

Este artículo fue publicado en primer lugar dentro en el Instituto Altshuller en marzo de 2003 en Philadelphia con el nombre:

## **“DESARROLLO DE UNA NUEVA CLASE DE ARADO USANDO TRIZ” Y “DISEÑO ROBUSTO”**

De Zhao Xinjun (profesor de DISEÑO en la universidad de ingeniería industrial y automatización en el noreste de China)

[xinjun\\_zhao@yahoo.com.cn](mailto:xinjun_zhao@yahoo.com.cn)

Traducido por Iñigo Martija (Ingeniero Industrial UPV) en Junio de 2003.

[marni@euskaltel.es](mailto:marni@euskaltel.es)

### **INTRODUCCION**

El elemento principal del arado es aquel que cava en el suelo (cuchilla), separa la capa superficial del suelo de la interior y le da la vuelta. Pero la vida de este elemento es muy corta debido a la enorme fricción que se produce entre la cuchilla y el suelo. Este artículo presentará un caso de estudio realizado con éxito utilizando la metodología de TRIZ y el “diseño robusto” (robust design) para tratar de solucionar una deficiencia con muchos años de antigüedad en el diseño del arado.

Usando el método del análisis “S-Field” (Sustancia-campo) y ciertos efectos físicos de utilidad, los ingenieros encontraron una manera de reducir la fricción a través de la creación de un campo magnético y llegaron a una solución barata partiendo del arado existente. Dando una vida prolongada a la cuchilla e incluso aumentó la producción de la cosecha.

Palabras claves: TRIZ, el método de análisis “S-Field”, la fricción en el arado.

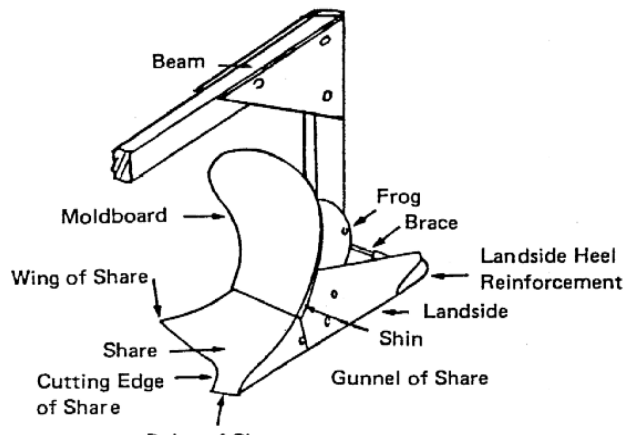
### **1. EL ARADO Y TRIZ**

Como proyecto de investigación, TRIZ fue introducido y practicado durante el diseño del nuevo arado. A la vez que se realizaba el trabajo, se iba aprendiendo y experimentando con TRIZ. El proyecto tenía múltiples objetivos, uno de los cuales era utilizar TRIZ para abordar el problema técnico de aumentar la vida de la cuchilla. El grupo de trabajo decidió tomar como objetivo principal solucionar el problema de la fricción de la cuchilla con el terreno.

### **2. EL SISTEMA**

Como se ve en la Fig.1 que es un esquema de un arado-simple, la parte principal de él es la cuchilla. Al trabajar, la cuchilla (share) primero cava en el suelo, separa el suelo superficial del inferior y entonces el molde (mouldboard) da vuelta a la tierra superior poniéndolo del revés. Durante el proceso de roturación del campo, la vida de la cuchilla es muy corta debido a la gran fricción existente entre la cuchilla y el suelo. Por otro lado la calidad de la zona arada depende en gran medida de la cuchilla.

**Fig.1 Esquema de un arado simple típico:**



### 3. ULTIMOS INTENTOS PARA TRATAR DE SOLUCIONAR EL PROBLEMA

En el pasado, varias tentativas se han realizado para tratar de remediar el problema de la fricción en la cuchilla. Diversas clases de aleaciones se han utilizado para fabricar la cuchilla. Aunque algunas clases de cuchilla hechas de aleaciones trabajaban bien y la fricción en la cuchilla es muy baja, ocurría que el coste era mucho más alto que el de la cuchilla tradicional y el cliente no podría utilizarlo normalmente.

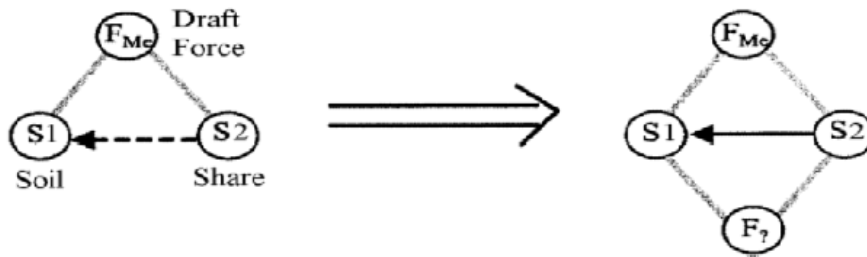
Otra tentativa era construir el arado, especialmente la cuchilla, de forma que vibre durante el cultivo. El arado equipado con el sistema de vibración podría reducir la fricción de la cuchilla y prolongar su vida, pero la adición del sistema de vibración creaba un aumento importante del coste del arado y además aparecieron algunos efectos negativos en el sistema vibratorio.

