

ROBOTIZACION DE LOS CENTROS DE ORDEÑO EN VACUNO DE LECHE

por: Fco. Maseda Eimil* y Javier García**

INTRODUCCION

La mecanización del sector agrario, que tuvo lugar en nuestro país a partir de la década de 1950, logra que este sector comience a frenar su descapitalización y consigue que parte de los recursos generados, que hasta entonces iban dirigidos a financiar el desarrollo de otros sectores, reviertan un beneficio de sus propias estructuras.

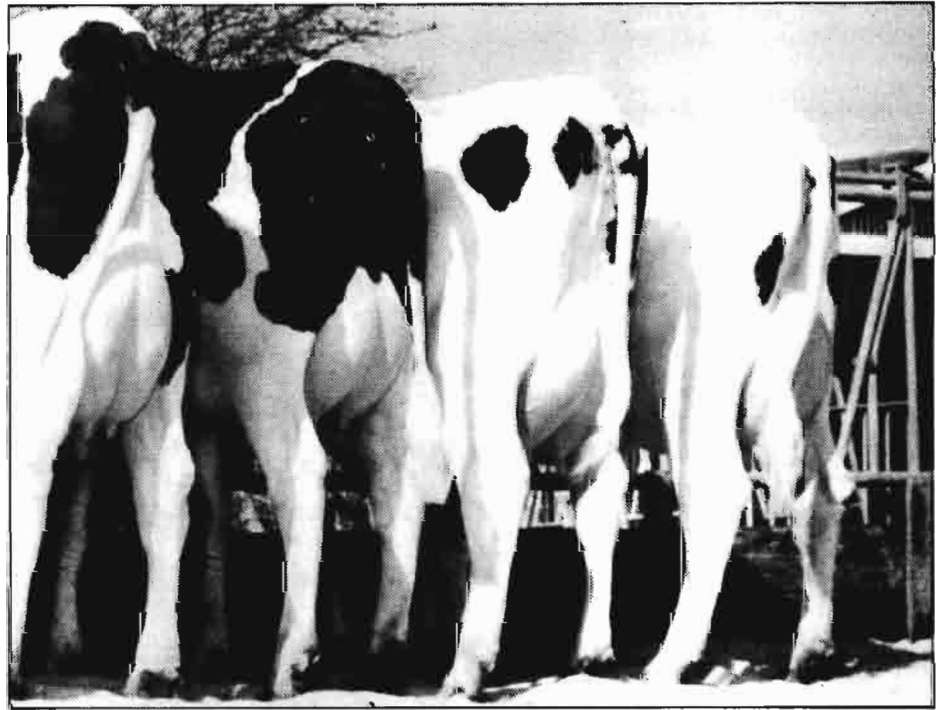
El encarecimiento de la energía, y como consecuencia de ello de todos los factores productivos, que surge en 1973, obligó a limitar el uso de las máquinas racionalizando las operaciones de manejo de las explotaciones y las industrias agropecuarias, por un lado, y a controlar su funcionamiento mediante la automatización, por otro. A consecuencia de ello las nuevas tecnologías, básicamente la electrónica y la informática, se hacen imprescindibles para lograr una alta eficacia importancia que tuvo la mecanización como soporte indispensable para utilizar aquellas tecnologías en el sector primario.

Ciféndonos al subsector ganadero, y de manera concreta a las explotaciones de vacuno de leche, es preciso señalar que los centros de ordeño han constituido la vanguardia de la investigación aplicada en aquel sub-sector debido tanto a la importancia de aquella labor como a la necesidad de dignificarla, ya que es preciso efectuarla varias veces al día, todos los días del año.

En la actualidad están completamente conseguidas la automatización y el control individual de los animales en las siguientes faenas:

- Identificación
- Pesado

(*) Dr. Ingeniero Agrónomo.
(**) Ingeniero Agrónomo.



- Estado sanitario
- Detección precoz de celos
- Fin de ordeño
- Apurado y retirada de pezoneras
- Limpieza y desinfección del material de ordeño.
- Medida cuantitativa y cualitativa de leche.
- Cálculo y suministro de alimento concentrado en función del rendimiento en leche.

Sin embargo, es aún imprescindible la presencia en la sala de ordeño de una o más personas para:

- Apoyado de la ubre, y
- puesta de pezoneras.

