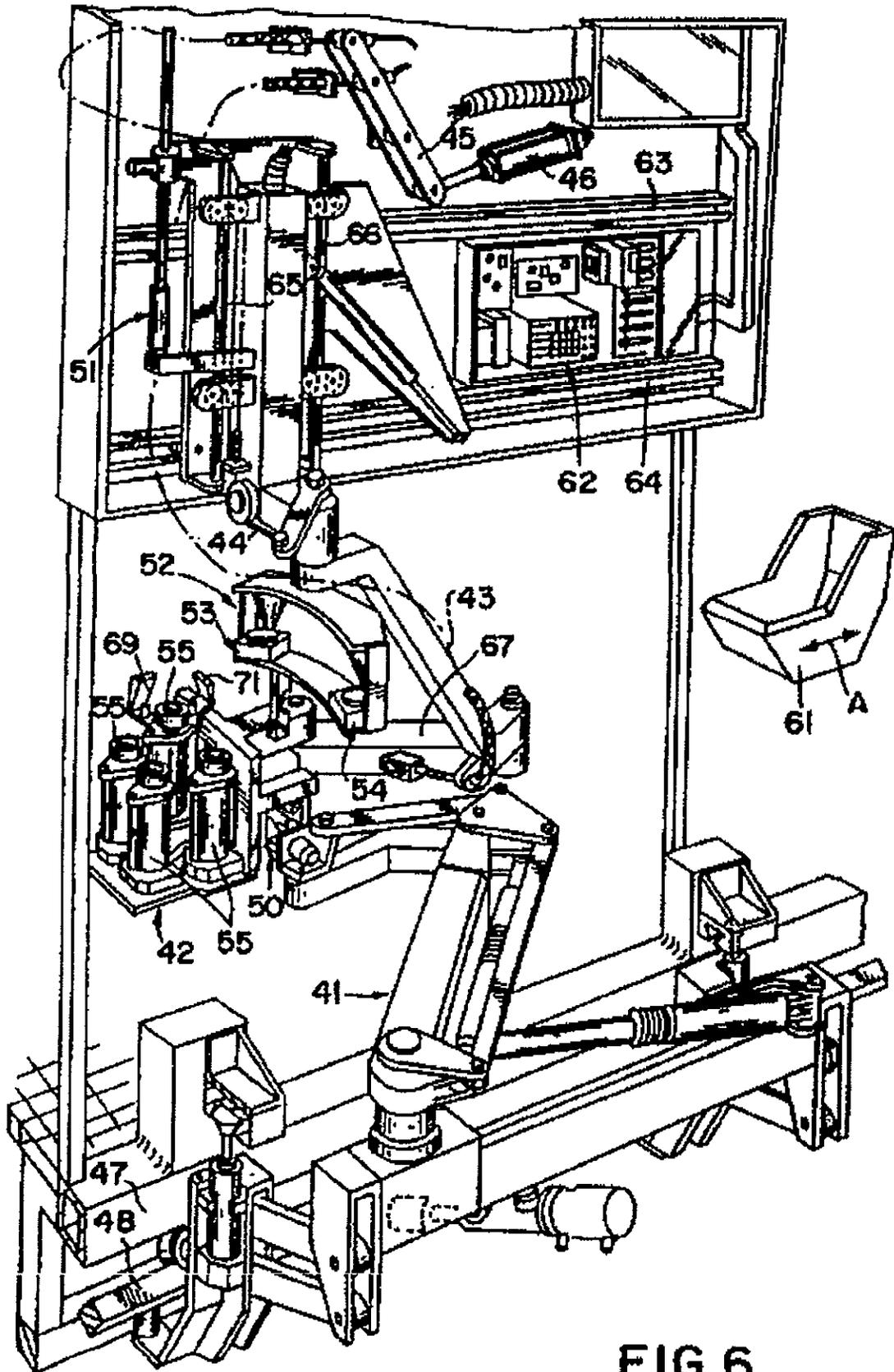


FIG. 6

