

Estudio de movimientos en la recolección manual de naranjas en Caldas, Colombia¹

Study of movements in oranges handpicking in Caldas, Colombia

Alex Mauricio Ovalle Castiblanco^{*}

Olga Lucía Ocampo López^{**}

Juana María Toro Galvis^{***}

Ángela Lucía Tabares^{****}

Mauricio Reyes Figueroa^{*****}

RESUMEN

En Colombia, el sector agrícola presenta dificultades en la integración de tecnologías, específicamente en la recolección manual; este es el caso de los cítricos en Caldas. Este estudio aplicó técnicas de Ingeniería de Métodos en la recolección manual de naranjas, en una finca localizada en Arauca, Caldas, con el fin de comprender la operación de recolección con miras a su estandarización. Los resultados permitieron determinar los elementos que conforman la operación; los movimientos realizados en el surco, las ramas, el árbol y los micromovimientos o *therbligs*; se identificaron además los movimientos eficientes e ineficientes que pueden ser empleados para el diseño de herramientas, la estandarización del proceso de recolección y la definición de normas de competencia laborales que son aspectos fundamentales para la competitividad del sector cítrico. **Palabras clave:** cítricos, Ingeniería de métodos, recolección manual, tecnologías, *therbligs*.

ABSTRACT

In Colombia, the agricultural sector has difficulties in integrating technologies, particularly in handpicking. This is the case of citrus products in Caldas. This research applies engineering methods in oranges handpicking on a farm located in Arauca, Caldas. The study aims at understanding collecting operation processes in order to be standardized. The results allowed to determine the elements of the operation; the movements in the groove, branches, tree and micro-movements or *therbligs*. Besides, efficient and inefficient movements that can be used for the design of tools, standardization of picking process and definition of labor competition rules that are fundamental to the competitiveness of citrus sector were also identified.

Keywords: citrus products, engineering methods, handpicking, technologies, *therbligs*.

Como citar este artículo:

A.M. Ovalle Castiblanco, O. L. Ocampo López, J. M. Toro Galvis, Á. L. Tabares, M. Reyes Figueroa, "Estudio de movimientos en la recolección manual de naranjas en Caldas, Colombia". *Ingeniare*, N° 21, pp. 45 -56, 2016.

¹ Este artículo es producto de un proyecto de investigación titulado: *Establecimiento de alternativas tecnológicas en la recolección de productos agrícolas. Fase I: Recolección de Cítricos, ejecutado por el grupo de Investigación Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial en la línea de investigación Ingeniería & Sociedad. Investigadores principales: Olga Lucía Ocampo López y Alex Mauricio Ovalle Castiblanco.*

^{*} Estudiante de Doctorado en Ingeniería-Industria y Organizaciones, Maestría en Creatividad e Innovación en las Organizaciones, Especialización en Gerencia de Negocios Internacionales, Ingeniero Industrial; Coordinador del Departamento de Mecánica y Producción de la Universidad Autónoma de Manizales, Antigua Estación del Ferrocarril Manizales, Colombia, movalle@autonoma.edu.co, Grupo de Investigación Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial.

^{**} Candidato a Doctor en Ingeniería, Maestría en Ingeniería-Ingeniería Química, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ingeniería Química, Docente Universidad Autónoma de Manizales, olocampo@autonoma.edu.co, Grupos de Investigación Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial, Desarrollo Regional Sostenible.

^{***} Ingeniera Industrial, Universidad Autónoma de Manizales, juana.torog@autonoma.edu.co, Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial.

^{****} Ingeniera Industrial, Universidad Autónoma de Manizales, angela.tabaresb@autonoma.edu.co, Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial.

^{*****} Ingeniero Industrial, Instituto Tecnológico Superior de Apatzingán, km 3.5 Carretera a Apatzingán-Aguililla, Michoacán, México, al11020132@itsa.edu.mx.

1. INTRODUCCIÓN

Los cítricos son los frutos de mayor demanda a escala global [1]; cuentan con una gran adaptabilidad a las condiciones climáticas que facilitan su cultivo en diversas regiones [2]. Naranjas, mandarinas y limones son los cítricos con mayor comercio a nivel internacional. Para el período 2015/2016 (Enero), los principales productores y sus volúmenes en miles toneladas métricas, fueron respectivamente: Brasil (16.728), China (20.000) y México (2.270) [3]. La mayor producción en fresco se registró en las naranjas (47.904), donde se destacan otros productores latinoamericanos como México (3.534), Argentina (1,000); Costa Rica (315) y Guatemala (155) [3]. Sin embargo, las exportaciones son relativamente bajas en proporción a la producción por el alto consumo interno en los países productores [4].

