

ANÁLISIS ERGONÓMICO DEL PROCESO DE FORMULACIÓN DE UNA PLANTA AGROQUÍMICA

ERGONOMIC ANALYSIS OF THE FORMULATION PROCESS OF AN AGROCHEMICAL PLANT

Yolicette Bolívar-Cabarcas*

Resumen: En una empresa del sector agroquímico se realizó el análisis ergonómico del proceso de formulación de una de sus plantas productivas con el objetivo de comparar las capacidades de trabajo de la formulación versus las capacidades físicas de los trabajadores para evitar llevarlos a niveles de fatiga fisiológica que derive en patologías osteomusculares. Este estudio se realiza por etapas y específicamente esta investigación corresponde a la etapa diagnóstico inicial, donde se analizó el proceso de formulación el cual es realizado por técnicos de formulación que adicionan manualmente la materia prima al tanque con una cantidad de 244 bolsas por bache, con pesos entre los 20 y 25 kg. Para conocer el puesto de trabajo se aplicó el método de estudios de tiempos con cronometraje continuo durante 3 horas y para la estimación de la carga cardiovascular se utilizó una banda de ritmo cardiaco colocándosela de forma aleatoria a uno de los técnicos que realizaba la adición. Al analizar este estudio se logró identificar que las tareas principales de adicionar el producto corresponden al 59%, las tareas secundarias que correspondían a disposición de residuos sólidos alcanzaban el 35% y se observó un 6% de tiempos muertos o reposo. La carga cardiovascular a través de la frecuencia cardiaca arrojó una estimación del 54% lo que representa que es un trabajo pesado. En un segundo estudio se propone realizar una evaluación más específica en relación a los aspectos identificados para proponer mejoras bien dirigidas.

Palabras clave: Ergonomía, fatiga, proceso, productividad, sistemas de trabajo.

Abstract: In a company in the Agrochemical sector, an ergonomic analysis of the formulation process of one of its production plants was carried out with the objective of comparing the work capacities of the formulation versus the physical capacities of the workers to avoid taking them to levels of physiological fatigue that derives in musculoskeletal pathologies. This study is carried out in stages and specifically this research corresponds to the initial diagnostic stage, where the formulation process was analyzed, which is carried out by formulation technicians who manually add the raw material to the tank with an amount of 244 bags per batch, with weights between 20 and 25 kg. To know the job position, the method of time studies with continuous timing for 3 hours was applied and for the estimation of the cardiovascular load, a heart rate band was used, placing it randomly on one of the technicians who performed the addition. When analyzing this study, it was possible to identify that the main tasks of adding the product correspond to 59%, the secondary tasks that corresponded to solid waste disposal reached 35% and 6% of downtime or rest was observed. The cardiovascular load through the heart rate yielded an estimate of 54%, which represents that it is heavy work. In a second study, it is proposed to carry out a more specific evaluation in relation to the identified aspects in order to propose well-targeted improvements.

*Investigadora independiente. Barranquilla, Colombia. Correo electrónico: yolicette1505@yahoo.com. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5760-3919>

Keywords: Ergonomics, fatigue, process, productivity, work systems.

Recepción: 16.04.2023 / Revisión: 21.04.2023 / Aceptación: 25.07.2023

Introducción

Estudio ergonómico realizado en una empresa multinacional ubicada en la ciudad de Barranquilla – Colombia, la cual se dedica a la elaboración de productos agroquímicos utilizados para la agricultura. Su propósito superior de garantizar la sostenibilidad alimentaria del mundo.

Cuenta con dos plantas productivas. A partir del año 2022 una de sus plantas de mayor capacidad productiva ha realizado un cambio en su producto por solicitud de un tipo de fungicida con una acción de mayor espectro de uno de sus clientes. Este cambio ha generado un incremento en la producción con un rendimiento esperado de 14.114 kg en un turno de trabajo de 8 horas, de igual forma ha impactado la forma de adición de materia prima que ejecutan los operarios de formulación ya que inicialmente se proyectó formular a través de súper sacos, pero por problemas en la adquisición de la materia prima se dispuso la adición por bolsas para un total de 244 de estas, con pesos entre los 20 y 25 kg. Junto el área de proyectos se está estudiando alternativas para mejorar la eficiencia tecnológica de la adición pero mientras se planifican y aprueban estas soluciones se continuó realizando el proceso de forma manual, con ayudas mecánicas para el transporte de cargas.

El sistema de trabajo de formulación está organizado por 4 trabajadores por turno, quienes se distribuyen las diferentes tareas; particularmente la tarea de adición es realizada por 2 de ellos.