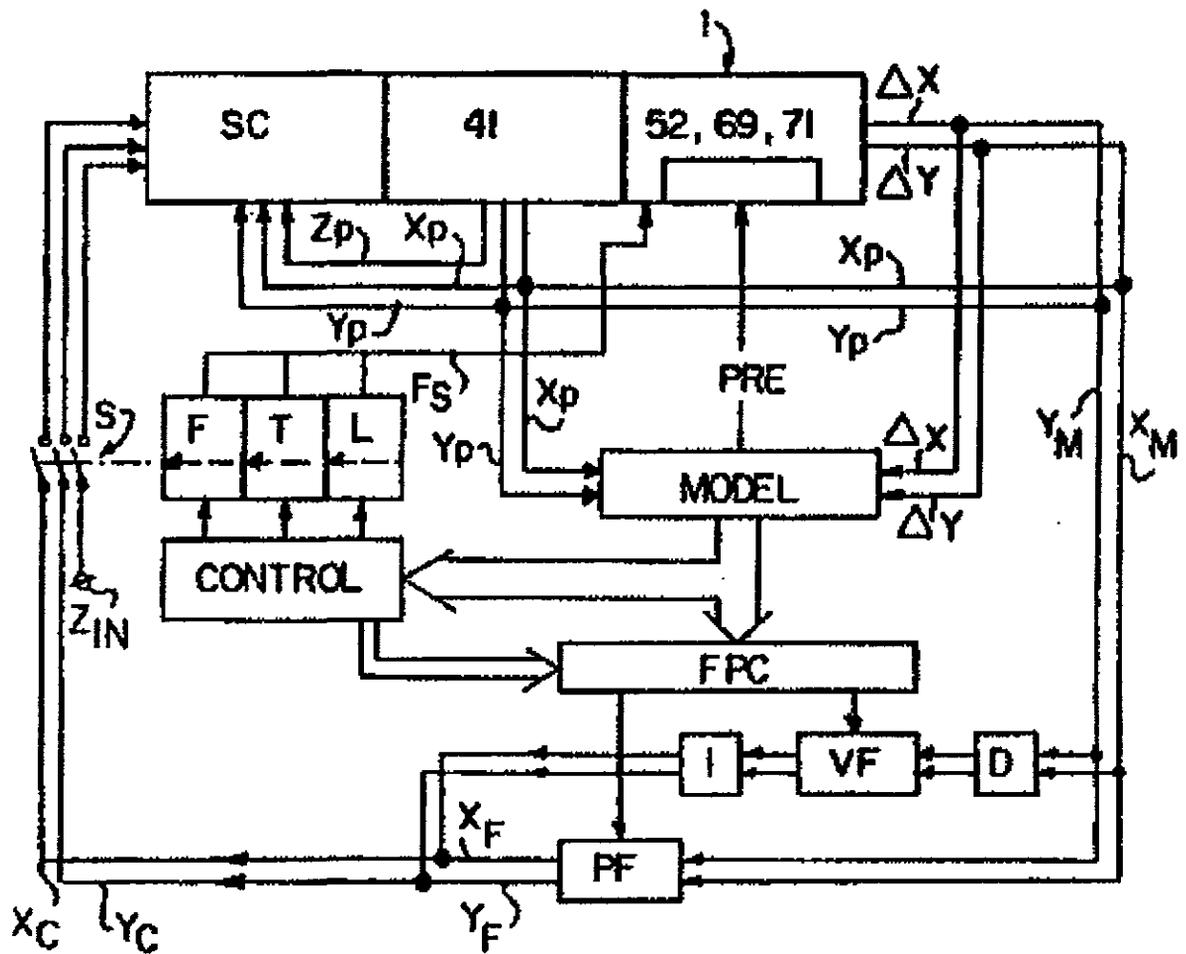


FIG. 7

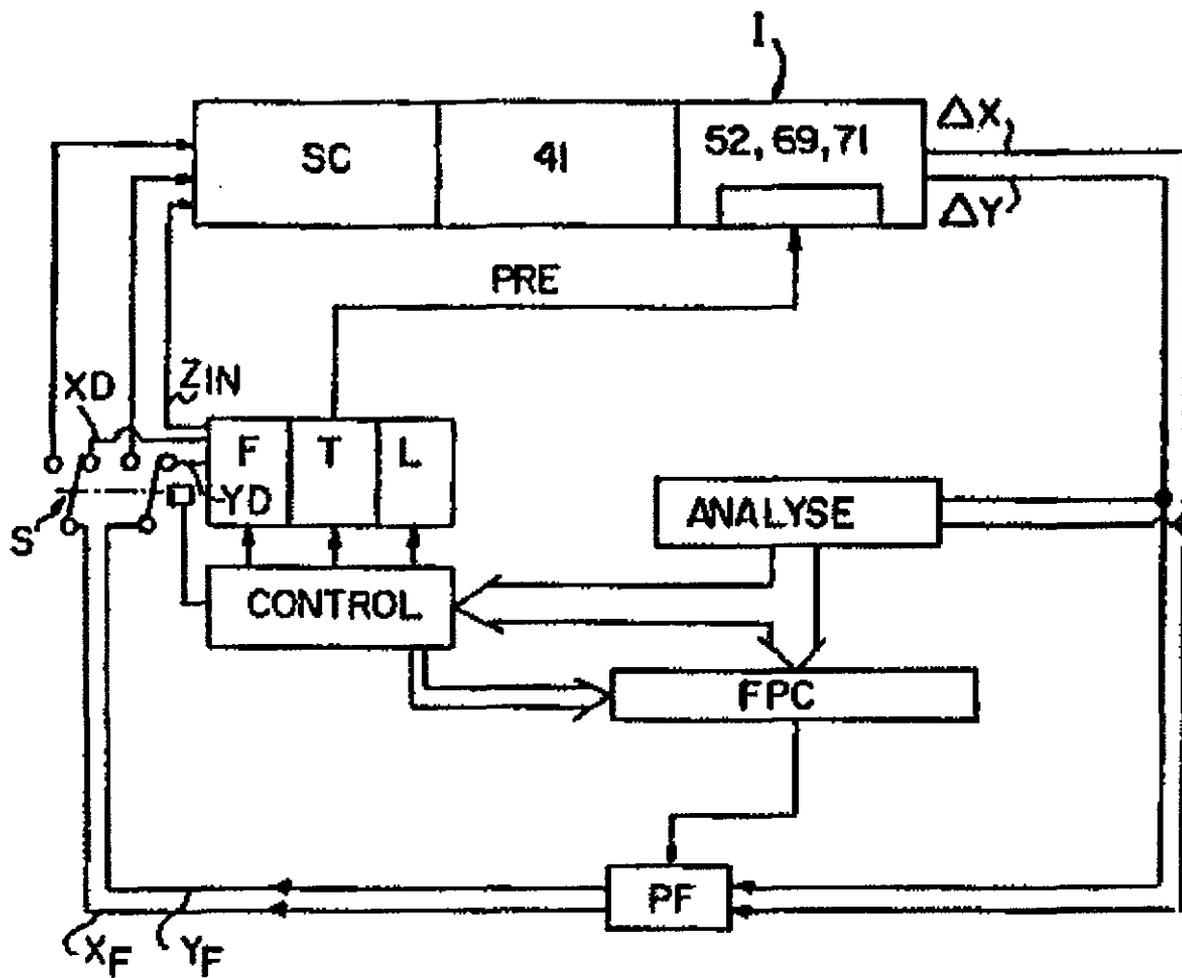