Por su ubicación geográfica, Colombia tiene las condiciones apropiadas para la producción de cítricos [2] [4]. En el año 2014, según la Encuesta Nacional Agropecuaria, se registraron 36.654 Hectáreas plantadas con una producción de 384.309 toneladas de naranjas [5]. Los principales departamentos productores y los volúmenes de producción para el año 2014 fueron: Antioquia (224.406 ton), Valle del Cauca (58.134 ton), Quindío (37.679 ton), Meta (38.732 ton), Santander (5.942 ton) y Caldas (12.122 ton) [5]. Para el año 2014, el área sembrada en cítricos en Caldas, según los reportes de CITRICALDAS, se estimó alrededor de 6.500 hectáreas, con rendimientos promedio de 30 ton por Ha [6].

Los citricultores enfrentan diversos problemas que restringen la competitividad y en consecuencia, se requiere investigación, desarrollo e innovación para la toma de decisiones en el campo [6].

Las restricciones de esta cadena han sido identificadas a nivel nacional [2]; se resalta el incremento en los costos de producción por efecto no sólo de los fertilizantes e insumos sino también de la mano de obra y las pérdidas poscosecha. Algunos aspectos que dificultan la recolección son por ejemplo la medición del color, aspecto clave en la calidad; que supone un consumo elevado de tiempo y un grado mínimo de especialización en la tarea [7]. Por otra parte, el método de recolección puede ocasionar lesiones físicas que influyen en la calidad de los frutos y en la aceptación o rechazo por los consumidores [7].

A nivel internacional, se han realizado diferentes investigaciones que evalúan los efectos de la recolección manual no sólo en la calidad del producto, sino también en la salud de los trabajadores [8]. Por otra parte, se ha avanzado en herramientas mecánicas para la recolección ampliamente utilizadas en plantaciones en terrenos planos [9] [10]; su implementación en países tropicales, se dificulta porque los cultivos se siembran en laderas.

La tecnología de poscosecha busca desarrollar métodos para reducir el deterioro de los productos entre la recolección y el consumo. Estas tecnologías deben tener en cuenta el crecimiento, los estados de madurez del fruto [7] y las herramientas tecnológicas que facilitan la cosecha considerando la topografía del terreno, la altura de los árboles y la heterogeneidad en el grado de madurez del fruto en los árboles [11].

En Colombia, las herramientas de asistencia a la recolección manual de productos agrícolas son rudimentarias [11]; están determinadas por factores económicos, busca la durabilidad y olvidando aspectos como la facilidad del transporte del producto recolectado, el trabajo simultaneo con ambas manos, el vaciado de los contenedores [12], seguridad industrial, ergonomía, la calidad y la productividad.

A nivel tecnológico las cadenas productivas, como la de los cítricos, deben ser abordadas a través de investigaciones que mejoren la productividad, haciendo uso de disciplinas como la ingeniería básica y aplicada [13]. La ingeniería de métodos se aplica en procesos con tareas repetitivas que afectan la producción [14]; si bien su aplicación en el sector agrícola no ha sido ampliamente difundida [11], puede ayudar a la estandarización de los métodos de recolección, a la definición de operaciones y tareas necesarias para garantizar la productividad y la calidad de la operación [15] y a la reducción de los costos de proceso [16].

La estandarización de procesos es necesaria para identificar los factores de desempeño, los niveles de competencia de los recolectores y determinar los aspectos de la operación que permitan una mejor planificación de las actividades [17]. La ingeniería industrial provee técnicas para esta estandarización [15], como los estudio de métodos que permiten identificar la dinámica operativa del proceso, según el método empleado, y establecer mejoras [18]. Estas técnicas se han empleado para estudios de productividad, por medio de grabaciones de movimientos [19] [20] o empleando métodos de captura extendidos a un ambiente virtual [21], que llevan al conocimiento detallado de la operación, con el fin de eliminar movimientos innecesarios que no agregan valor e identificar las posturas correctas del personal que ejecuta la tarea [22].

Este estudio empleó las técnicas de ingeniería de métodos en el proceso de recolección manual de naranjas, con el fin de conocer la operación e identificar los macro-movimientos y los micro-movimientos o therbligs. Para su realización se llevó a cabo un registro videográfico de los movimientos, tomado como referencia los lineamientos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) [22].