En esta misma revista de AGRICULTURA ya se han publicado varios artículos que hacían referencia a la ingeniería de sistemas que permite efectuar las operaciones comentadas sin intervención del vacuero. En esta ocasión se aludirá, en primer lugar, a la técnica que va a hacer posible, en un futuro muy próximo, la automatización completa del centro de ordeño, al conseguir la puesta de pezoneras mediante un robot y, en segundo lugar, a las posibilidades que tienen nuestras explotaciones de robotizar las operaciones de ordeño para, finalmente, exponer nuestro punto de vista sobre las consecuencias que tendría aquella robotización en la actual técnica productiva del sector lácteo en España.

GANADERIA

AUTOMATIZACION Y ROBOTIZACION AGRARIAS

El sector agrario presenta unas características específicas que hacen muy complejo el paso de automatización a robotización, y entre ellas, cabe destacar las relativas a los aspectos técnicos y socio-económico. En el primer grupo pueden incluirse:

— Las condiciones climáticas en la zona de trabajo, que son extremadamente variables, tanto si la labor se realiza al aire libre o en interiores. Considérese la recogida de frutas o bien las condiciones de humedad y temperatura en el interior de una sala de ordeño, como ejemplos de lo anteriormente comentado.

— La gran variedad de tamaños, formas y colores de los productos cosechados.

— La fragilidad que, con frecuencia, presentan los productos tanto animales como vegetales. Consideramos aquí, por ejemplo, la recogida de huevos en una explotación de puesta.

— Finalmente, es necesario tener en cuenta que los productos a robotizar son a veces difícilmente accesibles y están dispersos en áreas amplias.

Entre las singularidades pertenecientes al segundo grupo cabe destacar la estacionalidad de muchas de las labores, lo cual obliga a una baja posibilidad de inversión debido a lo dilatado del periodo de amortización.

Todo lo anterior explica la extraordinaria complejidad que presenta la robotización agraria y justifica la lentitud del avance en el camino mecanización-automatización-robotización, así como las exigencias de versatilidad, polivalencia y resistencia que han de acreditar los robots que vayan a actuar en agricultura y ganadería, garantizando sus cualidades para adaptarse al medio, modificar la tarea a desarrollar y soportar las difíciles, y a veces imprevisibles, condiciones de trabajo.

Para lograr las características expuestas, la topología de los robots agrarios debe ir más allá de la de los mecanismos meramente articulados y que presenta una automatización estrictamente repetitiva. Son los que se denominan robots inteligentes y, a continuación, se indica lo más destacable en ellos. Están constituidos por:

— Organos sensoriales destinados a detectar la presencia del elemento objeto de la robotización.

— Sistemas de gestión informatizada para procesar los datos obtenidos por los sensores, situar con toda exactitud de posición del objeto, calcular la trayectoria que es preciso recorrer para estacionarse en dicha posición y seleccionar la acción a realizar.

— Una parte mecánica encargada de

realizar los movimientos necesarios para posicionar al robot en el lugar adecuado y ejecutar la acción seleccionada.

Los órganos sensoriales se clasifican, según el principio físico utilizado, de la forma siguiente:

- Táctiles
- Acústicos
- Ópticos

y son estos últimos los que presentan, con una notable diferencia sobre los otros, mayores ventajas, desempeñando un papel privilegiado en robótica agraria.

La señal electromagnética (óptica) convertida a código binario es recibida por la unidad informática quien calcula las coordenadas correspondientes a la posición del objeto y la trayectoria que debe ser recorrida por el brazo para posicionar la pinza en el lugar donde se ha de realizar la acción. A estos dos elementos nos referimos seguidamente, al comentar la parte mecánica.

La parte mecánica consta de una estructura que agrupa, casi siempre, dos sub-estructuras acopladas en su funcionamiento:

- el tronco y
- el brazo

Este último termina en un órgano ejecutor o mano. (Fig. 1).

El robot así definido es el conocido como universal y los movimientos del brazo, denominados grados de libertad, pueden tener lugar mediante rotaciones (R) o translaciones (T); así, según el número de ejes que tenga puede resultar, al menos en teoría, una elevada cantidad de combinaciones posibles. Por ejemplo, un brazo de tres ejes puede realizar desde tres translaciones (T-T-T), hasta tres rotaciones (R-R-R) pasando por T-T-R, T-R-T, etc. En la siguiente Fig. 2, se muestra un ejemplo de R-T-R.

