

Herramienta de diseño ergonómico para el puesto de trabajo del operador de máquinas agrícolas

An ergonomic design tool for agricultural machinery operator jobs

Fernando Expósito Gallardo¹ & Roberto Pérez Rodríguez²

Introducción.

Durante años el concepto de ergonomía permaneció reservado para la industria. Poco a poco este concepto se ha introducido en la agricultura y las actuales máquinas en el mundo son desarrolladas con un alto grado de ergonomía en el puesto de control del operador.

Las máquinas agrícolas utilizadas en Cuba han estado faltas de estas condiciones, por lo que para facilitar la investigación de diseño en este sector, se determinó desarrollar una nueva herramienta que agrupe todo lo concerniente a normas, leyes, directivas, investigaciones que estuviesen ligadas directamente al puesto de trabajo del operador agrícola, específicamente al acceso a los mandos, de aquí es donde surge el concepto de *Diseño para la Utilidad* (DPU).

Material y método.

El trabajo se realizó en virtud del desarrollo de la Maestría de Maquinaria Agrícola en coordinación con la Universidad de Holguín, Cuba. Se utilizaron en la investigación los resultados obtenidos en el diseño y desarrollo de cabinas para cosechadoras de caña desarrolladas por el Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA). Además se soportó en los aportes de Machado do Santos, Schlosser, Nabaes Romano, Rozin, Da Costa Turatti & Witter (2008); Fontana 2004; Fiorineschi, Rotini & Rissone (2016).

Resultados y discusión.

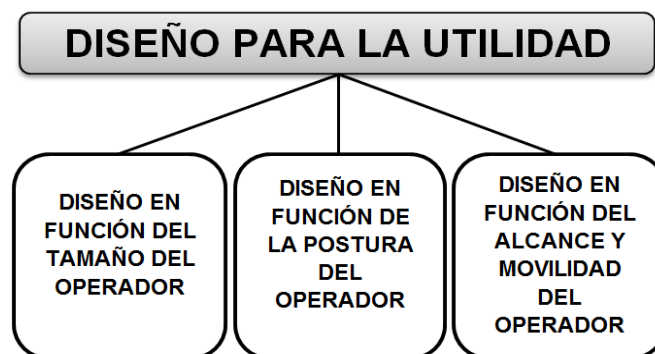
Diseño para la utilidad (DPU). El término utilidad en el diseño de ingeniería refleja las

posibilidades de utilidad de un producto con base a las funciones establecidas. Se puede definir la utilidad como la medida en la cual un producto puede ser utilizado por un conjunto de usuarios para obtener objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de utilización dado.

Por lo tanto, depende de la interacción entre el operador y el entorno. Tiene como finalidad hacer que la labor que realiza el hombre se realice con el mayor confort y eficacia en sus diferentes posiciones y situaciones, según sus requerimientos y necesidades. A través de esta se estudian las cualidades táctiles, de manejabilidad y control de las máquinas.

El diseño para la utilidad (DPU) se soporta en la fisiología y a nivel de estadísticas en la antropometría y sus tres orientaciones están reflejadas en la figura 1.

Figura 1- Orientaciones del DPU



Fuente: Datos de la investigación, 2016

Estas tres direcciones del DPU, se nutren de normas, leyes y directivas nacionales e

¹ Investigador Agregado. Centro de Desarrollo de la Maquinaria Agrícola, CEDEMA. Cuba. Email: fexposito@cedema.co.cu

² Universidad de Holguín. Cuba. Email: roberto.perez@facing.uho.edu.cu

internacionales para el diseño del puesto de trabajo, dirigidas fundamentalmente al operador de las máquinas agrícolas.

Cuatro pasos deben seguirse para asegurar que el puesto de trabajo se adaptará al operador:

- Seleccionar aquellas dimensiones del cuerpo humano que directamente están relacionadas con el puesto de trabajo.
- Para cada una de las relaciones dimensionales entre el cuerpo y el sistema, decidir si el diseño debe adaptarse a un valor fijo o a un rango de valores.
- Combinar todos los valores de diseño seleccionado, en el dibujo, en el modelo virtual o en la maqueta para verificar si existe compatibilidad física.
- Determinar si un diseño se ajustará a todos los usuarios o si el producto requiere alguna adaptabilidad.

Diseño para la postura del operador

La postura se define como la ubicación espacial que adoptan los diferentes segmentos corporales o la posición del cuerpo como conjunto. La mala postura del operador de una máquina agrícola podría conllevar a riesgos en la salud, entre estas tenemos (Chalmers, 2008).