2. METODOLOGÍA

Este artículo es producto de una investigación aplicada cuya unidad de análisis fue el proceso de recolección de naranjas. Para su ejecución se estableció un estudio de caso, en una plantación de naranja Valencia (*Valencia citrus sinensis*), en un terreno con condición de pendiente superior al 5%, con recolección manual por tirón, asistido por escalera, debido a la altura promedio de los árboles superior a 3 metros. La herramienta para el almacenamiento temporal evaluada se muestra en la Figura 1, consiste en un costal en fibra plástica acondicionado como bolsa, también conocido en la región como "Líchigo".



Figura 1. Sistema tradicional para la recolección manual de naranjas

Fuente: Elaboración propia

En el estudio métodos del proceso de recolección de naranjas se llevaron a cabo las siguientes actividades: Identificación de las etapas del proceso de recolección; elaboración del flujograma de la operación; seguimiento al recolector en una jornada de trabajo; identificación y análisis de los macro y micromovimientos ejecutados por recolector en el surco, en el árbol a través del surco, en el árbol y en las ramas del árbol.

Durante la jornada de trabajo se realizó seguimiento al recolector por observación directa con registros en planillas y filmación de las tareas empleando una cámara de video SONY HANDYCAM, modelo HDR PJ230, con calidad de imagen HD y una resolución de 60 cuadros por segundo. Estos registros fueron procesados con el software Movie Maker que permite la desfragmentación del video en fotografías para visualizar e interpretar los movimientos efectuados.

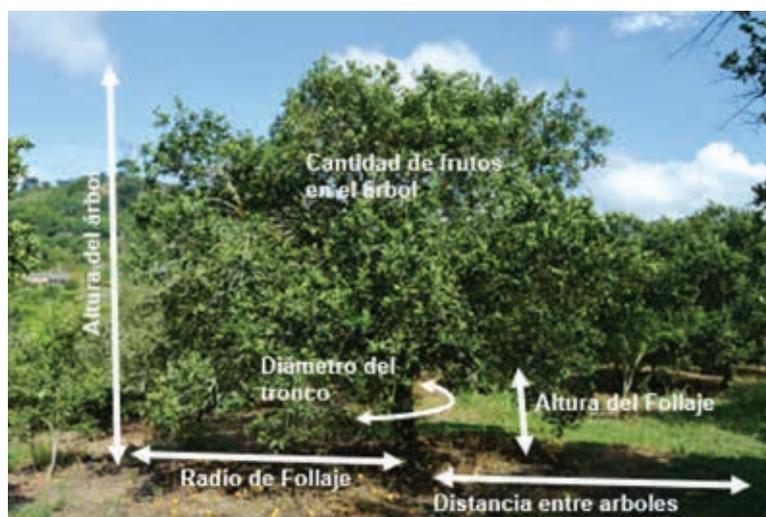
3. RESULTADOS

Las características de la plantación analizada se presentan en la Tabla 1 que resume las condiciones promedio de altura de los árboles, distancias entre surcos y otras mediciones del árbol, como se ilustra en la Figura 2. La cantidad de frutos por árbol puede brindar una medida de la heterogeneidad de la plantación, como lo revela el alto coeficiente de variación.

Tabla 1. Caracterización del surco

Árbol	Radio de follaje (m)	Diámetro del tronco (cm)	Altura del follaje (cm)	Altura del árbol (m)	Surco (m)	Número de frutos por árbol
1	3.2	0.80	0.7	4.7	3.5	1084
2	2.2	0.40	0.6	3.3	3.5	876
3	1.6	0.40	0.7	3.2	3.5	500
4	1.6	0.40	0.6	3.4	3.5	56
5	1.6	0.30	0.5	2.4	3.5	32
6	2.1	0.80	0.8	4.9	3.5	356
Promedio	2.1	0.50	0.7	3.7	3.5	484
Coefficiente de variación, %	31%	43%	16%	26%	0%	89%

Fuente: elaboración propia

**Figura 2. Descripción del árbol**

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen los elementos del proceso de recolección y los macromovimientos y los therbligs identificados según los resultados obtenidos en el estudio.

3.1. Elementos del proceso de recolección manual de naranjas

El trabajo en campo realizado permitió identificar los elementos del ciclo de recolección manual de naranjas que se representan en la Figura 3 y caracterizar estos elementos como manuales, repetitivos, variables y dominantes (Tabla 2), para esta clasificación se consideraron los criterios establecidos en la literatura especializada [15] [22].