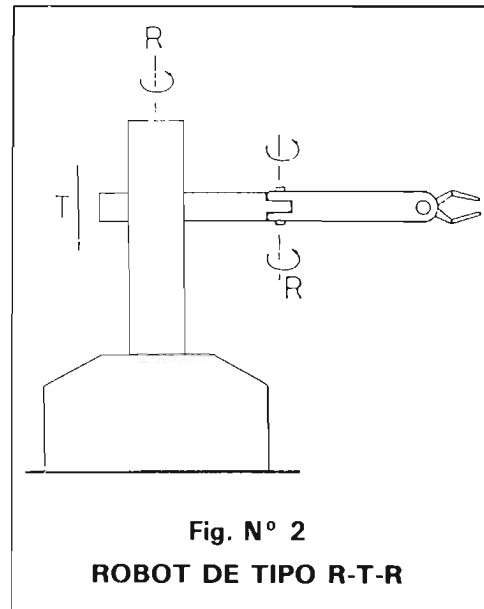


Fig. N° 2
ROBOT DE TIPO R-T-R

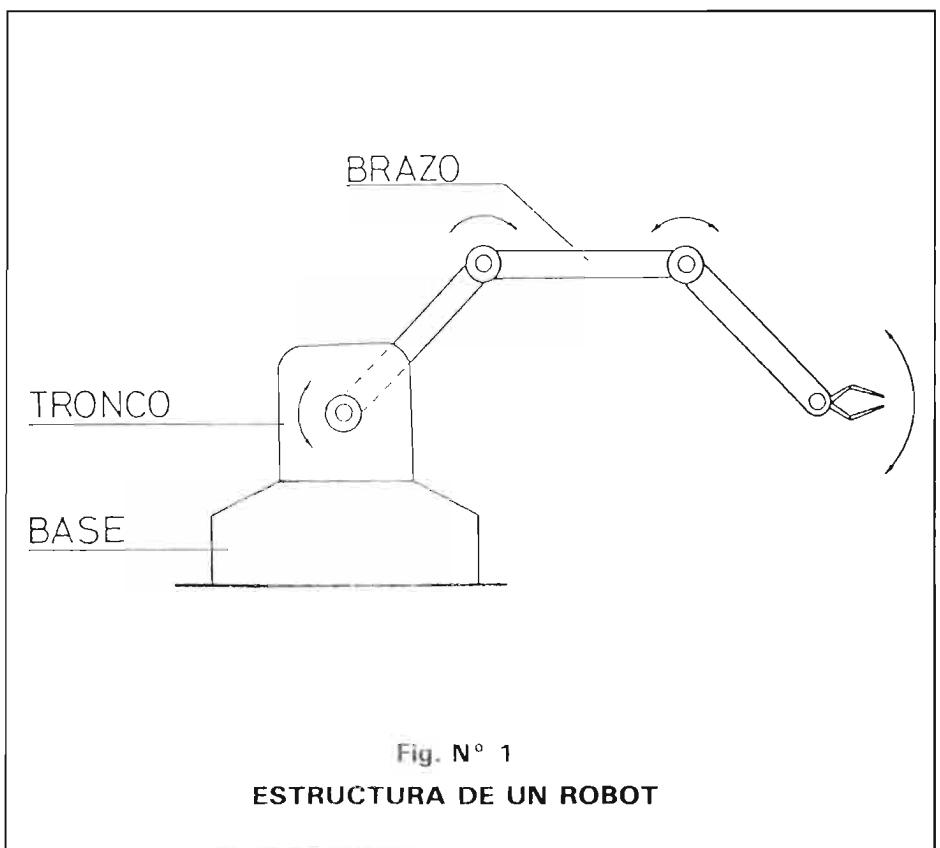


Fig. N° 1
ESTRUCTURA DE UN ROBOT

TECNOLOGIA DEL ROBOT DE ORDEÑO

El término robot de ordeño se usa para referirse a un conjunto de mecanismos que agrupa los siguientes componentes:

- Sistema sensorial para detectar los pezones de la ubre.
- Equipo informático para cálculo y control de trayectorias.
- Estructura electromecánica para mover el brazo y posicionarlo en la ubre.