La posición ideal debe conseguir el punto de equilibrio entre la fatiga del operario, la ejecución de las funciones y el desarrollo de potencia requerida por parte del operario (Maury, 2006). Como regla general los diseños deben evitar posiciones incómodas en las que se obligue a torceduras o flexiones del cuerpo para reducir la fatiga del operario durante el uso.

Diseño para alcance y movilidad. Definiciones

Alcance. Habilidad que tiene un operario para extender sus brazos y piernas con el fin de tocar y manipular un control.

Zonas del alcance óptimas de agarre: definen la disposición de los elementos que se

deben utilizar en el área de trabajo, tanto vertical como horizontal; representan las curvas máximas de agarre que delimitan las áreas en las que no se producen esfuerzos ni giros anormales que pueden implicar a la larga dolores, patologías, traumatismos.

Movilidad. Se refiere al grado o rango de movimiento que puede ser alcanzado por una articulación (Maury, 2006).

Reglas de diseño para la movilidad y el alcance:

- Conseguir diseños que minimicen la fatiga del usuario, pero que a la vez permitan el alcance de los objetivos de diseño del producto o sistema.
- Establecer el punto de equilibrio.
- Deben proyectarse las máquinas para requerir las acciones del operario dentro de su alcance o zona de movilidad y a la vez donde ello le resulte más cómodo.
- Los grados de libertad y sus rangos de movimiento son dos parámetros con su distribución estadística que deben considerarse en el diseño de los sistemas o productos.

Carga física y mental

La *carga física* son los requerimientos físicos a los que se encuentra sometido el trabajador durante su jornada laboral. Dependiendo de la tarea, esta podrá estar influenciada por:

- Postura mantenida.
- Postura forzada.
- Movimientos repetitivos.

La *carga mental* es la relación entre el esfuerzo que debe realizar un trabajador y las exigencias que le plantea la tarea. Por lo tanto, para su estimación, se debe analizar de forma integrada las características de la tarea, el contexto en que se encuentra el trabajador y sus características individuales:

- Sobrecarga cuantitativa (cuando hay mucho que hacer).
- Sobrecarga cualitativa (operaciones fáciles).

Percentiles. Ventajas de su uso

El percentil es la posición o número que la persona tiene entre cien individuos del mismo grupo de referencia, de forma que el percentil 95 indica que solo hay cinco personas con valores superiores al suyo. La ergonomía habitualmente establece diseños para el 90% de la población, es decir para los sujetos que están entre el percentil 5 y el 95. Esta premisa permite:

- Ayuda al diseñador a establecer la porción de la población usuaria que podrá o estará en capacidad de hacer uso del equipo.
- Facilita el diseño y selección de las personas para los ensayos o pruebas del equipo.
- Le garantiza al diseñador que cualquier valor o dimensión pueda estar exactamente localizada sobre el rango para la dimensión específica.
- Los modelos del tamaño del operador permiten correlacionar algunas dimensiones del cuerpo con la estatura, pero no todas.

Afortunadamente, las medidas del cuerpo humano para la población mundial tienen una distribución normal o Gaussiana, distribuciones que pueden describirse estadísticamente en términos de la media y la desviación estándar, asegurándonos que un determinado número o porcentaje de la población está considerada en el diseño.

Rediseño del puesto de trabajo del operador de la cosechadora de caña CCA-5000, con la utilización de las técnicas del diseño para la utilidad (DPU).

La cosechadora de caña CCA-5000 (figuras 2 y 3), representa el último modelo de este tipo de maquinaria desarrollada por el CEDEMA,

en virtud de la sustitución de la importación de las cosechadoras y revivir nuestra industria mecánica.

