

Laboratorio de estudio de cronómetros y equilibrio de capacidad

Chronometer and capacitance balance study laboratory

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.4.1.2022.14>

Fecha de Recepción: 23/03/2022. Fecha de Publicación: 21/06/22

María José Acosta-Orozco¹, Andrés Felipe Carmona-Pertuz², Yeisy Ceballos-Quiceno³, Jennifer Díaz-González⁴,
Melissa Ríos-Torres⁵, Aida Huyke-Taboada⁶

¹Universidad de la costa CUC. Barranquilla, (Colombia) macosta37@cuc.edu.co

²Universidad de la costa CUC. Barranquilla, (Colombia) acarmona8@cuc.edu.co

³Universidad de la costa CUC. Barranquilla, (Colombia) yceballo@cuc.edu.co

⁴Universidad de la costa CUC. Barranquilla, (Colombia) jdiaz101@cuc.edu.co

⁵Universidad de la costa CUC. Barranquilla, (Colombia) Mrios12@cuc.edu.co

⁶Universidad de la costa CUC. Barranquilla, (Colombia) ahuyke@cuc.edu.co

Resumen

La finalidad de esta práctica fue aprender a relacionarse con el manejo de cronómetros y con las diferentes formas que existen para la toma de datos; como también, identificar y proponer nuevas alternativas de solución en donde se evidencian problemas de eficiencia, condiciones de trabajo, métodos, etc. Esta práctica se realizó en 3 fases: en la primera se necesitó un carro desarmable y un operario y se dividió el carrito en elementos para luego tomarle tiempo a cada elemento. En la segunda fase, se acomodó el espacio en donde se iba a realizar el proceso de armado de los carritos en una banda transportadora; se midió el ruido, la iluminación y se acomodaron 4 estaciones en las que se iba a ubicar cada operario. En la fase, se procedió a destinar ciertos elementos en cada una de las estaciones y se acondicionó el área de trabajo de cada operario, para luego empezar el proceso de armado de los carros. Se calcularon las productividades del proceso para ver cuán eficientes habían sido las mejoras implementadas en el proceso; los resultados fueron: PMO 1: 11,82 uni/h-h y la PMO 2: 14,08 uni/h-h.

Palabras clave

Medición del trabajo; estudio de tiempos por cronómetros; eficiencia.

Abstract

The purpose of this practice was to learn how to relate to the management of chronometers and the different forms that exist for the collection of data; as well as to identify and propose new solutions where efficiency problems are evident, working conditions, methods, etc. This practice was carried out in 3 phases: in the first one a detachable cart and an operator were needed and the cart was divided into elements to then take time to each element. In the second phase, the space where the assembly of the carts was to be carried out on a conveyor belt was accommodated; noise, lighting and 4 stations were measured in which each operator was to be located. In the phase, we proceeded to assign certain elements in each of the stations and the area of work of each operator was conditioned, to then begin the process of assembling the carts. Process productivities were calculated to see how efficient the improvements implemented in the process had been; the results were: PMO 1: 11.82 uni/h-h and PMO 2: 14.08 uni/h-h.

Key Words

Work measurement, time study by stopwatch, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

Para poder estandarizar los procesos es necesario medir el tiempo que el operario se tarda haciendo una determinada actividad, es ahí donde manejar el estudio de cronómetros se vuelve importante. Estandarizar los tiempos de trabajo de la forma adecuada, siguiendo unas reglas específicas, le brindan a la compañía información crucial, permitiendo planificar la producción, preparar presupuestos de ofertas, precios de venta y plazos de entrega, entre otros.

Medición del Trabajo

La medición del trabajo es aplicar técnicas para determinar el tiempo que demora un operador calificado y preparado en desarrollar sus actividades definidas según las normas de ejecución establecidas.

Los diagramas de procesos pueden ser una de las técnicas utilizadas para hacer un análisis inicial de cómo están organizadas las operaciones y luego aplicar mejoras en caso de ser necesario.

Los pasos a seguir en la medición a seguir pueden ser los siguientes:

- Seleccionar área.
- Examinar el área seleccionada.
- Medir y registrar la cantidad de trabajo ejecutado.