Consecuentemente, la esperanza del granjero estaba puesta en mejorar la parte del arado que trabaja más y en reducir su coste, viéndose la necesidad de desarrollar una nueva clase de cuchilla para el arado.

### 4. PRACTICANDO CON EL MÉTODO “S-FIELD”

En primer lugar el análisis “S-Field” para el arado es analizado como en la Fig.2: S1 es el suelo, S2 es la cuchilla, y el campo es la fuerza mecánica creada por la fricción entre el suelo y la cuchilla.

**Fig. 2. La solución estándar 2-1-2, en la cual se agrega un campo para reducir el efecto indeseado:**



*Nota del traductor:*

La solución estándar 2-1-2 dice lo siguiente (de forma textual):

-Si es necesario mejorar la eficiencia de un modelo SFM y el reemplazo de alguno de sus elementos está prohibido, entonces el problema puede ser resuelto por la síntesis de un modelo SFM dual en el cual el segundo campo sea fácil de controlar.

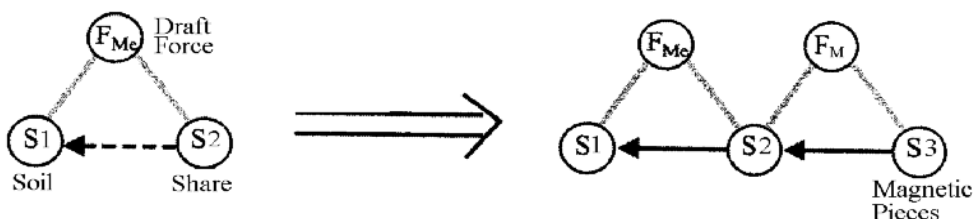
Entonces se trata de determinar el campo  $F_7$  de la Fig.2. En TRIZ se utilizan varios campos básicos: Mecánico, Térmico, Eléctrico, Magnético y Electromagnético. El autor en este caso desprecia los campos Eléctrico, Térmico y Electromagnético.

Hay varias posibilidades para el nuevo campo desconocido  $F_7$ , que reducirá el efecto de la fricción:

- Campo neumático (es un tipo de campo mecánico): usando aire a presión.
- Campo magnético: magnetizando la cuchilla.

Se puede optar también por la solución estándar 2-1-1, en la cual se trata pues de insertar una sustancia  $S_3$  y otro campo  $F_2$  (Fig.3). Entonces  $F_2$  es un campo magnético y  $S_3$  son las pequeñas piezas magnéticas que se unirán a la parte posterior de la cuchilla (Fig.4). El campo magnético afectará al suelo y a la cuchilla, disminuyendo la fricción de la cuchilla.

**Fig.3. Solución basada en el estándar 2-1-1:**



*Nota del traductor:*

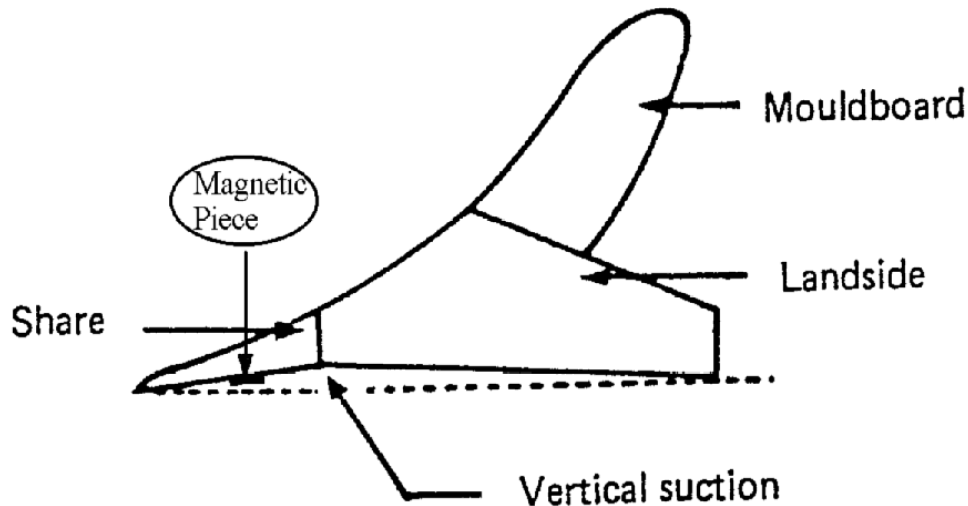
El estándar 2-1-1 dice lo siguiente (de forma textual):

-La eficiencia de un modelo SFM, puede mejorarse transformando una de las partes del SFM en un modelo controlable e independiente, formando un modelo encadenado con el inicial.

## 5 DISEÑO ROBUSTO PARA LA OPTIMIZACIÓN

El nuevo diseño de arado magnético se muestra en la Fig.4. Se puede ver como las pequeñas piezas magnéticas fueron unidas a la parte posterior de la cuchilla, después se creó el campo magnético alrededor de la cuchilla, cambiando las relaciones entre el suelo y la cuchilla, por lo tanto se reduce la fricción en la cuchilla.