Figura 3. Ideograma del proceso de recolección de naranja

Tabla 2. Tipos de elementos presentes en el proceso

Elemento	Descripción	Tipo de elemento
1. Alistamiento	El recolector alista cada una de sus herramientas (escalera, licho, costales, cabuya y navaja) y su indumentaria para la jornada de trabajo.	Variable
2. Asignación del surco	El administrador o patrón asigna al recolector el surco para realizar la labor.	Variable
3. Desplazamiento	El recolector se desplaza hasta el surco asignado.	Variable
4. Posicionar y subir escalera	En el árbol a recolectar, se ubica la escalera y el recolector sube para alcanzar los frutos.	Repetitivo Variable Manual
5. Recolección	El recolector selecciona el fruto, lo desprende y lo almacenamiento provisionalmente en la herramienta de recolección.	Repetitivo Manual Dominante
6. Desplazamiento hasta el punto de acopio 1, punto provisional	Cuando la herramienta de recolección se llena, el recolector se desplaza hasta un punto de acopio provisional para depositar los frutos en un costal.	Repetitivo Variable
7. Depositar en costal	Cuando el recolector llega al punto de acopio provisional, descarga los frutos en el costal.	Repetitivo Variable Manual

Elemento	Descripción	Tipo de elemento
8. Transporte hasta punto de acopio 2	El recolector se desplaza desde el punto de acopio provisional (1), con el costal lleno, hasta el punto de acopio 2 donde se realiza el almacenamiento de los frutos en la finca.	Repetitivo Variable
9. Coser el costal	En el punto de acopio 2, el recolector ajusta la carga y procede a coser el costal.	Repetitivo Variable Manual

Fuente: elaboración propia

En los elementos manuales, el trabajador realiza las actividades sin la ayuda de herramientas mecánicas; los repetitivos reaparecen en cada ciclo de trabajo; los variables son los que su tiempo de ejecución cambia según las características de la operación y finalmente, los dominantes son aquellos que duran más tiempo que cualquier otro elemento dentro de la operación.

3.2. Macromovimientos en el proceso

Durante el ciclo de recolección fue posible identificar los diferentes movimientos que realiza el trabajador para llevar a cabo el proceso de recolección de las naranjas. Para su identificación se tuvieron en cuenta los movimientos del recolector en el surco, el árbol a través del surco, el árbol y la rama del árbol.

3.2.1. Movimientos en el surco

Se identificaron dos movimientos en el surco durante el proceso de recolección de naranjas en topografías inclinadas, como se muestra en la Figura 4: en el primero, el recolector realiza una trayectoria paralela a los surcos; mientras que el segundo, ejecuta un recorrido en zigzag a través de los surcos.



Figura 4. Movimientos en el surco en el proceso de recolección de naranjas

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Movimientos en el árbol a través del surco

El recolector realiza un movimiento circular a través del árbol para recoger los frutos como se muestra en la Figura 5. El recolector cambia la posición de la escalera para dar la vuelta completa al árbol y garantizar la recolección de todos los frutos aptos según el grado de maduración, para lo cual se orienta con una carta de color.



Figura 5. Movimientos en el árbol a través del surco

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Movimientos en el árbol

Durante el seguimiento se identificó un solo método de recolección en el árbol, que consiste en iniciar en la copa hasta la base, como se muestra en la Figura 6, por tanto, el movimiento del recolector es de arriba hacia abajo del árbol, combinado con el movimiento anterior alrededor del árbol. El recolector con ayuda de la escalera, alcanza los frutos de la copa; en algunos casos, se sube al árbol para recoger los frutos de la parte media y finalmente, se baja de la escalera y colecta los frutos de la base.



Figura 6. Método de arriba hacia abajo

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. *Movimiento en la rama*

Para el desprendimiento del fruto de las ramas, se identificaron movimientos desde el tallo hacia la punta de la rama; el recolector empleó en este caso el método del tirón, que consiste en arrancar la naranja del árbol con una combinación de movimiento de rotación y tracción, consiguiendo que los frutos se desprendan con cáliz [23]. En este caso, el recolector no empleó herramientas de corte, como se esquematiza en la Figura 7.