La importancia de la medición de tiempos se puede ver reflejada en la organización al asignar las responsabilidades con cantidades y tiempos precisos, en el aspecto económico la rentabilidad de la empresa iría en aumento al tener determinada el tiempo de mano de obra requerida y en el planeamiento de la producción al conocer su capacidad productiva.

Las técnicas de la medición de trabajo se pueden clasificar en técnicas directas e indirectas.

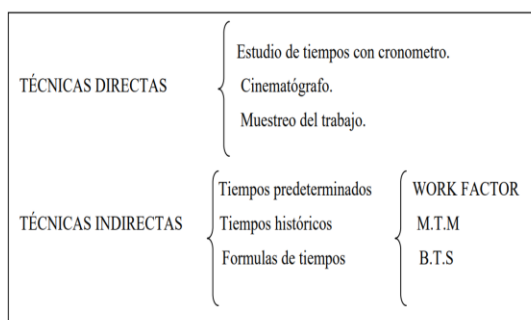


Fig. 1 Clasificación de las técnicas de medición del trabajo. Fuente: “Medición del trabajo aplicado a la empresa D’Vargas Repujado en aluminio S.A”

Algunas de las aplicaciones de este método son:

- > Fijar los tiempos para cada operación.
- > Facilitar información en la cual basarse para estimar tiempos de entrega.
- > Fijar los costos de mano de obra según su rendimiento.

Estudio de tiempos con cronómetros

Es una técnica directa de medición de trabajo que consiste en medir el tiempo con un cronómetro, con el fin de determinar cuánto demora el operario en realizar un trabajo teniendo en cuenta los rendimientos establecidos.

Hay 8 etapas para llevar a cabo esta metodología:

1. Investigar y registrar toda la información que se pueda obtener del operario, la tarea a realizar y las condiciones que influyen sobre estos.
2. Descomponer la actividad en elementos.
3. Determinar cantidad de muestras y verificar los métodos desarrollados.
4. Tomar el tiempo con el cronómetro y registrarlos.
5. Determinar las velocidades en las que se quiere evaluar al operario.
6. Convertir tiempos observados en tiempos básicos.
7. Determinar suplementos.
8. Determinar tiempo estándar de la operación.

Valoración del trabajo y cálculo de suplementos

La valoración del trabajo es un valor entre 0 y 100, obtenido tomando en cuenta la combinación entre velocidad y habilidad del operario al desarrollar sus actividades.

Los suplementos son factores establecidos según las necesidades del operario con el fin de reducir lo más posible la fatiga compensando con descansos.

Tenemos los suplementos por necesidades personales que varía en un máximo del 5% , y también tenemos los suplementos por descanso que son tomados en cuenta según el esfuerzo físico y psicológico.

Su cálculo depende del uso de las tablas proporcionadas por la O.I.T.

Determinación del tiempo tipo o estándar

El tiempo estándar es un tiempo promedio para estandarizar una operación según la velocidad y descansos establecidos.

En la ecuación (1) podemos ver cómo se describe:

$$TE = TB + (1 + \% \text{ suplementos}) \quad (1)$$

Donde:

- TE es tiempo estándar: Mejor tiempo asignado al desarrollo de la operación.
- TB es tiempo básico y resulta de la multiplicación del tiempo promedio y el factor de valoración (ecuación 2).

$$TB = TP \times VT \quad (2)$$

- TP es el promedio de los tiempos tomados y VT es la valoración porcentual según la velocidad y desempeño que maneja el operario.
- Los suplementos son puntuaciones que se sacan del libro O.I.T.