FIG. 8

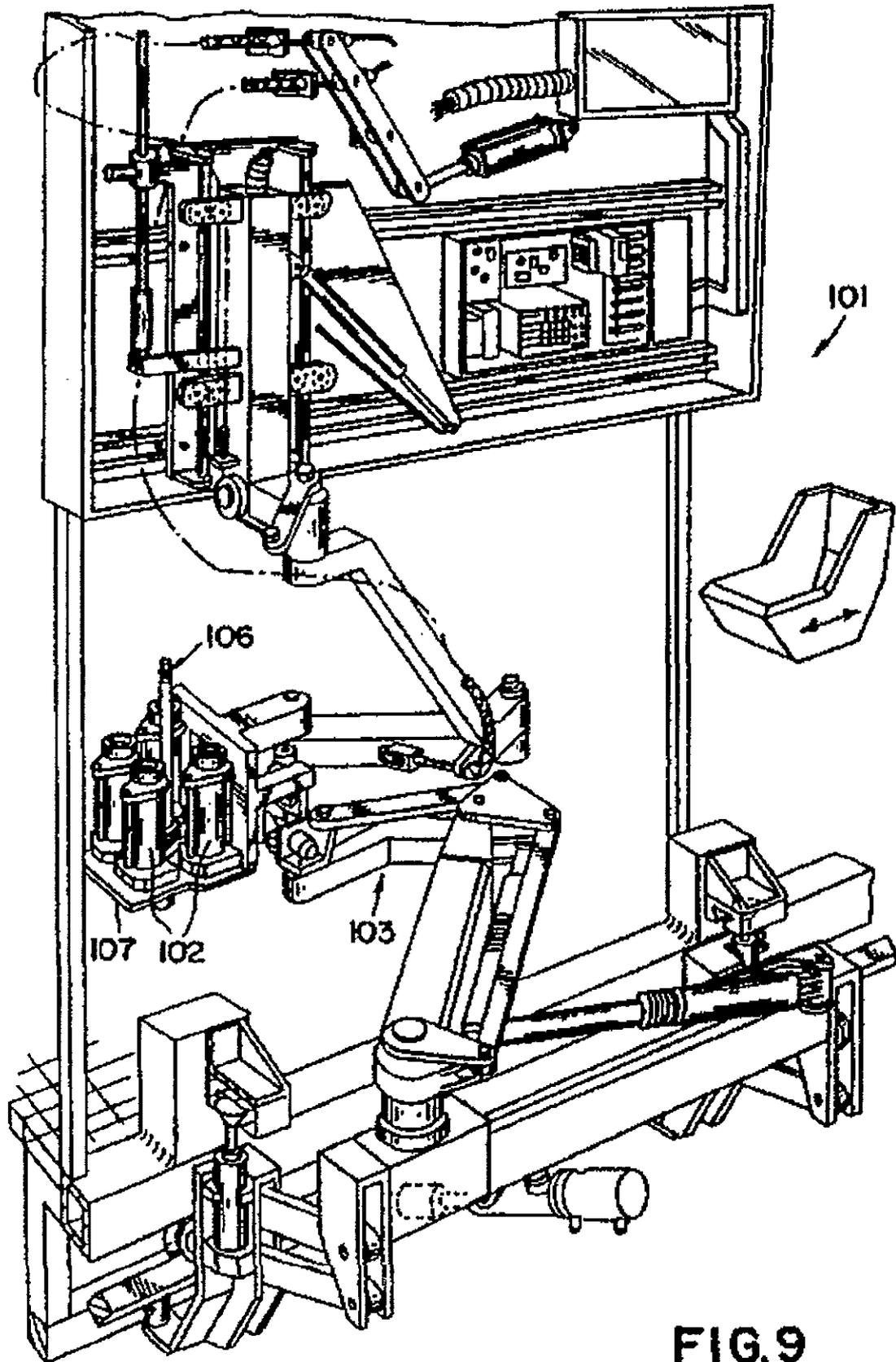