**Fig. 4 Las pequeñas piezas magnéticas son añadidas en la parte posterior de la cuchilla:**



La intensidad magnética de la cuchilla y la velocidad de trabajo del arado se deben optimizar para hacer que el arado trabaje bien y que cueste menos. Pero la fricción en la cuchilla es muy difícil de ser medida, así que los dos parámetros utilizados para medir de forma indirecta la fricción en la cuchilla son:

- El bosquejo del arado.
- El consumo de combustible del motor.

Una serie de experimentos con dos factores (la velocidad y la intensidad magnética) y tres repeticiones fueron realizados para cada uno de los nueve ajustes (tabla 1).

**Tabla 1. El experimento de contraste del arado magnético:**

Experimento Número	A	B	A Velocidad de trabajo	B Campo Magnético	Resultado de los experimentos			
					Salida 1	Salida 2	Salida 3	Media
1	1	1	A1	B1	30,5	31	32,6	31,36
2	1	0	A1	B2	38,5	39,4	37,9	38,60
3	1	-1	A1	B3	45,8	46,8	40,2	44,27
4	0	1	A2	B1	50,2	51,9	46,7	49,60
5	0	0	A2	B2	34,6	37,8	32,1	34,83
6	0	-1	A2	B3	56,3	58,1	53,4	55,93
7	-1	1	A3	B1	63,2	64,5	69,6	65,77
8	-1	0	A3	B2	70,3	69,5	71,6	70,46
9	-1	-1	A3	B3	60,1	58,4	57,3	58,60

Los resultados del experimento son una representación numérica de cómo varía el bosquejo o el consumo de combustible del arado. Cuanto más bajo es el bosquejo del arado o el consumo de combustible, más baja será la fricción en la cuchilla. Una salida media de 70.46 (Experimento nº 8) representa una condición mejor, donde una salida media de 31.36 (Experimento nº 1) representa una condición peor. Los ajustes óptimos fueron alcanzados con el nº 8 (A3, B2).

Los experimentos de contraste entre el arado magnético con nº 8 (A3, B2) y el normal fueron realizados en la misma condición como abajo: El arado del experimento está construido a base de 4 arados simples, el suelo era campo del burozem y de soja, la compactación del suelo era de 30.28 N/cm<sup>3</sup>, el contenido en agua del suelo era 15.98 %, la profundidad del arado era 22.5 centímetros y la anchura del arado simple era de 20 centímetros.

Los resultados del experimento demostraron que el arado magnético ahorró el bosquejo del arado 10.55 % y reducido 11.3 % en el consumo de combustible de lo que lo hizo el arado normal. El resultado ha probado completamente que el arado magnético podría conseguir seguramente un ahorro en el bosquejo del arado, reduciendo el consumo de combustible del motor y finalmente reduciendo la fricción de la cuchilla con lo cual se aumenta la vida de la cuchilla. Otro resultado fuera de lo esperado, fue que la cosecha creció mejor en el campo cultivado con el arado magnético y la producción de la cosecha aumentó comparándola con el arado normal.

*Nota del traductor:*

Este último resultado (mejora de la producción) no ha sido demostrado en este artículo.

## 6 CONCLUSIONES

Usando el método del análisis “S-Field”, los estándares de TRIZ, conjuntamente con los experimentos de contraste bajo la herramienta “GAMA” (herramienta para el diseño de experimentos), se solucionó una deficiencia de muchos años en la fricción de la cuchilla.

La adición de algunas pequeñas piezas magnéticas a la cuchilla aumentará ligeramente el coste total de la cuchilla, pero el ahorro en el bosquejo del arado y la reducción del consumo de combustible del motor pueden compensar el coste, el granjero también podría asumir este pequeño coste.

## REFERENCIAS DEL AUTOR<sup>1</sup>

1. Former Soviet Union, Science and Living, 1989.11
2. Altshuller, G. S. (Genrikh Saulovich). Creativity as an Exact Science: the Theory of the Solution of Inventive Problems , New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1984.
3. Taguchi, Genichi, System of Experimental Design: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs, White Plains, N.Y.: UNIPUB/Kraus Internacional Publications, 1987.
4. Han guozhong, Research on the Plow Draft of Magnetizing Plow, Transaction of the Chinese Agricultural Machinery, 1991.9,25-29
5. Diao weijian, Chinese Patent, Number: N 2082072 U, 1991.8.7
6. Liu xiaoyi, Effect of Magnetism on Soil Water Holding Property, Chinese Soil Report,1987.18(4)
7. Yi yanli, Effect of Magnetic Field on Soil Physical and Chemical Properties, The Chinese Agricultural Science, 1992.2

---

## <sup>1</sup> REFERENCIAS DEL TRADUCTOR

1. Yuri Salamatov. TRIZ: The right solution at the right time 1999.
2. Altshuller, Zusman, Zlotin. Tools of classical TRIZ 1999.