II. REVISIÓN LITERARIA

El propósito del artículo fue mejorar el acceso a la consulta especializada en el área de salud, reduciendo el tiempo de espera y el descontento por parte de los usuarios. Se elaboraron 5 criterios que se evaluaron en los pacientes pendientes de cita en diciembre del 2015, también se cuantificaron las reclamaciones en un periodo de 6 meses de anterioridad. Se diseñó e implementó un nuevo proceso de interconsulta con un sistema directo de citación, eliminando a los pacientes sin cita. Esto ocasionó que el tiempo de espera y que el número de quejas disminuyera, sin embargo, al eliminar a los pacientes sin cita, se aumentó el número de pacientes pendientes de cita. [1]

En este artículo se propone una metodología para definir los tiempos normales de operaciones de costura con mayor exactitud, en el supuesto de que se contaban con o menos de 20 muestras, las cuales iban a ser tomadas durante la producción en condiciones de bajo nivel, lo cual es algo característico en las prendas con motivos o estilos complejos que se manejan en lotes de pequeñas cantidades, con operaciones como la de preparado, posicionado y costura las cuales no son repetitivas sino más bien variantes.[2]

En este estudio se utilizaron los registros pre hospitalarios en el condado de King, Washington y el suroeste de Pensilvania de 2002 a 2006 y de 2005 a 2011, respectivamente para validar unos resultados. Se evaluó el error de estimación. Con base en los resultados iniciales, se estimó la densidad de población, la hora del día y la estación para evaluar la versión mejorada. Por último, se compararon las zonas de acción de los hospitales utilizando cada método con un tiempo de conducción fijo. Las estimaciones de tiempo de transporte basadas en las rutas demostraron una precisión moderadamente adecuada más sin embargo se tienen que aplicar las respectivas restricciones. [3]

El objetivo de este artículo fue saber qué tan fiable era la medición a través de cronómetros y análisis de videos del Line Drill Test, comparándolas con fotocélula. Se tomaron 22 jugadores de baloncesto y balonmano para la realización del test, y el tiempo de ejecución fue registrado por un sistema de fotocélula y por cronómetros manuales. Además, se determinaron los siguientes ítems: coeficiente de correlación intraclase, coeficiente de variación, máxima diferencia absoluta para un mismo test y el error estándar. Al comparar los resultados no hubo diferencia relevante con el uso de los diferentes equipos. Por lo tanto, se sugiere que el uso de este tipo de equipos (cronómetros y cámaras) para los registros de este test son válidos y fiables. [4]

Se registró de forma rutinaria el volumen de CO2 durante las operaciones de almacenamiento. Presentaron una técnica gráfica de dos pasos para inferir el volumen de poro y la capacidad de almacenamiento máxima de los acuíferos salinos cerrados mediante el análisis de los datos de inyección disponibles. Utilizando técnicas de balance de materiales estimaron

la capacidad de almacenamiento final mediante extrapolación lineal de la tendencia de la presión promedio a la presión máxima permitida que la formación puede soportar. Para investigar su potencial y confiabilidad en el análisis de datos de inyección de CO₂, la técnica propuesta se aplica a cuatro casos sintéticos que representan diferentes condiciones de operación de pozos. Los resultados indican que el enfoque aproximado sobreestima constantemente la capacidad de almacenamiento que fue simulada en comparación con el enfoque riguroso. La interpretación de los datos de campo muestra que la técnica propuesta se puede utilizar para identificar el grado de continuidad hidráulica y el compartimento del yacimiento dentro de una formación. [5]

En este artículo se hizo un análisis de cronómetro para conocer las fallas más comunes dentro de un proceso. En la máquina llenadora las fallas más frecuentes son: acumulación de botellas en los procesos posteriores y anteriores a llenadora, que por lo general la causa del acumulamiento de botellas es por fallas en los demás equipos de la línea de producción. En el proceso de desestibado las fallas más comunes son: cajas atoradas en tope volteador y en arreador (empuje de cajas); cajas caídas en rodillos y transportador de tarimas. Se realizó un estudio de tiempos con cronómetro para determinar el tiempo estándar del proceso en el cual se encuentran las fallas más comunes, posteriormente se realizaron observaciones en las máquinas según el tamaño de muestra determinado, obteniendo así la información necesaria para tomar medidas y hacer el estudio de optimización de los procesos de producción. Se realizaron también un análisis de los tiempos predeterminados del proceso mediante los métodos de MTM y análisis de tiempos MOST. Llegando a unos resultados en los cuales se concluyó que “el análisis de tiempo es una herramienta adecuada para determinar el tiempo de los procesos y hacer las recomendaciones de mejora, para minimizar o evitar el tiempo perdido y optimizar las condiciones de operación en el proceso”. [6]