Figura 7. Movimiento de la rama hacia afuera

Fuente: Elaboración propia

3.3 *Micromovimientos*

A partir del análisis de imágenes se identificaron los micromovimientos o Therbligs en el proceso de recolección que se esquematizan en la Figura 8, con las líneas punteadas. El ciclo de recolección inicia cuando las manos vacías *buscan* y *seleccionan* el fruto maduro para *alcanzarlo*, lo *toman* desprendiéndolo de la rama, lo *sostiene* hasta *moverlo* y *colocarlo en posición* hacia la herramienta de almacenamiento y finalmente, *soltándolo*. En la Figura 8 pueden identificarse los movimientos que son efectivos en el ciclo de recolección: *buscar* y *seleccionar*, *alcanzar*, *tomar*, *mover* y *soltar*.

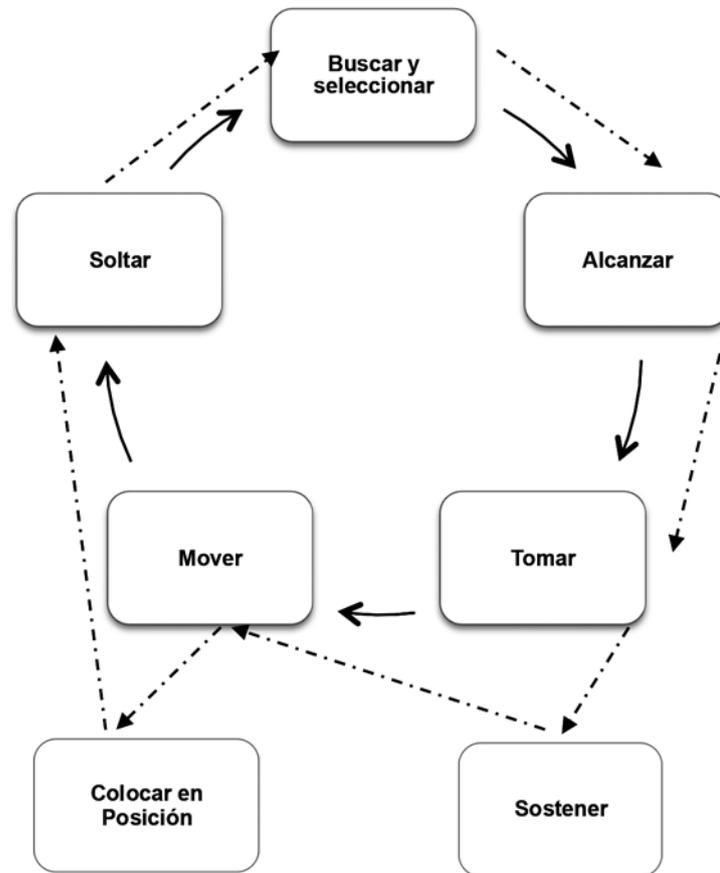


Figura 8. Ciclo de recolección de naranjas con el método tradicional

Fuente: Elaboración propia

Los Therbligs efectivos son los movimientos que optimizan el proceso de recolección de naranja, por tanto, para el desarrollo de herramientas de recolección debe enfatizarse en reducir o eliminar movimientos que son innecesarios este ciclo ideal, como son *sostener el fruto* y *colocarlos en posición*.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de las técnicas de Ingeniería de métodos en la recolección de naranjas permitió identificar los elementos que conforman la operación, los macromovimientos, los therbligs y el ciclo efectivo de recolección. Para el ciclo tradicional de la recolección de naranjas los Therbligs: Buscar y Seleccionar, Alcanzar, Tomar, Mover y Soltar hacen parte del ciclo efectivo de recolección; mientras que Sostener, Colocar en posición, son micromovimiento ineficientes en el proceso que podrían llegar a eliminarse con un cambio en el método y diseño de las herramientas de recolección.

La aplicación de las técnicas de ingeniería Industrial como la Ingeniería de Métodos en la agricultura brinda un nuevo panorama para la estandarización de las operaciones en el campo y la definición de normas de competencia, labores, aspectos relevantes para mejorar la competitividad en el sector cítrico.