Figura 2 - Cosechadora de caña CCA-5000



Fuente: Datos de la investigación, 2016

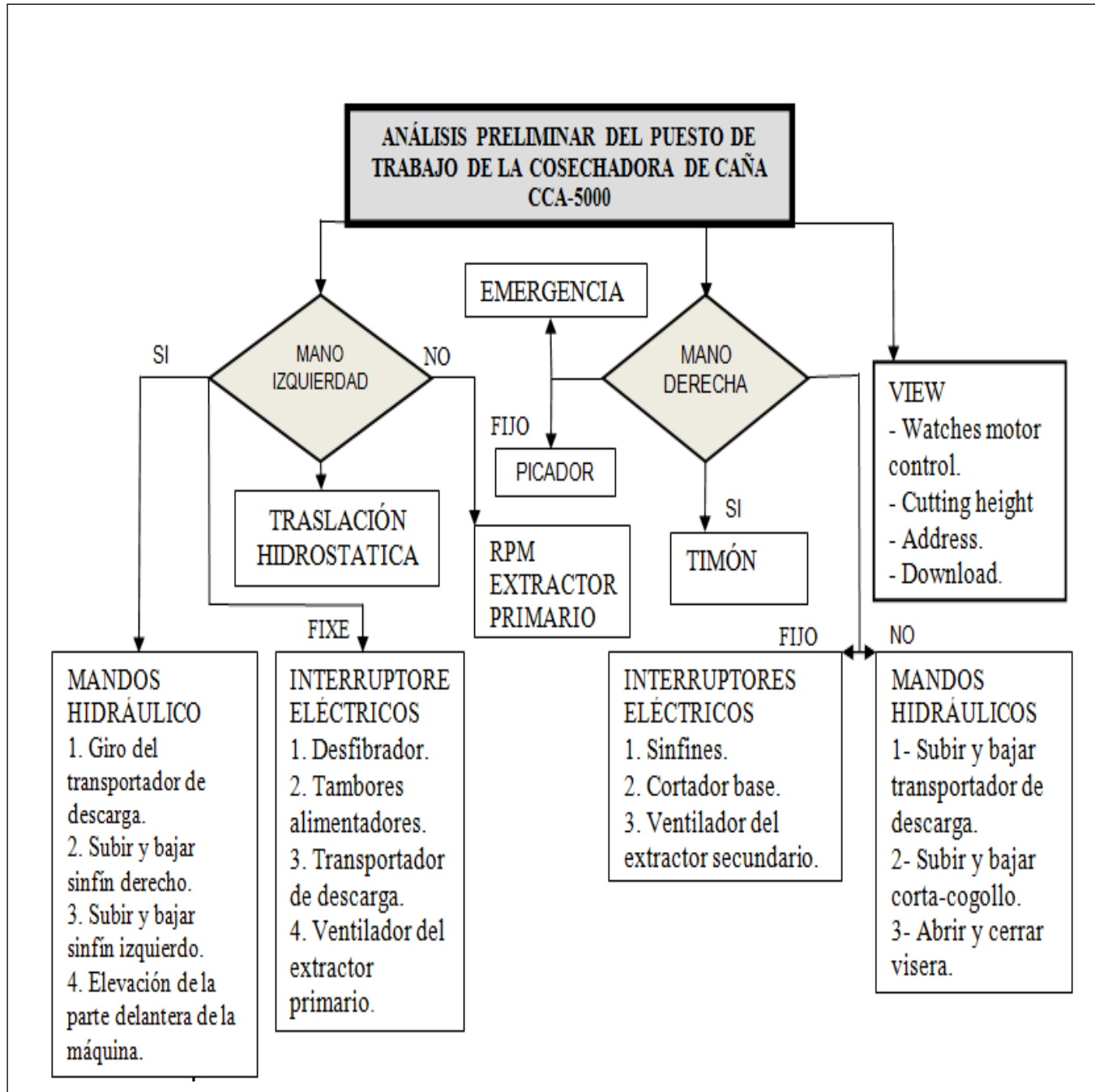
Figura 3- Cabina cosechadora de caña CCA-5000