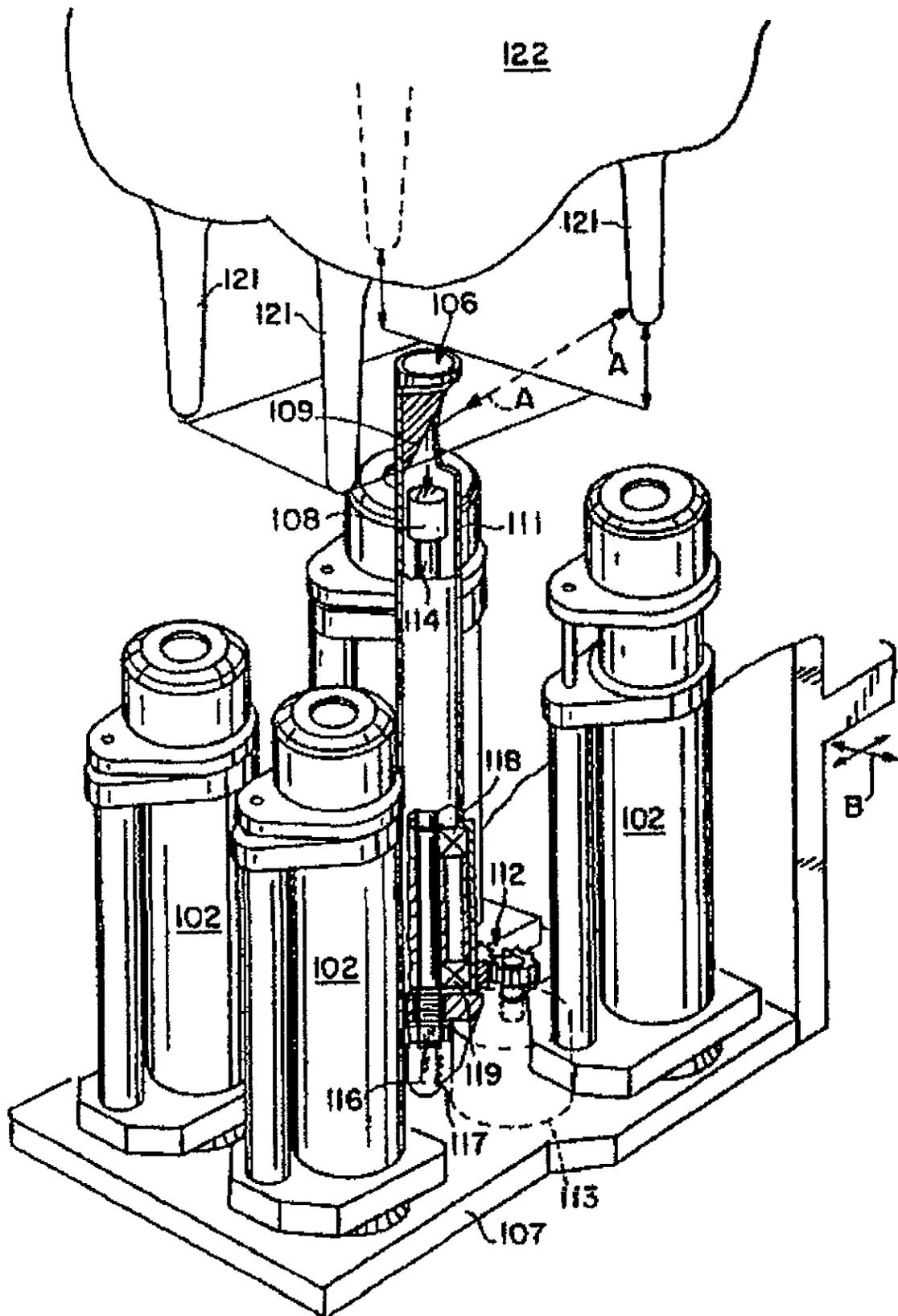
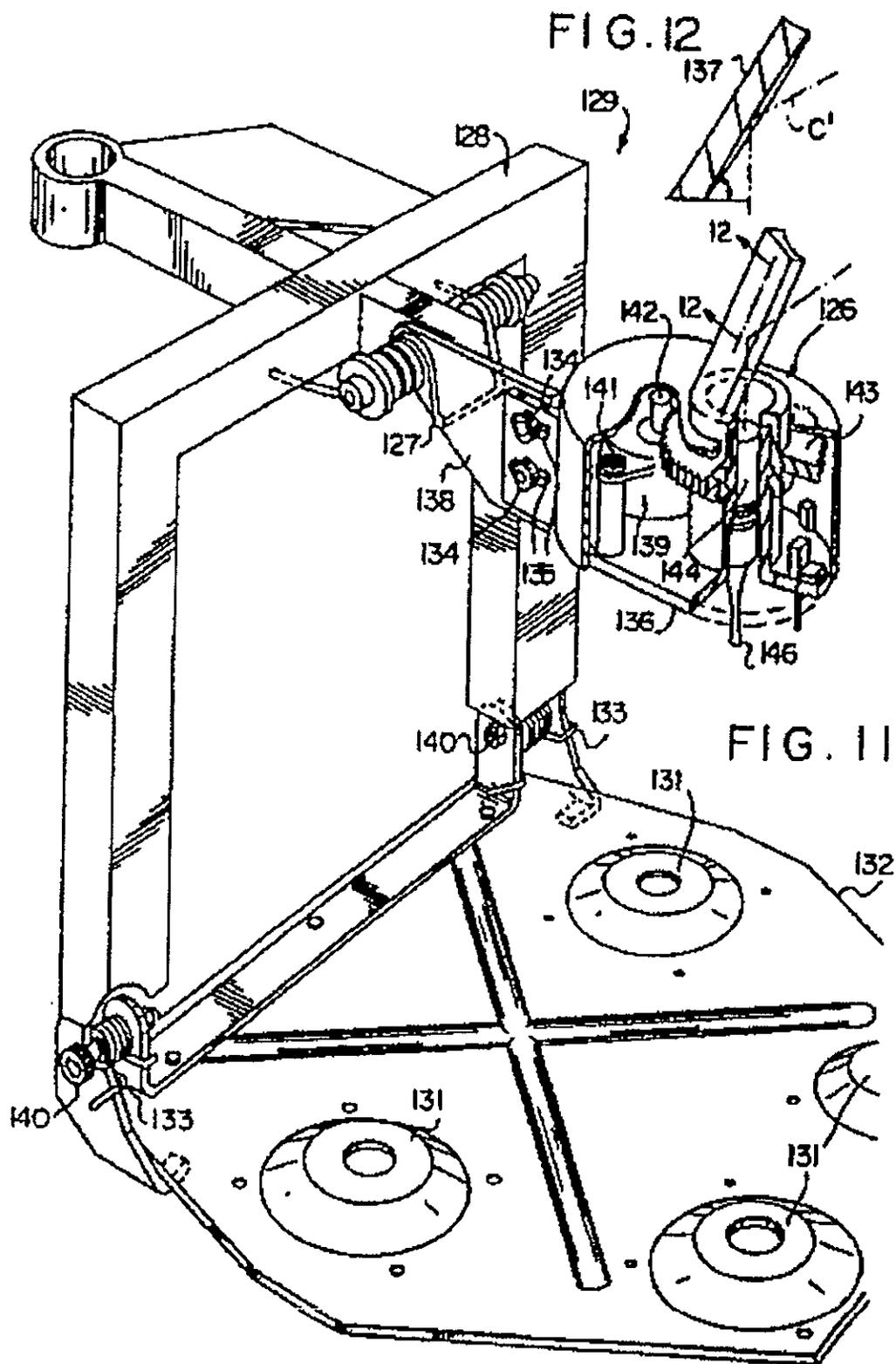