Después de varios trabajos teóricos desarrollados desde mediados de los años 70 hasta mediados de los 80 (Akermann, 1977; Notsuki, 1977 y Van der Lely, 1985, entre otros), comenzó a efectuarse una investigación aplicada con la finalidad de conseguir una realización concreta de un mecanismo para robotizar el ordeño antes del 2000. Para ello se han constituido en algunos países y, particularmente, en los centros de investigación de Alemania, Francia, Holanda e Inglaterra, robots experimentales y aunque, obviamente por razones de protección industrial, no se dispone de una información detallada sobre ellos, la bibliografía existente es suficiente para poder afirmar que todas las líneas de investigación están de acuerdo en los siguientes puntos:

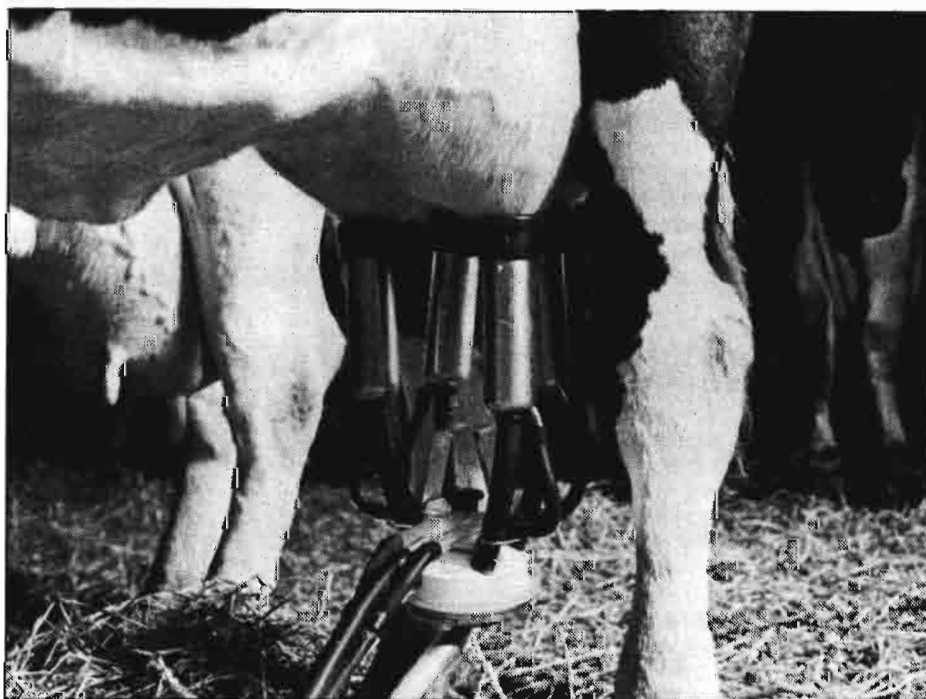
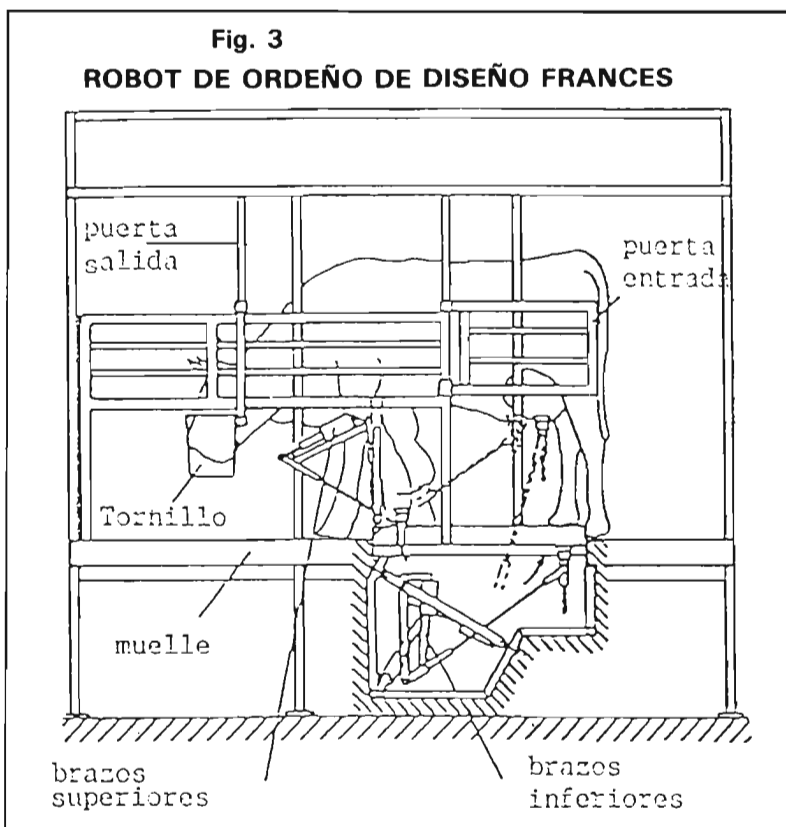
- El Robot de Ordeño sustituirá a la Sala de Ordeño.
- El Robot de Ordeño permitirá realizar todas las labores necesarias sin precisar la cooperación de personal ageno.