El enfoque ergonómico del estudio se centró en el análisis de las demandas de la tarea y exigencias físicas de las personas, para determinar si los cambios en la producción esperada y el proceso de formulación podrían conllevar a una fatiga fisiológica que generara un desequilibrio entre el bienestar y la productividad.

Este estudio se realiza por etapas y en esta primera etapa de la investigación se realizó un análisis diagnóstico inicial del proceso de formulación de una de las plantas productivas, el cual es realizado por técnicos de formulación, entrenados y competentes, de género masculino, con una edad promedio de 31 años. Su modelo de contratación es por medio de una empresa temporal.

Entre los factores de riesgos identificados están los Biomecánicos como, manipulación manual de cargas, movimientos repetitivos, esfuerzos y los relacionados a posturas. Condiciones organizacionales por los ritmos de trabajo impuestos, pocos periodos de recuperación, factores ambientales como calor y material particulado, demandas mentales tales como atención y toma de decisiones.

Materiales y métodos

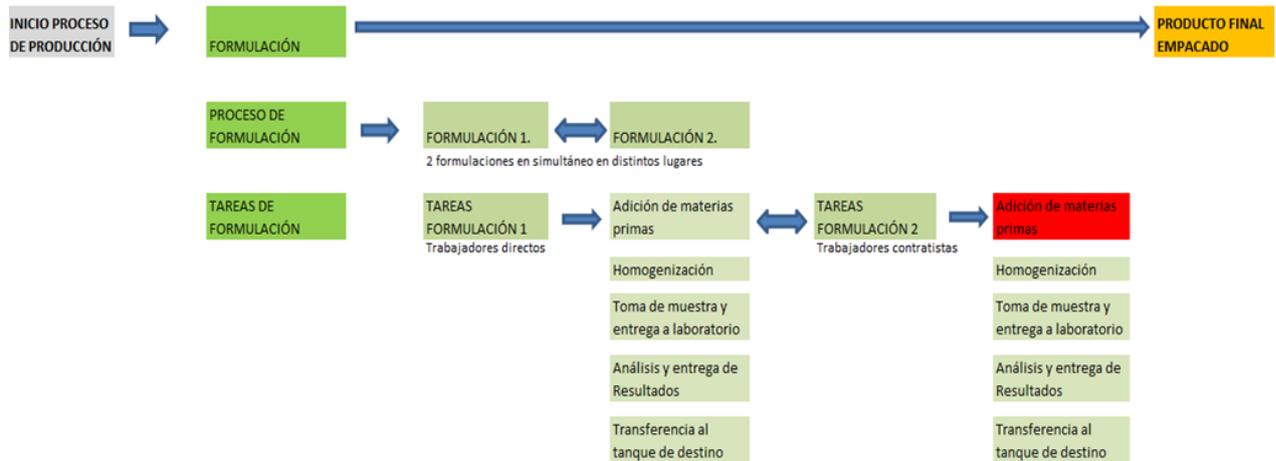
Contextualización socio – cultural de la empresa

- Empresa multinacional, sus actuales dueños son de la India, tienen sedes en diferentes países, incluido Colombia.
- Tiene aproximadamente 400 trabajadores directos, contratistas y temporales por bolsas de empleo.
- Tiene una cultura de seguridad muy fuerte por lo cual invierten en tecnología, recursos y mejoras de las condiciones laborales.
- Son regulados por diferentes entidades nacionales e internacionales con muchos reconocimientos y certificaciones.
- La población trabajadora que se contrata proviene de los barrios aledaños, mostrando así un compromiso social con la comunidad.
- Específicamente a las características básicas de la población de trabajadores que desempeñan la labor de adición de materias primas tiene una forma de contratación por empresa temporal.
- Género masculino en su totalidad, la edad promedio de la población es adulta joven de 31,5 años.
- Su nivel educativo se distribuye en 33% técnicos, 33% tecnólogos, 17% bachiller, 8% profesional y 8% no se tiene información. Se puede concluir que es un grupo con buenas competencias de conocimiento.
- La mayoría son colombianos, oriundos de la ciudad de Barranquilla y municipios aledaños.

Análisis de la situación de trabajo

El proceso de producción de la planta consta de dos procesos, formulación y empaqueo; para el presente estudio se realizó el análisis de la tarea de adición de materias primas que hace parte del proceso de formulación (ver figura 1) el cual es donde más intervención de los trabajadores se presenta.

Figura 1. Diagrama de flujo del sistema.