FIG. 9

FIG. 10





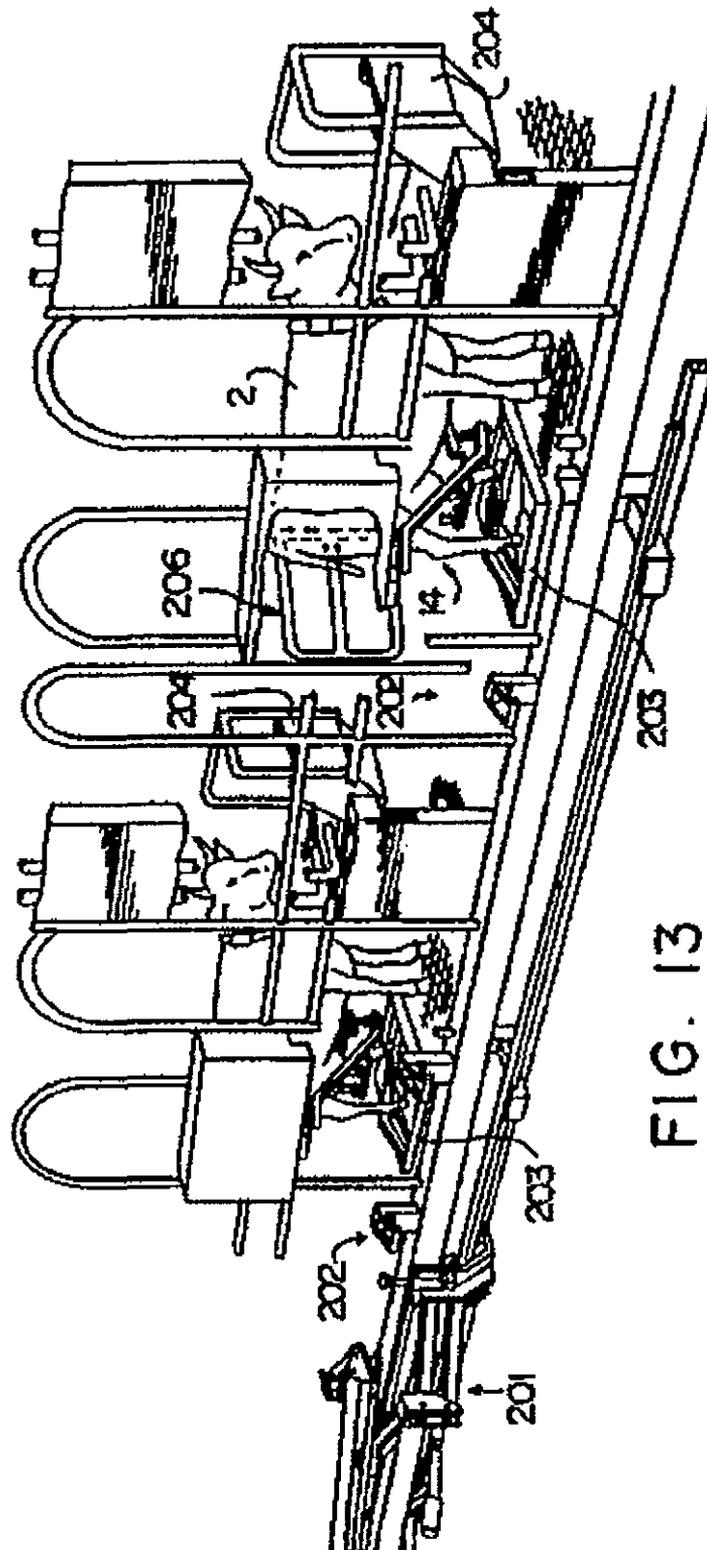


FIG. 13

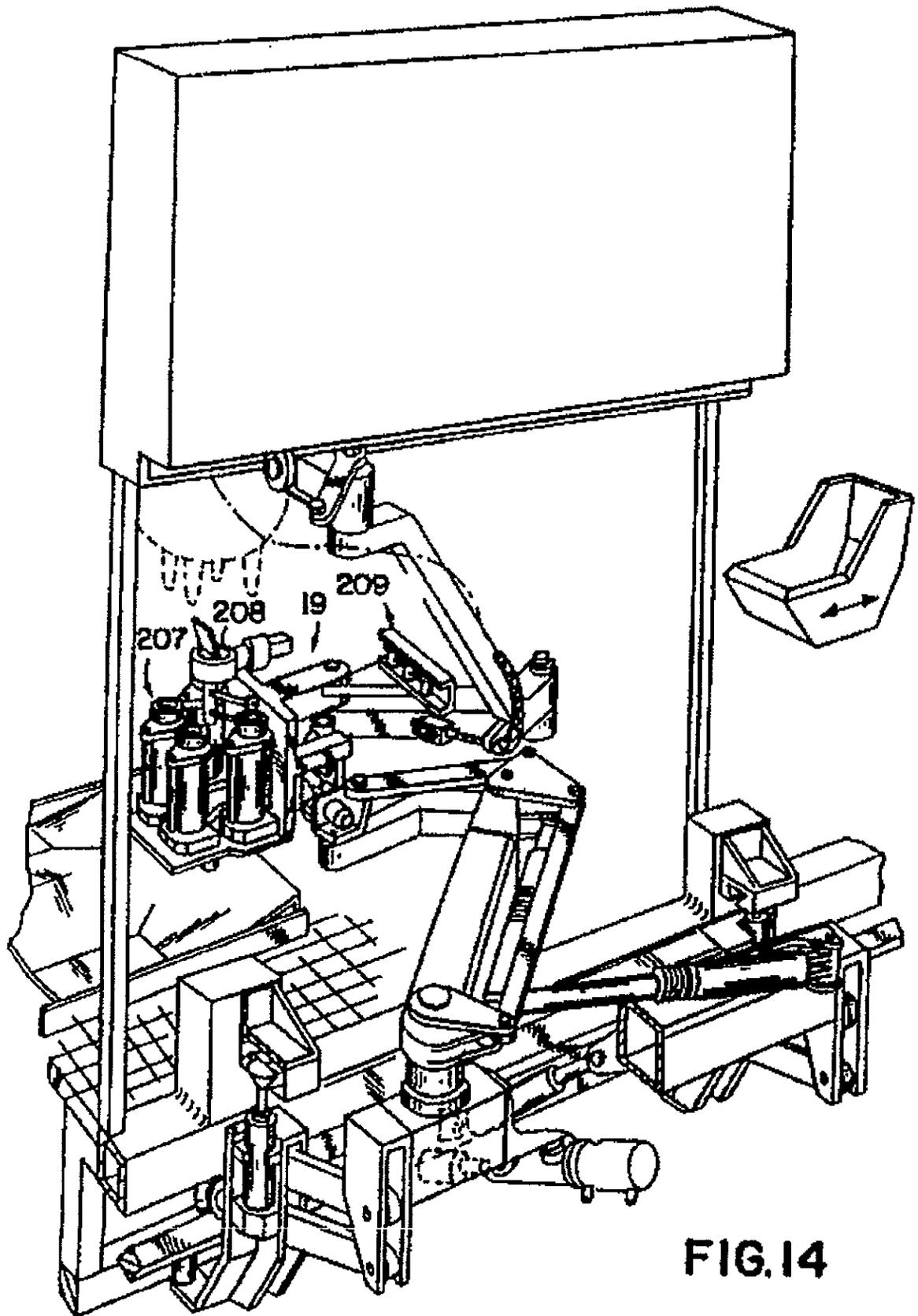


FIG. 14

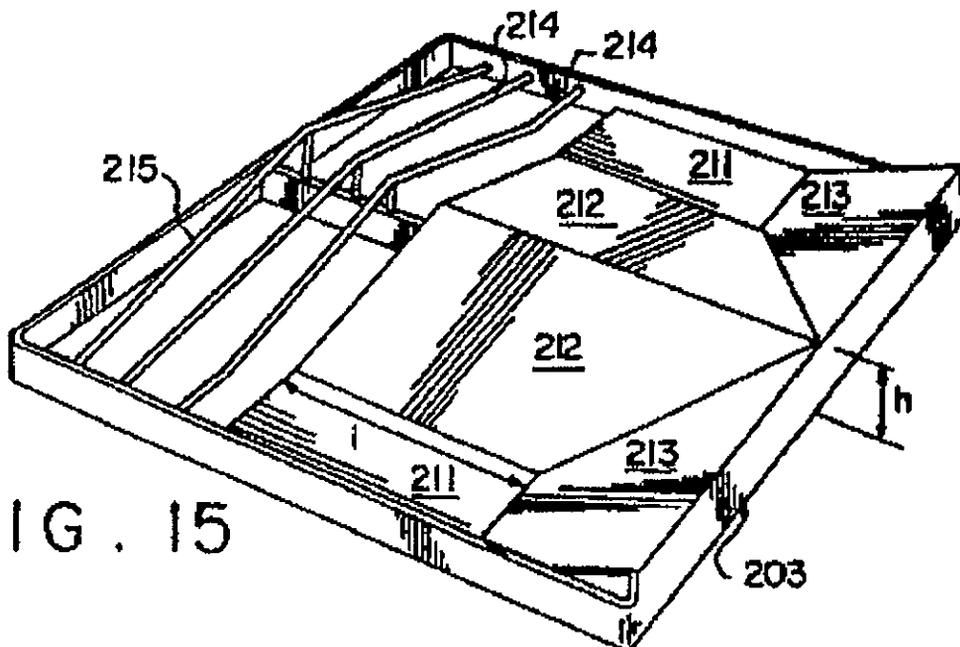


FIG. 15

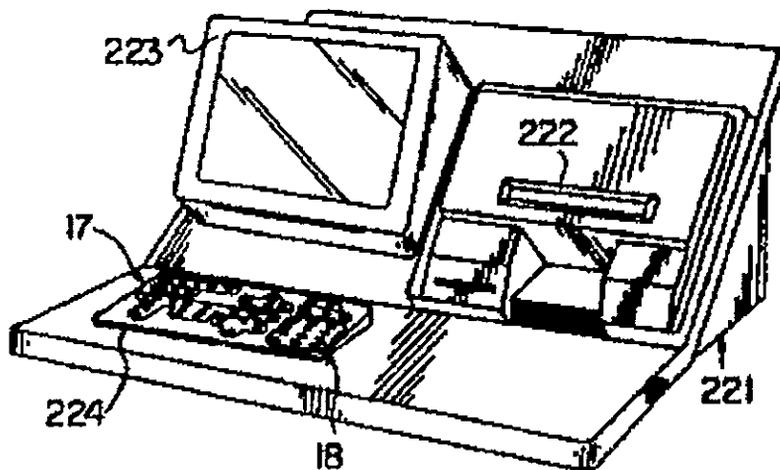


FIG. 16

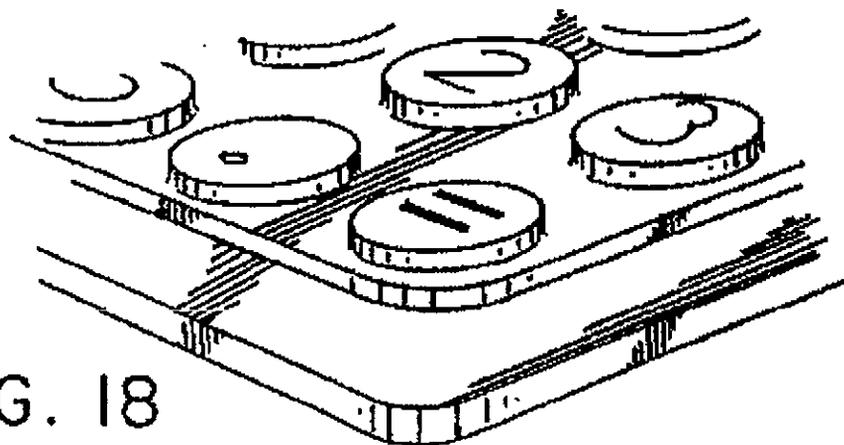


FIG. 18

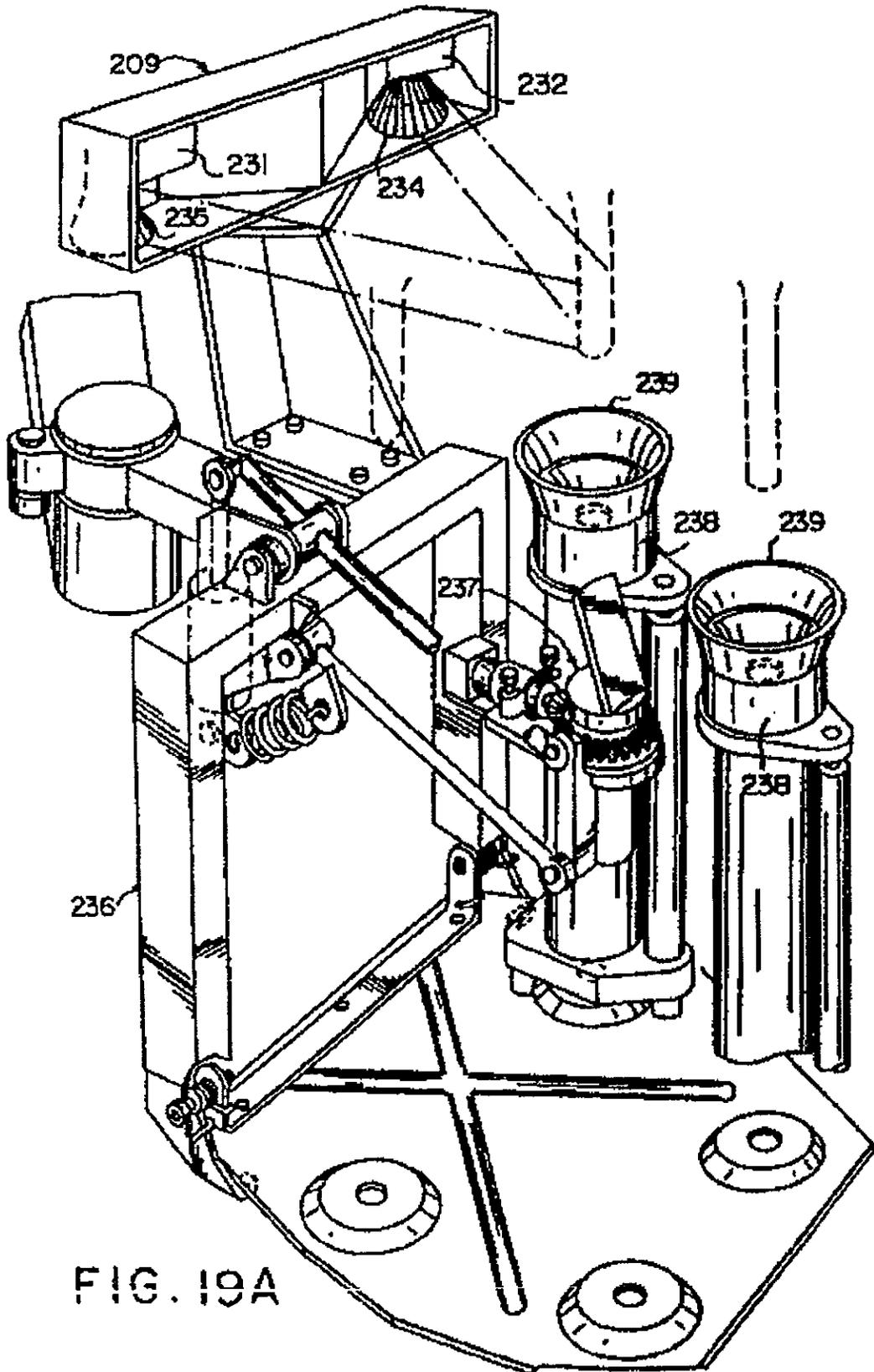


FIG. 19A

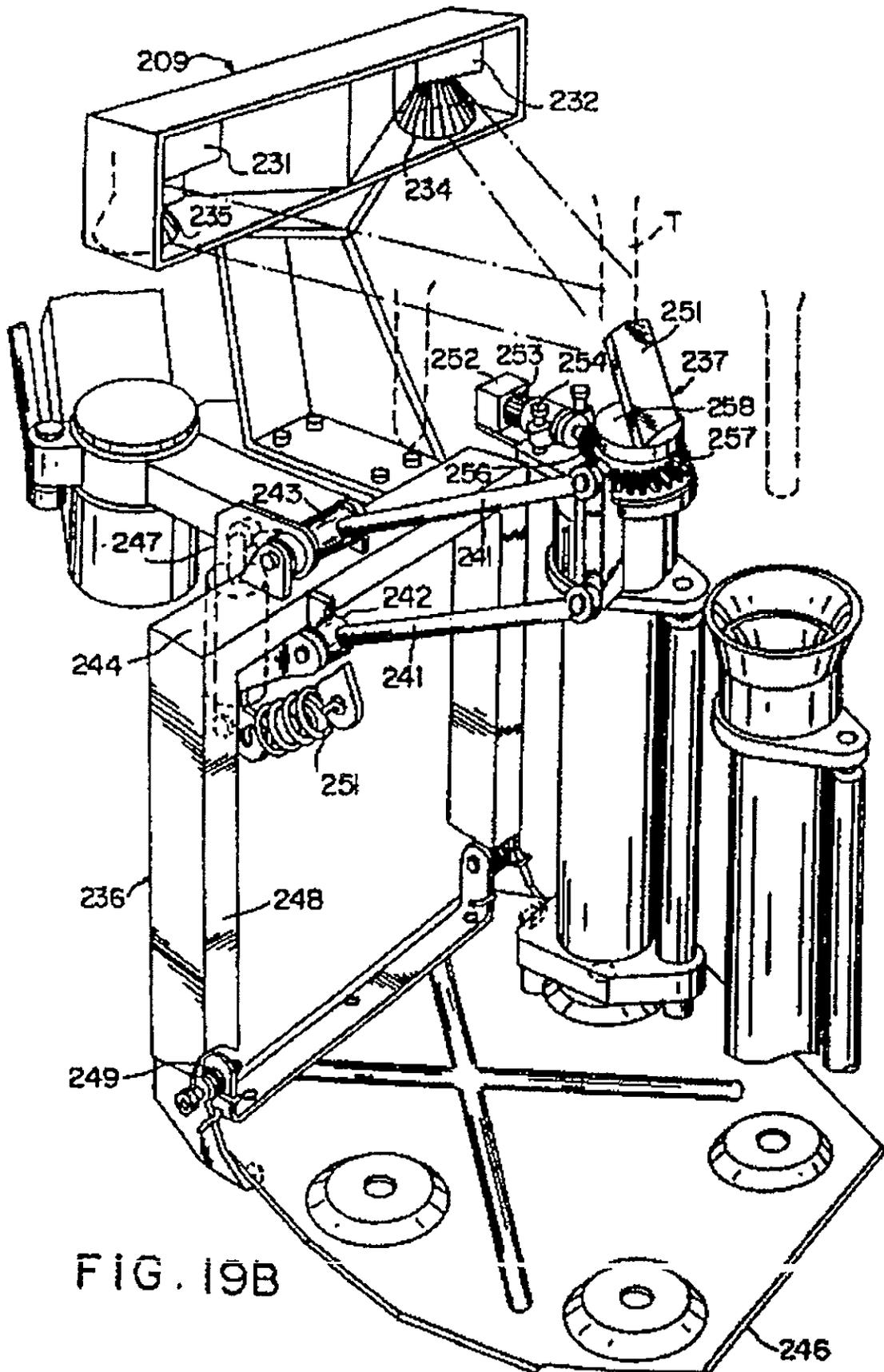


FIG. 19B

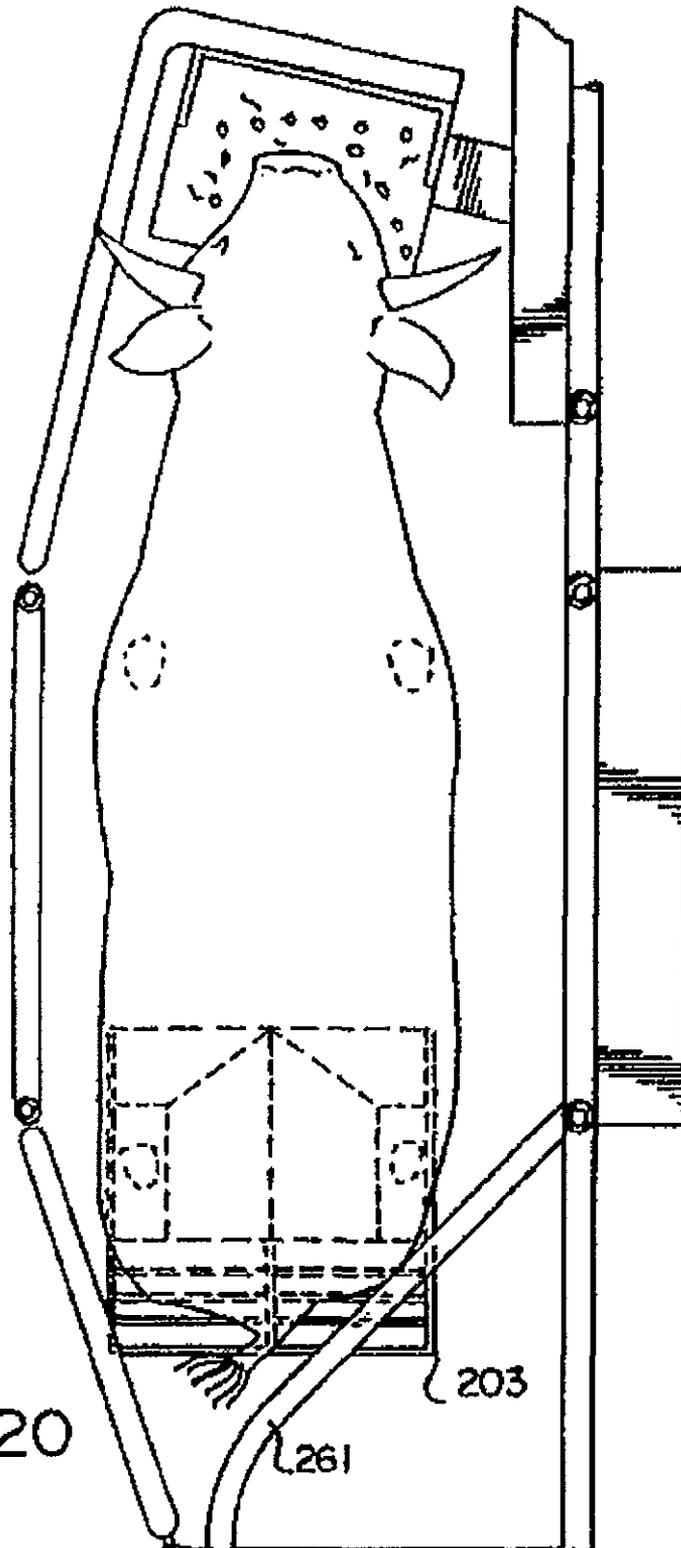


FIG . 20

BIBLIOGRAFÍA.

CAPÍTULO 1:

1. - Enciclopedia Temática Salvat.
Salvat Ediciones. Barcelona, España.1980.
2. - Hernández R., Francisco.
Anatomía y disecciones.
Facultad de Medicina. U.N.A.M. México, D.F.1990.
3. - Osborne, D.J.
Ergonomía en acción.
Editorial Trillas. México, D.F.1987.
4. - Taylor, R.E./ Bogart, R.
Scientific farm animal production
McMillan Publishing Co. U.K. 1988.
5. - Fraser, A./ Broom, D.M.
Farm animal behaviour and welfare.
Bailliere Tindall Publishers. England. 1989.

CAPÍTULO 2:

- 1.- Avila T. , Salvador.
Producción intensiva de ganado lechero.
C.E.C.S.A. México, D.F. 1990.
- 2.- Phillips, C.J.C.
Progress in dairy science
CAB International. Wallingford, England. 1996.
- 3.- Devir, S./ Hogewerf, P.H./ Ipema, A.H./ P.R. Lelystad, et al.