Fuente: Datos de la investigación, 2016

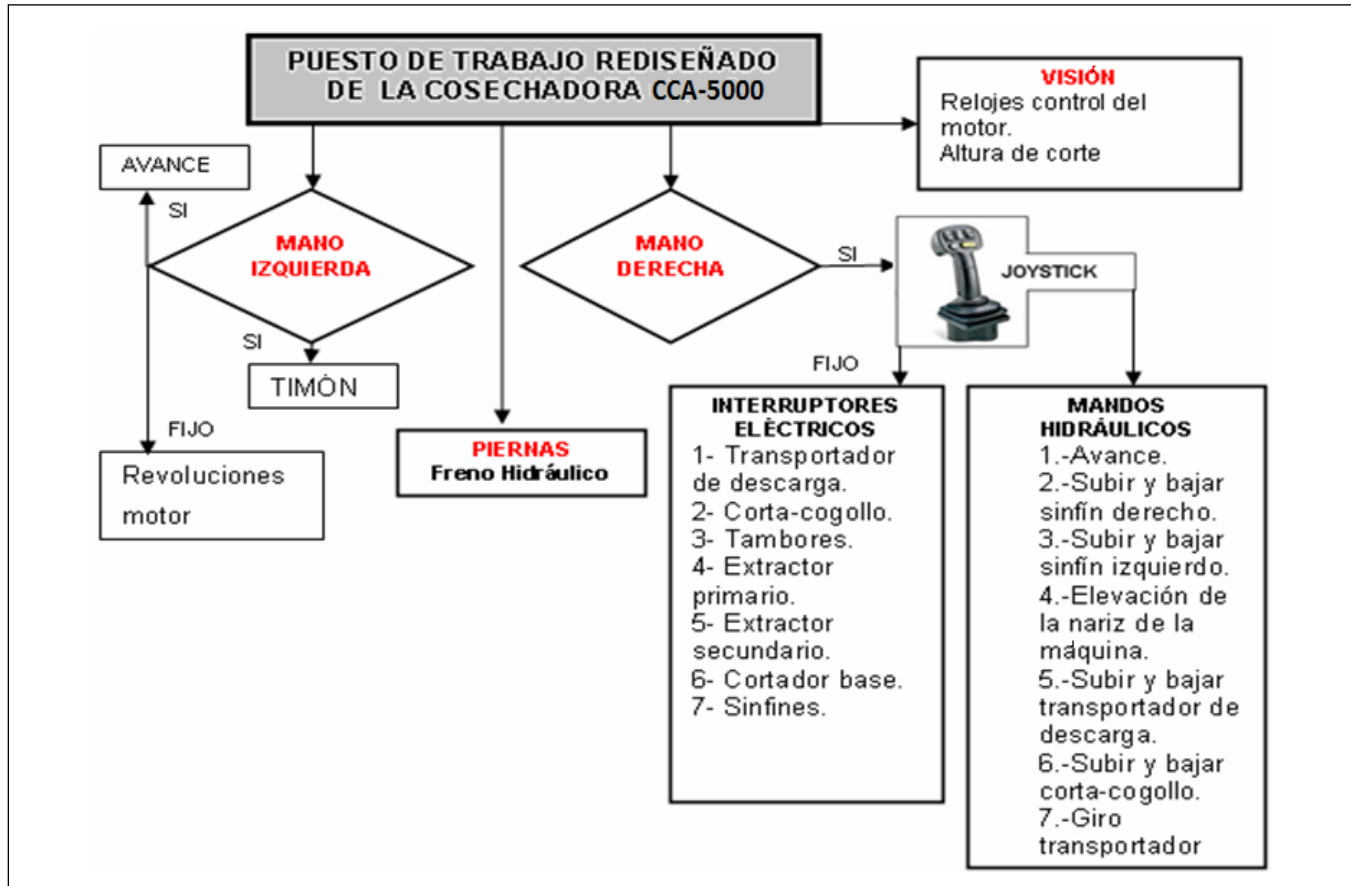
El DPU ayudó al reordenamiento de los mandos de operatividad de la máquina en la cabina. El algoritmo (ver figura 4) detalla las operaciones que realiza el operador de la cosechadora CCA-5000, al momento de la cosecha, y con la ayuda del DPU se rediseñó la ubicación y utilización de mandos multiusos (ver figura 5).

Figura 4- Algoritmo de las operaciones de la cosechadora CCA-5000



Fuente: Datos de la investigación, 2016

Figura 5- Algoritmo obtenido mediante el DPU, para la optimización de las operaciones en los mando de la cosechadora CCA-5000.



Fuente: Datos de la investigación, 2016

Conclusiones.

La nueva herramienta de diseño ergonómico (DPU), nos permite evaluar, organizar y desarrollar el puesto de trabajo del operador de las máquinas agrícolas teniendo en cuenta lo que

influye una confortable cabina para el aumento de la productividad. El DPU, fue utilizado para el rediseño de los mandos en la cabina de la cosechadora de caña CCA-5000, de nueva facturación en el mercado cubano.

Referencias Bibliográficas

Chalmers, J. (2008). Diseño Inclusivo y Antropometría. Universidad de Chile. Diseño Industrial. Recuperado de:

https://www.u-cursos.cl/fau/2008/0/DIH-206/1/material_alumnos/objeto/2794.

- Fiorineschi L., Rotini F. & Rissone P. (2016). A new conceptual design approach for overcoming the flaws of decomposition and morphology. *Journal of Engineering Design*, 27(7), 438-468. Recuperado de: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09544828.2016.1160275>
- Fontana, G. (2004). Evaluación de las características ergonómicas del puesto del operador en las cosechadoras. *Revista Brasileña Ingeniería Agrícola*, 24, (3), 684-694.
- Machado do Santos, P., Schlosser, J., Nabaes Romano, L., Rozin, D., Da Costa Turatti, J. & Witter, M. (2008). Prioridades de requisitos para projeto de postos de operação de tratores quanto à ergonomia e segurança. *Revista Pesquisas Agropecuarias*, 43(7), 869-877.
- Maury R., H. (2006). *Diseño para la usabilidad. Microsoft Power Point*. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia.

Fecha de recepción: 12 de enero de 2017
Fecha de aceptación: 21 de marzo de 2017