El artículo trata del cuello de botella presentado en la línea llena de cuarto de galón de aceite, lo cual estaba ocasionando la reducción del volumen de producción. El objetivo fue proponer 2 alternativas para mitigar la problemática, las cuales fueron: adecuación de la de la línea de llenado con ciertos ajustes mecánicos que se le aplicarían a la máquina wraparound también; y la 2 alternativa era implementar ajustes mecánicos a las líneas y obtener una nueva máquina wraparound, ambas con propósito de aumentar la producción de la empresa. Como resultado se evidenció que el cuello de botella era la máquina wraparound, se implementó un nuevo formato de capturas y de procesamiento diario en la línea. Se escogió la opción 1 porque la empresa había sido vendida a COPEC y posteriormente sería operada por Terpel, por lo tanto, una opción a largo plazo para COPEC no sería muy atractiva. [7]

Esta tesis tiene como objetivo determinar cómo influye el diseño de la cadena de suministro de alimentos en los flujos logísticos. En la fase cuantitativa se desarrolla con métodos de simulación dinámica y optimización, se presenta, se evalúa y se hacen las debidas correcciones. Luego se elabora el equilibrio de los flujos logísticos, usando la teoría de juegos y dinámica de sistemas. En la fase cualitativa y caso de estudio, se encuentra el suministro de frutas con el fin de relacionarse con el diseño actual de la cadena, rasgos de producción, logísticas y comercio. Los resultados demuestran que la reestructuración de la cadena ayuda a obtener mejores medidas de desempeño, mejorando la calidad, la eficiencia y capacidad de respuesta. [8]

Este artículo describe un procedimiento para la obtención de tiempos estándar en procesos operativos, estratégicos y de soporte en cuatro empresas ensambladoras: televisores, placas de circuito impreso, motocicletas y bicicletas. Los tiempos obtenidos en los procesos operativos fueron validados mediante comparaciones con resultados reportados en la literatura especializada, mientras que los tiempos asociados a los procesos administrativos.[9]

Este documento reúne un conjunto de trabajos previos para presentar una descripción general sobre cómo un middleware de distribución centrado en datos (DDS, servicio de distribución de datos) podría usarse en aplicaciones distribuidas con requisitos mixtos de criticidad y tiempo real. [10]

Este trabajo tiene como objetivo optimizar la calidad de los productos mecanizados (acabado superficial) y la tasa de productividad del proceso de fabricación del torneado. [11]

Este artículo propone un enfoque de optimización de simulación para ayudar a la toma de decisiones. La complejidad del problema radica en seleccionar el modelo y número de equipos para cada etapa con el menor costo económico satisfaciendo simultáneamente una producción y granulometría previamente fijadas. [12]

Este artículo presenta los resultados de un estudio de tiempos y movimientos en una industria que fabrica calzado, por medio de distintas herramientas que le permitieron determinar la causa de la baja productividad, donde ninguna de las áreas el trabajo estaba distribuido equitativamente. Por lo tanto, se asignaron tareas de una estación a otra con el fin de poder incrementar la productividad y la eficiencia en los procesos de producción. [13]

En este artículo, se realiza un estudio de tiempos y movimientos a la empresa casa blanca, el cual es implementado en una de sus líneas de producción de pisos de granito, donde se pretende verificar el funcionamiento de los métodos actuales de trabajo, aplicar acciones correctivas en el mismo y poder incrementar su participación en el mercado. [14]

Este artículo presenta un estudio de tiempos y movimientos en una línea de producción para las empresas de la industria del calzado y derivados de la EVA (Etil, vinilo y acetato); actualmente se presentan demoras en los ciclos de producción, los cuales llevan a tener bajos índices de productividad, y bajos volúmenes, generando bajo ingreso por venta. Es por esto que se decide plantear un modelo para el estudio de tiempos y movimientos como herramienta para la productividad de las PYMES. [15]