Design and implementation of a system for automatic milking and
feeding.
Canadian agricultural engineering journal. Vol.38, No.2.
April- June. Canada.1996.
- 4.- Catálogo de equipos y accesorios.
Alfa Laval Agri S.A. México. 1997.

CAPÍTULO 3:

- 1.- Reglamento de la ley general de salud en materia de control sanitario de actividades, establecimientos, productos y servicios.
Título cuarto. Leche, productos y derivados de la leche, sustitutos e imitaciones.
Diario Oficial de la Federación. 18 de Enero de 1988. México, D.F.
- 2.- Norma Oficial Mexicana. NOM-091-SSA1-1994. Bienes y servicios.
Leche pasteurizada. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
Diario Oficial de la Federación. 21 de Febrero de 1996. México, D.F.
- 3.- Federal Animal Welfare Act and Regulations.
Title 7, Chapter 54. Secretary of Agriculture. U.S.A. 1996.
- 4.- USDA (U.S. Department of Agriculture) Code.
Chapter 76. Bureau of Dairy Industry. U.S.A. 1996
- 5.- Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado.
Selecciones del Reader's Digest. México, D.F. 1984.
- 6.- Ghiselli, Edwin./ Brown, C.
Psicología industrial
Editorial Letras S.A. Madrid, España. 1955.