REFERENCIAS

- [1] Cenicafé, "Evaluación de portainjertos de cítricos en la zona central cafetera de Colombia", *Federación Nacional de Cafeteros*, 2007, pp. 6-8.
- [2] M. J. Escobar, P. F. Aguilar y C. P. Pássaro, "Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia: limitantes y perspectivas", de *Cítricos: Cultivo, poscosecha e industrialización.*, Caldas, Corporación Universitaria Lasallista, 2012, pp. 7-48.
- [3] United States Department of Agriculture, "Citrus: World Markets and Trade", 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>. [Último acceso: Febrero 2016].
- [4] C. F. Espinal G, H. J. Martínez Covalada y Y. Peña Marín, "La cadena de cítricos en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005", *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- Observatorio Agrocadenas Colombia*, vol. 66, 2005, pp. 1-10.
- [5] DANE, "Área plantada, Área en edad productiva, producción y rendimiento del cultivo de naranja , según departamento", *Encuesta Nacional Agropecuaria*, p. 23, 2015.
- [6] Alcaldía de Manizales, "Agenda de Competitividad de Manizales", Alcaldía de Manizales, Manizales, 2014.
- [7] P. Catarina, P. Navarro y A. Salvador, "Poscosecha", de *Cítricos: Cultivo, poscosecha e industrialización*, Caldas, Corporación Universitaria Lasallista, 2012, pp. 223-285.
- [8] M. Mlotek, Ł. Kuta, R. Stopa y P. Komarnicki, "The effect of manual harvesting of fruit on the health of workers and the quality of the obtained produce", *Procedia Manufacturing*, vol. 3, 2015, pp. 1712-1719.
- [9] K. Sanders, "Orange Harvesting Systems Review", *Biosystems Engineering*, vol. 90, 2005, pp. 115-125,.
- [10] A. Torregrosa, E. Orti´, B. Martín, J. Gil y C. Ortiz, "Mechanical harvesting of oranges and mandarins in Spain", *Biosystems Engineering*, vol. 104, 2009, pp. 18-24,.
- [11] K. Salazar, A. Arroyave, O. Ocampo, A. M. Ovalle, C. Oliveros y C. Ramírez, Estudio de métodos y tiempos en la cosecha manual de café con Canguaro 2M, Manizales: Universidad Autónoma de Manizales, 2016.
- [12] C. E. Reina, E. Vargas Castellanos y M. Witz Silva, "Manejo poscosecha y evaluación de la calidad para la naranja, limon y mandarina que se comercializa en la ciudad de neiva", *Publicación Universidad Surcolombiana*, vol. 1, p. 34, 1995.
- [13] O. Castellanos, S. Fonseca y D. Ramírez, "Retos de la Ingeniería para el desarrollo tecnológico de la agroindustria", *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, nº 33, 2011, pp. 88-98.

- [14] A. A. Shikdar y B. Das, "The relationship between worker satisfaction and productivity in a repetitive industrial task," *Applied Ergonomics*, vol. 34, nº 6, 2003, pp. 603-610.
- [15] B. W. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, 10a ed., P. Roig Vázquez y A. Delgado Rodríguez, Edits., Mexico: The McGraw-Hill Companies, 2009, pp. 1-16.
- [16] D. Walsh y M. Strandgard, "Productivity and cost of harvesting a stemwood biomass product from integrated cut-to-length harvest operations in Australian *Pinus radiata* plantations", *Biomass and Bioenergy*, 2014, pp. 1-10.
- [17] P. C. Manyoma, "Análisis multicriterio de la valoración del ritmo en el estudio de tiempos", de *4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, San Sebastina, 2010.
- [18] R. Martínez, E. Montoya, J. Vélez y C. Oliveros, "Estudio de tiempos y movimientos de la recolección manual del café en condiciones de alta pendiente", *Cenicafé*, pp. 50-66, 2005.
- [19] X. Carreira, R. Mariño, X. Perez y M. Fernández, "Design of algorithms for evaluating the efficiency of labour and variability of some group milking parlour parameters", *Livestock science*, nº 151, 2013, pp. 252-263.
- [20] R. Spinelli y R. Visser, "Analyzing and estimating delays in wood chipping operations", *biomass and bioenergy*, nº 33, 2009, pp. 429-433.
- [21] H. Tinoco, A. M. Ovalle, C. A. Vargas y M. J. Cardona, "An automated time and hand motion analysis based on a planar motion capture extended to a virtual environment", *J Ind Eng Int*, vol. 11, 2015, pp. 391-402,.
- [22] G. Kanawaty, *Introducción al Estudio del trabajo*, 4a ed., Mexico: Limusa, 2010, pp. 273-344.
- [23] B. Martín y A. Torregrosa, "Sistemas ensayados para la mecanización de la recolección", *Vida Rural*, 2006, pp. 50-54.