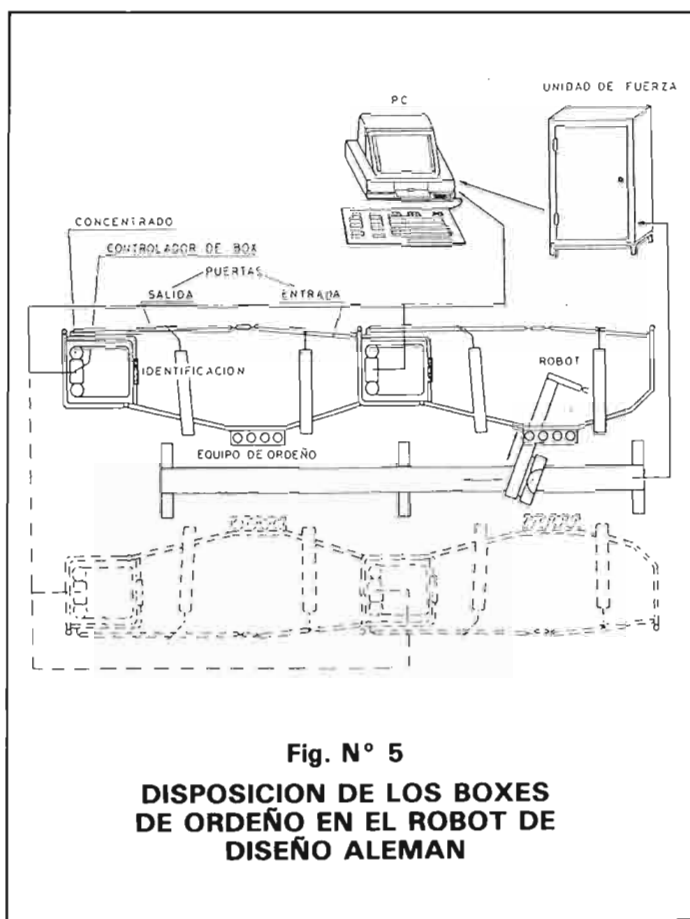
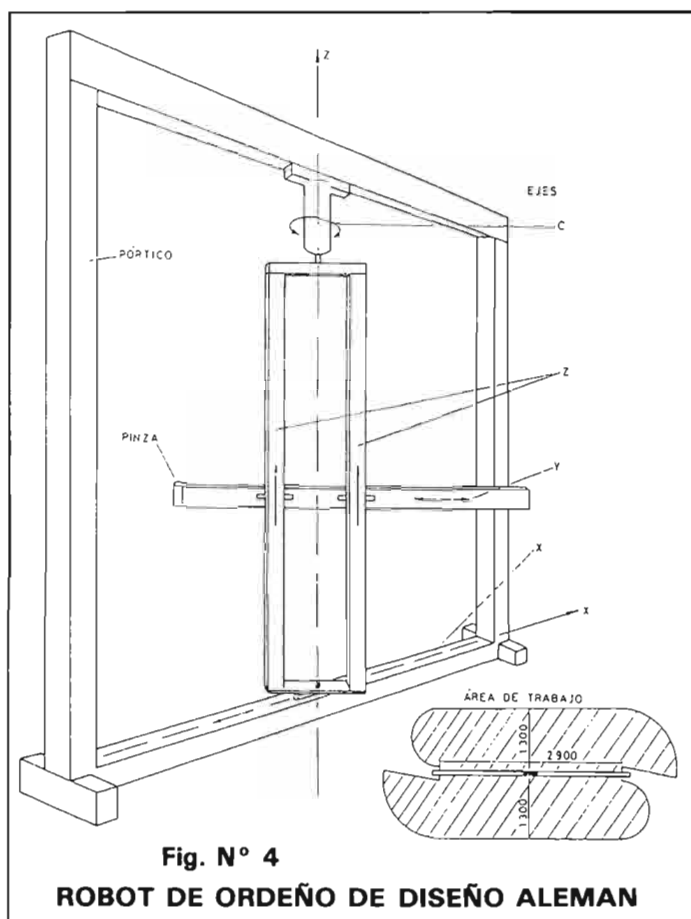
Por otra parte, si bien es evidente que existen diferencias apreciables entre las distintas soluciones adoptadas según que línea de trabajo todas coinciden en aceptar las particularidades siguientes:

- la puesta de pezoneras debe ser tan rápida como exige la actuación de la oxitocina,
 - no es posible utilizar los datos específicos almacenados en las memorias del ordenador, sobre la geometría del órgano mamario de cada animal, ya que la posición de los pezones, además de variar con el número y fase de la lactación, varía de un ordeño a otro, según la cantidad de leche contenida en la cisterna de la ubre,
 - no es posible, tampoco, impedir por completo los movimientos de las vacas en el box de ordeño (no entrarían si eso ocurriese) y, a consecuencia de ello, hay variaciones de posición ubre-pezones de una vez a otra,
 - los animales acudirán al Centro de Ordeño libremente durante las 24 h del día,
- Teniendo en cuenta esos condicionantes, cada Centro de Trabajo adoptó sus propias soluciones y así las investigaciones francesas, desarrolladas básicamente en el CEMACREF de Rennes y en el Laboratorio de Robótica Agraria de la Uni-

versidad de Burdeos, están trabajando con un robot de diseño específico para ordeño, constituido por 4 brazos manipuladores, dos de los cuales se alojan en la plataforma de ordeño y otros dos están sobre dicha plataforma, como puede apreciarse en la Fig. 3.

Por su parte, en los Centros de Investigación Alemanes, fundamentalmente en Braunschweig-Völkenrode, se trabaja sobre la base de adoptar un robot industrial tipo pórtico de 6 G. de L., al que le ha acoplado un brazo capaz de manipular las pezoneras. Figs. 4 y 5.





A pesar de las diferencias estructurales de los robots diseñados en los distintos países, se puede detectar una cierta coincidencia en las soluciones ensayadas para resolver los problemas motrices y sensitivos. Así para la motricidad se recurre a trayectorias continuas mediante control por servomotores con retroalimentación y a los sensores optoelectrónicos y a la visión artificial mediante cámaras CCD y láser, para reconocimiento del entorno.

El soporte informático está avanzando muy de prisa para conseguir la puesta a punto de un sistema computarizado con capacidad de generación de trayectorias.

POSIBILIDADES DE ROBOTIZACION DEL ORDEÑO EN NUESTRAS EXPLOTACIONES

En los apartados anteriores se hizo referencia a las aplicaciones de la ingeniería de sistemas robotizados y técnicas sensoriales al ordeño de ganado vacuno. Se comentaron de forma muy somera los avances obtenidos en los Centros de Investigación que están desarrollando esa línea de trabajo y puede concluirse, a la vista del estado actual del arte, que, en un futuro muy próximo, va a ser posible comercializar un robot que permita:

- prescindir de la Sala de Ordeño,
- no necesitar mano de obra,
- informatizar por completo el manejo del vacuno de leche.

No obstante, para decidir la conveniencia de robotizar una explotación habrá que considerar un punto de parámetros que permitan tipificar la tipología óptima de producción. En este sentido, técnicos del

instituto de Investigación de Silos (Inglaterra) concluyeron, recientemente, que para rebaños de 40 vacas o más, el número de unidades de ordeño automatizado necesario está comprendiendo entre 1/4 y 1/2 del número de puntos de ordeño necesarios en una instalación convencional.

Con esos datos el CEMAGREF, comparando en costes un sistema clásico con una robotizado en lo referente a inversión

Tabla N° 1
ESTIMACION DEL COSTE DEL ROBOT DE ORDEÑO (FF)
DATOS DE CEMAGREF

Tamaño del rebaño. (N° vacas)	Inversión		Mantenimiento anual	
	Sistema			
	Robotiz.	Convencional	Robotiz.	Convencional
20	240 000	92 000	-	-
60	290 000	260 000	57 000	50 000
150	580 000	430 000	114 000	85 000

NUEVOS TRACTORES KUBOTA SERIE M1

M1-75 86 CV*

M1-85 95 CV*



JUNTOS LABRAMOS EL FUTURO

Trás la constitución en 1986 de la empresa EBRO KUBOTA, S.A. y la renovación de nuestras instalaciones fabriles para convertirlas en las más avanzadas de la industria agrícola de España, tenemos el orgullo de presentar los NUEVOS TRACTORES KUBOTA SERIE M1—(M1-75 M1-85) que destacan entre los de su categoría y potencia por sus características sobresalientes.- Veamos alguna de ellas.