En este artículo se implementa el estudio de tiempos y movimientos en la empresa MEGAN, pues, se necesita un control métrico de acuerdo a las necesidades de los clientes. Es así como se pudieron identificar los cuellos de botella en la manufactura, las causas que provocan que no se tenga el producto en tiempo y forma, permitiendo tomar acciones sobre cada una de éstas al agilizar los procesos y tener documentado todo lo referente a los procesos de dicha empresa. [16]

El objetivo de este artículo es mejorar la productividad en la sección de prensado de pastillas, en la fábrica de frenos automotrices EGAR S.A. Se hizo un análisis para identificar las actividades que limitaban el proceso utilizando el estudio de métodos y medición del trabajo. Ya una vez identificadas las actividades, el uso de estas herramientas redujo el tiempo inactivo de la prensa y se mejoró la productividad con un incremento del 25% en esta. [17]

Este estudio se realiza en el área de soldadura en la Empresa Ciudad del Auto (CIAUTO) para una de sus referencias modelo cuatro (M4). Se identificaron siete estaciones de trabajo y sus actividades se analizaron por medio de recursos audiovisuales con el fin de medir, calcular y registrar tiempos normales, estándar utilizando como factor de desempeño las tablas de Westinghouse y suplementos de trabajo. Con el tiempo estándar obtenido ayudó a determinar el balanceo de línea y la correspondiente asignación de trabajo con un total 10 personas, además resultaron valores para el takt time de 2730 segundos con una demanda en ese período de 10 unidades. [18]

En este artículo de investigación se analizó el proceso de producción de vidrio insulado en la Corporación de Vidrio GLASS. Se realizó un estudio de tiempos en el que se determinó el tiempo estándar con el fin de identificar los problemas productivos y se llevó a cabo usando herramientas como el cronómetro, tabla de anotaciones, lápiz, calculadora y cámara fotográfica. En los resultados se presentaron propuestas de mejora sugeridas para incrementar la productividad. [19]

Este estudio fue realizado con la finalidad de emplear herramientas de estudio del trabajo para detectar las faltas que se presentan durante el proceso de elaboración de reportes en una empresa de telecomunicaciones. En los resultados se obtuvieron los tiempos que debían ser reducidos en cada actividad con el fin de mejorar el proceso. [20]

III. METODOLOGÍA

En la fase 1 de la experiencia, se realizó un repaso de los conceptos teóricos del estudio de tiempos y determinación de tiempo tipo, también, se capacitaron a los estudiantes en el manejo de los cronómetros; el docente explica la actividad a realizar y las condiciones en las cuales se tomarán los tiempos acumulados para estandarizar el proceso de armado de carritos.

En la fase 2 de la experiencia, se entregan juguetes armables requeridos para la toma de tiempos, el docente divide la tarea en elementos, los estudiantes organizan los puestos de trabajo y luego, se toman observaciones de cada elemento.

En la fase 3 de la experiencia, se realizan mediciones de las condiciones de trabajo y a partir de los distintos factores se determinan los tiempos de suplementos que se adicionan a los tiempos básicos, para poder hacer cálculos de tiempo estándar de proceso de armado de juguetes.

En la fase 4 de la experiencia, se procede a dividir el armado de carros de juguete en dos secciones, cada una con 20 carros, se toma el tiempo y se anotan observaciones, con el fin de poder evidenciar el cuello de botella, hacer mejoras y aumentar la productividad.

IV. PROCEDIMIENTO

Segunda fase:

Esta se realizó en el salón de clase y al inicio de este cada grupo se organizó en mesas de trabajos con el objetivo de organizar las piezas del carrito que posteriormente se iba a armar.



Fig. 2 Piezas del carrito. Fuente: Autores

Siguiendo con las indicaciones dadas, se dividió el carrito en elementos para tomarle el tiempo de armado a cada elemento. En esta etapa un operario era el encargado de armar y otro se encargaba de desarmarlo, debido a que se tenía que repetir la operación 10 veces.



Fig. 3 Armado del carrito. Fuente: Autores

Tercera fase:

En esta etapa nos dirigimos al laboratorio de procesos industriales en el cual se encuentra la banda transportadora con el objetivo de medir la iluminación y el ruido del lugar, todo esto con el fin de establecer las condiciones de trabajo a la cual están expuestos los operarios para luego sacarlos los tiempos suplementarios.