- 7.- Mateos M., Agustín.
Etimologías grecolatinas del español.
Editorial Esfinge S.A. México, D.F. 1984.

CAPÍTULO 4:

- 1.- Svennersten-Sjaunja, K. et al.
Efficient milking.
Alfa Laval Agri AB. Sweden. 1995.
- 2.- Heffner, H.E./ Heffner, R.S.
Auditory perception
University of Toledo, Ohio. U.S.A. 1992.
- 3.- Uetake, K./ Hurnik, J.F./ Johnson, L.
Cow's behavior in AMS.
University of Guelph, Ontario. Canada.
American Society of Animal Science. 1997

CAPÍTULO 4 (continuación):

- 4.- Corbett, Robert. B
Problemas comunes en el equipo de ordeño en México.
Memoria de la reunión regional del Consejo Nacional de Mastitis (N.M.C.)
Editado por N.M.C. Inc. 26 de Julio de 1996.
- 5.- Schlaiß, Günter / Rabold, K. et al.
Professional milk extraction.
Alfa Laval Agri AB. Sweden. 1996.

CAPÍTULO 5:

- 1.- Lely Astronaut: Robotic milking system.
Lely Industries. Catalogue.
Maasland, Holland. The Netherlands. 1995.
- 2.- Scott, Graham. B.
Lameness and pregnancy in Friesian dairy cows.
British Veterinary Journal. Vol. 144. U.K. 1988
- 3.- Baxter, S.H. / Baxter, D.M.
Farm animal welfare and housing.
Martinus Nijhoff Publishers. Co. England. 1983
- 4.- Quinn, Thomas.
Dairy farm management.