MOTORES.- De cuatro cilindros con 4327 cm³ y 4665 cm³ y la mayor reserva de par del segmento 25 y 27 %.

TRANSMISIONES.- Con 12, 18, 24 y hasta 36 velocidades adelante y atrás (72 en total).

INVERSOR SINCRONIZADO.- Que permite el cambio de sentido de la marcha sin parar el tractor.

TRACCION DELANTERA.- Con alto despeje sobre el suelo y reducido radio de giro.

TOMA DE FUERZA.- A 540, 1000 rpm. y proporcional al avance del tractor.

SISTEMA HIDRAULICO.- Con alta presión y caudal 200kg/cm² y 62 l. min.

DIRECCION HIDROSTATICA.- Para disfrutar de una dirección suave y girar sin esfuerzos.

FRENOS HIDRAULICOS.- De discos húmedos que no necesitan entretenimiento, autoajustables y autocompensables.

CABINA INTEGRAL.- De diseño ergonómico, flotante, hermética, insonorizada, equipada con aire acondicionado y calefacción.



La Tecnología es nuestra raíz

(*) Potencia máxima, estimada por el fabricante.
Potencia Homologada a la T. de F. 81 y 88 CV.

FRUTICULTOR PLANTÉATELO

Tú decides



**PLANTONES
CONTROLADOS
OFICIALMENTE**



Manzano



Peral



Membrillero



Melocotonero



Albaricoquero



Almendro



Cerezo



Ciruelo

*LOS MEJORES
EN SU CAMPO.*



y mantenimiento, considera indicativas, según el tamaño de explotación, las cifras que figuran en la tabla n° 1.

De la tabla anterior puede desprenderse una cifra en torno a las 60 vacas como tamaño de explotación mínimo aconsejable para instalar con éxito un sistema robotizado, ya que hay que tener en cuenta, además de los costes mencionados antes, los márgenes por vaca derivados de las mejoras introducidas por el robot y que comentamos en el párrafo que sigue.

El margen anual por vaca estimado por el citado Centro de Trabajo se sitúa, para rebaños de 60 vacas o más, entre 700 y 1000 FF por encima de los obtenidos en sistemas convencionales si se incluyen las ganancias derivadas del ahorro de mano de obra, y entre 200 y 600 FF, si no se considera aquel concepto.

Por otra parte, la tabla N° 2, muestra la evolución del tamaño medio (N° de vacas/explotación) en los países miembros del mercado común, en los años 1981, 85 y 87.



Sistema de ordeño automático tradicional.

Tabla N° 2
EVOLUCION DEL TAMAÑO MEDIO DE LAS EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE EN LOS PAISES MIEMBROS DEL M.C. (N° VACAS/EXPLLOT.)

PAIS	Año		
	1981	1985	1987
Bélgica	18.3	21.7	24.2
Dinamarca	25.8	28.2	30.4
Alemania	12.7	15.1	16.0
Grecia	2.6	3.0	3.8
España	--	--	6.7
Francia	15.4	19.8	20.0
Irlanda	15.8	19.9	20.9
Italia	6.4	9.1	9.7
Luxemburgo	24.1	30.7	31.8
Holanda	36.2	39.4	37.6
Portugal	--	--	3.6
Reino Unido	61.0	61.6	63.2

El valor medio del n° de vacas por explotación en el conjunto de la CEE, ha evolucionado como se indica en la tabla n° 3.

A efectos comparativos, en los valores medios correspondientes al año 1987 de la tabla 3, no se han tenido en cuenta España y Portugal. De los valores obtenidos en la tabla 3, se puede deducir que, en estos momentos al menos la mitad de las explotaciones existentes en el conjunto de la CEE, exceptuando España y Portugal, tienen el tamaño suficiente para poder instalar con éxito un centro de ordeño robotizado. Y, además, la evolución indica que esa cantidad aumenta.

Aceptando ese razonamiento, en nuestro país serían aproximadamente 2.154 las que estarían en condiciones de automatizar e informatizar por completo su proceso productivo, cantidad muy reducida si se tiene en cuenta que existe un total de 1.620.000 cabezas. No obstante es de esperar que ese número aumente si se admite la posibilidad de que el tamaño medio de animales por explotación llegue a ser similar al de la CE. En ese supuesto, parece lógico suponer un nivel de comercialización situado en torno a las 16.000 unidades.