Organización del sistema

La planta opera 24 horas distribuyéndose en 4 turnos, dentro de los 4 turnos 3 son de operación y 1 de descanso, adicional cuenta con un turno para entrenamientos y bienestar (ver tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de turnos de trabajo.

Turnos de trabajo	
Número de turnos	4
Tipos de turno	3 de operación
	1 de descanso
	Turno especial caiman martes, miércoles y jueves

Los trabajadores que operan la planta son en su mayoría contratados a través de una empresa temporal y los que realizan la tarea de adición tienen el cargo de formuladores (ver tabla 2). En una jornada de 8 horas se forman equipos de trabajo para cada proceso donde se asegure la rotación por los 4 turnos en el día (ver figura 2).

Tabla 2. Distribución de trabajadores de acuerdo al cargo.

Número de trabajadores	
Empresa	9 operadores de campo
Contratistas	12 formuladores
	16 ayudantes de empaque
	4 técnicos
	4 auxiliares

Figura 2. Distribución del personal por jornada de 8 horas.



El proceso de formulación es por baches y la producción esperada por turno es de 14.114 kg distribuida en 2 baches por turno (ver tabla 3).

Tabla 3. Meta de producción.

Proceso/baches de formulación	
Número de baches en el turno	2
Cantidad de producto formulado por bache	7.057 kg
Total de producto formulado por turno	14.114 kg

Actividades de la tarea de adición de materia prima

La tarea de adición de materia prima se realiza en dos pisos de la planta, en el cuarto piso de la planta que se realiza una adición de materia prima de la formulación 1 por parte de los operadores de campo (ver figura 3), y en el tercer piso se adiciona la materia prima de la formulación 2 por parte de los formuladores (ver figura 4) y que será el objeto de análisis de este estudio.

Figura 3. Cantidades de adición de materia prima en formulación 1.

ADICIÓN DE MATERIA PRIMA POR BACHE

FORMULACIÓN 1.
 No. De trabajadores: 2
 Operadores empresa

→

Actividad	Materias primas	Bolsas	
		Cantidad	Peso kg
Adición de materias primas	M.P. 1	4	25
	M.P. 2	11	20
	M.P. 3	17	25
	M.P. 4	14	25

Figura 4. Cantidades de adición de materia prima en formulación 2.

FORMULACIÓN 2.
 No. De trabajadores: 2
 Operadores contratistas

→

Actividad	Materias primas	Bolsas	
		Cantidad	Peso kg
Adición de materias primas	M.P. 1	10	25
	M.P. 2	34	20
	M.P. 3	200	25

A continuación se detallan las actividades de adición de materia prima que realizan los formuladores:

1. Subir materias primas al segundo piso.
2. Ubicar las estibas de materias primas en zonas de almacenamiento.
3. Trasladar estiba con materias primas en zona de adición.
4. Preparar la zona de adición (colocar bolsas a canecas).
5. Adicionar bolsa por bolsa en el tanque de formulación .
6. Disposición de residuos.
7. Enviar estibas vacías al primer piso por la canasta de elevación.

8. Realizar inventario de las materias primas.
9. Manipulación de control de la canasta de elevación.
10. Limpieza del área.

Condiciones de trabajo

La tarea de adición de materia prima tiene lugar en el tercer y 4 piso de la planta, se realiza de forma manual la adición de bolsas y mecánica con la ayuda de portaestibas para traslado de las estibas de materia prima en la zona de trabajo (ver tabla 4). La planta cuenta con otras ayudas como canastas elevadoras y ascensor, para el momento del estudio el ascensor estaba fuera de servicio por lo cual se aumentaba la frecuencia de subir estibas de productos al tercer piso y mayor distancia de desplazamiento empujando el portaestiba desde la canasta elevadora hasta el tanque de adición.

Tabla 4. Caracterización de la manipulación manual de cargas.

Manipulación de cargas	Mecánica
	Manual
Tipo de cargas	Bolsas de 20 y 25 kg
	Estibas de productos

Métodos aplicados

Para la realización de este análisis ergonómico se hizo visita de campo durante un turno de trabajo diurno observando el proceso de formulación 2, haciendo un enfoque en la tarea de adición de materia prima la cual es realizada por dos formuladores; se aplicaron métodos objetivos directos en evaluaciones en terreno a través de técnicas de estudio de tiempos para distribuir las actividades principales y secundarias con una medición y registro de tiempos por cronometraje continuo; combinado con técnicas fisiológicas tales como la frecuencia cardiaca que se le estimó a uno de los formuladores que realizaba la adición de bolsas (ver figura 5).

Figura 5. Caracterización del método y del trabajador.