UNR Company. England. 1980.
- 5.- Castle, M.E./ Watkins, P.
Producción lechera moderna.
Editorial Acribia S.A. España. 1988.
- 6.- Bebb, David.
Mechanised Livestock Feeding.
BSP Professional Books. U.K. 1990.
- 7.- Manual del programa ALPRO.
Programa para manejo de rebaños de vacas lecheras.
Alfa Laval Agri AB. Sweden. 1993-1996.
- 8.- Automatic milking apparatus. Patent Number 5379721.
United States Patent . U.S.A. 1995.

INSTITUTOS CONSULTADOS:

- 1.-Biomechanics Laboratory.
Oregon State University.
e-mail: smith@ccmail.orst.edu
- 2.-College of Engineering.
Center for Ergonomics
University of Michigan.
Fax: + 1 313 764 345 1
- 3.-School of Veterinary Medicine.
University of California, Davis.
<http://www.vetmed.ucdavis.edu>
- 4.-Research station for cattle, sheep and horse husbandry.
PR Research programme 1997. Holland.
<http://www.agro.nl/APPLIEDRESEARCH/pr/UKproduct.htm>.
- 5.-Department of Animal Science.
University of Minnesota.
e-mail: kotva001@maroon.tc.unm.edu
- 6.-University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
<http://www.asas.org/abs/1997/apr954abs.html>.
- 7.-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
U.N.A.M. Circuito exterior, C.U.
México, D.F.