Todo lo anterior, unido a la standardización del proceso de fabricación del Robot de Ordeño, traerá consigo un abaratamiento de los costes de producción y contribuirá a incrementar el número de explotaciones susceptibles de ser robotizadas. En esa hipótesis se alcanzará un mercado potencialmente atractivo y suficientemente amplio para la implantación de una red de asistencia técnica que garantice su funcionamiento.

Tabla N.° 3
EVOLUCION DEL TAMAÑO MEDIO DE LAS EXPLOTACIONES DE VACUNO DE LECHE EN EL CONJUNTO DE PAISES DEL M.C.E. (N° VACAS/EXPLLOT.)

Año	1981	1985	1987
$\bar{x} \pm \sigma$	21.83 \pm 16.81	24.55 \pm 16.85	25.76 \pm 16.65

GANADERIA

INCIDENCIA DE ROBOT DE ORDEÑO EN EL MANEJO DE UNA EXPLOTACION LECHERA

Las producciones obtenidas en una explotación de ganado vacuno de leche son, básicamente, leche y carne y ambas se verán afectadas de manera muy significativa por la instalación de un centro de ordeño.

Para estudiar como resulta afectado el rendimiento de leche se realizó, en Holanda una experiencia con dos lotes de hembras en lactación, a las cuales se las sometía a idénticas condiciones de manejo, salvo el ordeño, que en un lote se efectuaba dos veces diarias y en el otro en régimen de ordeño libre. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la gráfica de la Fig. 6.

En la primera de las gráficas de la anterior figura, se puede apreciar un incremento del 14% en la producción total de leche, durante una lactación, del lote en ordeño libre, respecto al de ordeño ordinario.

Por otra parte, es de destacar que no existe diferencia significativa alguna ni en el estado de salud ni en la fertilidad de ambos lotes; por el contrario, se aprecia un ligero descenso en la calidad de la leche, grasa y proteína, en el lote de más de dos ordeños diarios. Se pudo comprobar también que en este tipo de manejo los animales acudían al ordeño una media de 6 veces/dfa.

Lo expuesto en el párrafo precedente nos permite postular que la introducción del Robot de Ordeño va a influir notablemente en el manejo de las explotaciones lecheras. Así, aquellas que trabajen en base a pastos y que tengan una carta ganadera adecuada y un manejo correcto, conseguirán reducir de forma considerable la necesidad de mano de obra. Y aquellas que tengan una carga ganadera elevada, además de un fuerte descenso en la mano de obra, el incremento de la producción de leche, consecuencia de un ordeño libre, puede permitir una disminución en el número de animales, lo cual debe posibilitar una mejora importante en la relación alimenticia «forraje/concentrado» (F/C), disminuyendo la necesidad de aportar piensos compuestos como resultado de la mayor disponibilidad de forraje, el cual podrá ser aprovechado ahora en una etapa más temprana de su desarrollo sin fatigar la pradera, aumentando también su valor nutritivo y su digestibilidad.

El mayor potencial energético y proteínico del forraje debe paliar, al menos en parte, el descenso de la calidad de la leche y la disminución del número de terneros, consecuencia que puede derivarse del menor número de vacas del rebaño. Finalmente es de señalar que al ahorro de mano de obra que implica la no ne-

cesidad de personal en ordeño, hay que sumar el producido por la disminución de efectivos, que debe compensar además la menor venta de terneros con la menor necesidad de terneros de reposición.

Otra consecuencia de gran importancia que podría derivarse de la robotización de los centros de ordeño, sería la posibilidad de establecer una estrategia de informatización del conjunto de todas las explotaciones de una comarca mediante la inclusión de las mismas en un Sistema Integrado de Gestión. Para ello cada explotación debería contar con un PC, a través del cual enviaría datos actualizados a una Base de Datos unificada y central que permitiría al ganadero acceder a una serie de programas de:

- alimentación,
- mejora genética,
- gestión económica,

- técnicas de cultivo,
- maquinaria y alojamiento, etc. etc.

que actualizarían y optimizarían su gestión.

Ante el impacto que puede significar la utilización de los robots en el subsector ganadero, y más concretamente en el ordeño de ganado vacuno, donde los objetivos a conseguir, realmente ambiciosos, parece que se alcanzarán en un futuro muy próximo, creemos que no resultarán estériles las reflexiones hechas en los párrafos anteriores. Añadiendo, para terminar, un interrogante sobre su conveniencia plantearse en nuestro país una línea de investigación que, apoyándose en los resultados ya conseguidos por centros de trabajo extranjeros, tenga como finalidad la construcción de un robot adaptado a la estructura esperada de la evolución de nuestro sector lácteo.