Técnica de estudio:	Estudio de tiempos Estimación de carga cardiovascular	
Fecha de realización	6 de junio 2022	
Jornada de trabajo	Diurna- Turno 2	
Grupo	H	
Trabajadores	T1	<u>Datos para estimación de carga cardiovascular</u> Trabajador que se le analizó de frecuencia cardiaca Altura: 176 cm Peso: 79 kg Edad: 36 años IMC: 25 Género: masculino
	T2	
	T3	
	T4	
Tiempo de observación:	3.5 horas	
Método de estudio de tiempos	Cronometraje continuo Análisis de la frecuencia cardiaca con cinta pectoral	
Tarea central analizada:	Adición de materias primas	
No. De baches observados	1	

Para el análisis estimación de la carga cardiovascular se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%CC: \frac{fc \text{ trabajo} - fc \text{ reposo} \times 100}{fc \text{ máx.} - fc \text{ reposo}}$$

De acuerdo al resultado de la fórmula se identificó el criterio de ponderación del tipo de trabajo (ver tabla 5).

Tabla 5. Criterios de ponderación

Ponderación	Criterio
4 Pesado	Porcentaje de carga cardiovascular superior a 40 %
3 Moderado	Porcentaje de carga cardiovascular entre 30 y 40 %
2 Liviano	Porcentaje de carga cardiovascular entre 20 y 29 %
1 Muy liviano	Porcentaje de carga cardiovascular inferior a 20 %

Fuente. Apud et al. (2002).

Resultados y discusión

Al analizar este estudio de la actividad de adición de materias primas de la tarea de formulación 2 observada, se logró identificar que las tareas principales de adicionar el producto corresponden al 59%, las tareas secundarias que correspondían a disposición de

residuos sólidos alcanzaban el 35% y se observó un 6% de tiempos muertos o reposo (ver figura 6). Se puede observar que la tarea de adición se realiza de forma continua con pocos tiempos de recuperación.

Figura 6. Modelo en Excel para la toma de datos del estudio de tiempos.

Hora de inicio	Actividad	Descripción	Hora de término	Principal	Secundaria	Trabajador	Herramientas de trabajo	Condiciones biomecánicas	Condiciones ambientales	Observaciones
8:36 a. m.	Alistamiento de la materia prima	Trabajadores se desplazan a las estibas con el material para cortar zunchos, retirar tapa, falda, plástico, despegar tarjeta; disponer en bolsas rojas plásticas y zunchos, disponer en estibas cartones	8:53 a. m.		X	T1 T2	cuchillo	movimiento repetitivo, postura forzada,		Participan al inicio dos trabajadores y cuando se empieza adicionar al tanque queda solo uno haciendo la tarea
8:48 a. m.	Traslado de estiba con ufoxane al área de adición		8:49 a. m.		X	T3	Portaestiba manual	esfuerzo		
8:50 a. m.	Asegurar disponibilidad de material prima para el 2 piso	Trabajador se desplaza en diferentes pisos (1 y 3) de la planta para hacer inventario de los materiales que se requieren en la formulación	9:20 a. m.		X	T3				
8:50 a. m.	Adición de materia prima al tanque	Se adiciona SAC, en el tanque	8:53 a. m.	X		T1				(No está acondicionado el chute de adición). Posteriormente trabajador se desplaza para lavarse las manos.
8:53 a. m.	Tiempo de espera	Se espera la orden para iniciar adición	8:55 a. m.		X	T2				T1 y T2 se desplazan a 4 piso para hidratarse

Estimación de la carga cardiovascular:

$$\%CC = \frac{127 - 60 \times 100}{184 - 60}$$

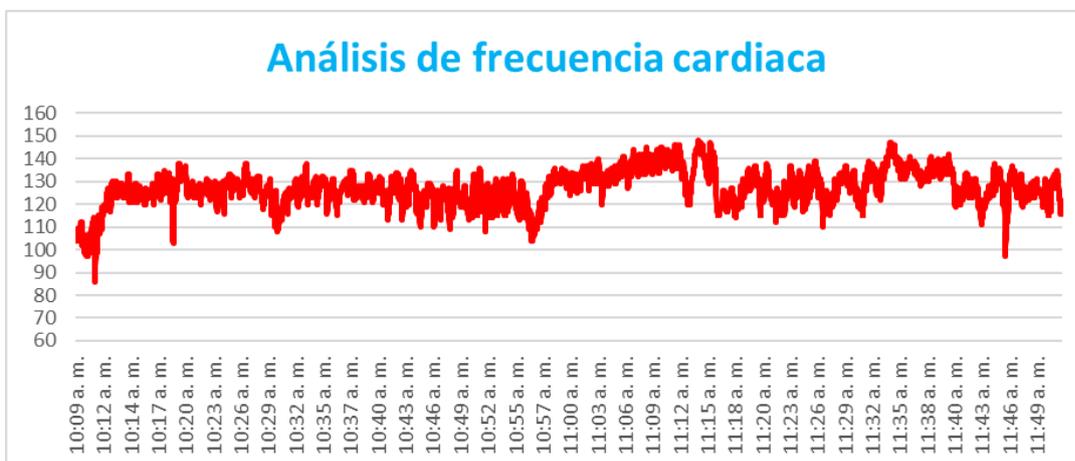
$$\%CC: 54\%$$

La carga cardiovascular a través de la frecuencia cardiaca estimada en el trabajador T1 (ver tabla 6), arrojó una estimación del 54% lo que representa que es un trabajo pesado (ver figura 7). Se evidencia una alta carga física del trabajador que puede afectar su rendimiento por fatiga física.

Tabla 6. Frecuencia cardiaca mínima y máxima del operador de formulador.

Fc/Jornada	Promedio	Min-Máx
AM	127	86-148

Figura 7. Seguimiento de la frecuencia cardiaca del operador formulador.



Se identificaron otros factores tales como biomecánicos por, manipulación manual de cargas de las bolsas de productos que oscilan entre los 20-25 kg; movimientos repetitivos al repetir los ciclos de levantar, acomodar las bolsas, cortarlas, adicionar y disponerlas; esfuerzos al trasladar las estibas con el portaestiba manual (halar y empujar); y relacionados a posturas ya que debe flexionar el tronco al levantar las bolsas del nivel inferior de la estiba que se encuentra a nivel del piso. También hay presencia de factores de tipo organizacional por los ritmos de trabajo, pocos periodos de recuperación, factores ambientales por temperaturas ambientales de hasta 31°C y material particulado, demandas mentales tales como atención y toma de decisiones.

En un segundo estudio se propone realizar una evaluación más específica en relación a los aspectos identificados para proponer mejoras bien dirigidas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que las demandas pueden llegar a superar los límites de sobrecarga fisiológica recomendables para una jornada de trabajo.

Esta experiencia permitió integrar métodos desde una mirada de la fisiología y organización del trabajo haciendo el análisis de puesto de trabajo como un sistema integral. Es evidente que el puesto de trabajo requiere intervenciones en los diferentes factores que lo afectan, independientemente del producto que se formule. Se contó con la participación de diferentes partes interesadas para mejorar el sistema de trabajo y desde la ergonomía el propósito fue aportar al objetivo de analizar las demandas de trabajo con relación a las capacidades físicas del trabajador. Al indagar con los líderes del proceso sobre el cumplimiento de la meta de producción reportaron que bajo las condiciones actuales de la formulación 2 no han logrado finalizar los dos baches en una jornada laboral; el segundo bache lo termina generalmente el siguiente turno.

Para poder buscar un equilibrio entre la productividad del proceso y el bienestar de los trabajadores se proponen las siguientes acciones:

- Implementar tiempos de recuperación, que de acuerdo a los datos obtenidos y aplicando un cálculo de tiempo requerido para evitar fatiga se estima sea de 60 minutos.
- Implementar sistema de rotación de tareas entre los 4 trabajadores cada 30 minutos: Adición de material (2 trabajadores), Recibo y traslados de materiales (2 trabajadores).
- Favorecer la hidratación frecuente.
- Adquisición y mantención de ayudas mecánicas.
- Implementación de mejora tecnológica (estación de súper sacos).
- Implementar estrategia de ergonomía participativa para las intervenciones que requieren análisis.

- Realizar un segundo estudio con una evaluación más específica en relación a los aspectos identificados para proponer mejoras más precisas relacionadas a los factores ambientales, organizacionales y de diseño de puesto de trabajo.

En seguimiento a la implementación de estas intervenciones llamó la atención las diferencias en la percepción de las rotaciones de tareas donde para algunas cuadrillas sí manifestaron que mejoraba su productividad y evitaba que se fatigaran más rápido, pero otras mantuvieron el mismo esquema de organización ya que no se adaptaron al cambio propuesto por considerarlo que debían invertir más tiempo al interrumpir la tarea cada 30 minutos.

Referencias

Apud, E., Gutiérrez, M., Maureira, F., Lagos, S., Meyer, F., & Chiang, M.T. (2002). *Guía para la evaluación de trabajos pesados*. Universidad de Concepción