Fig.4 medición de ruido. Fuente: Autores

Posteriormente se inició a dividir el proceso en cuatro estaciones de trabajo, para luego balancear la línea de producción en la banda, teniendo en cuenta los tiempos básicos de todos los elementos. En cada estación se colocaron cierta cantidad de piezas para indicarle al operario que parte del carro le tocaba armar.



Fig. 5 división de los puestos de trabajo. Fuente: Autores

Cuarta fase:

La experiencia iba encaminada a conocer cómo era un proceso productivo en una empresa de fabricación de carros de juguete, implementando el manejo de cronómetros y estableciendo tiempos de fabricación. El proceso inicia cuando en cada estación de trabajo se encuentran los operarios con sus respectivos materiales a un lado de la banda transportadora.



Fig. 6 inicio de armado de carros. Fuente: Autores

Cada determinado tiempo se iban colocando en la banda transportadora la primera pieza del carro, que en este caso es el chasis.



Fig. 7 Proceso de armado. Fuente: Autores

En la primera estación se encontraba un operario, este era el encargado de colocar la silla y armado del chasis el cual se ajustaba con un tornillo, para luego colocarlo en la banda transportadora y esta es la encargada de llevarlo a la segunda estación.

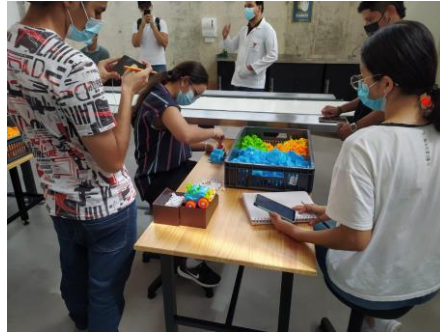


Fig. 8 Armado de chasis. Fuente: Autores

En la segunda estación, el operario toma el carro que viene en la banda e inicia su proceso colocando las luces frontales y parachoques, posteriormente coloca nuevamente el carro en la banda y ahí finaliza su proceso.

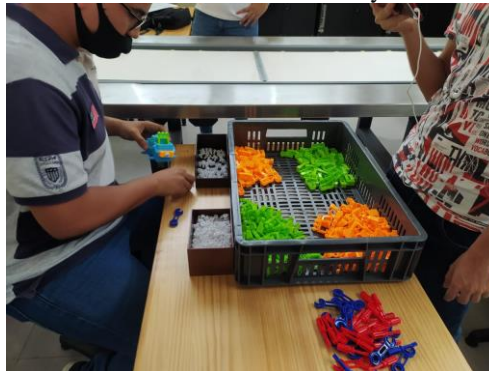


Fig. 9 Instalación de luces frontales. Fuente: Autores

En la tercera estación se encuentra un operario el cual es el encargado de colocar las luces delanteras. Su proceso inicia cuando toma el carro de la banda transportadora y finaliza cuando lo coloca nuevamente ahí. Su labor tiene que hacerse en el menor tiempo posible para acelerar el proceso.



Fig. 10 Instalación de luces frontales. Fuente: Autores

En la cuarta y última estación se encuentra un operario el cual es el encargado de instalar las cuatro llantas. Su proceso inicia cuando toma el carro y le coloca una por una cada llanta con su respectiva tuercas para luego colocarlo en la banda y ahí finaliza su proceso.



Fig. 11 Instalación de ruedas. Fuente: Autores

Cabe resaltar que se hicieron dos rondas de 20 carros en cada una de ellas, en la primera se identificó que el operario de la estación 4 se le acumulaba mucho material, por ende, se realizaron ciertos cambios.

V. RESULTADOS

Ahora bien, como primer paso para poder presentar los resultados, se realiza una tabla donde se evidencian los tiempos promedios y las valoraciones promedio por elementos (adicional una tabla con los elementos).

DESCRIPCION DE ELEMENTOS	
1	Poner silla
2	Poner carroceria con tornillo
3	Poner exploradores con tornillo
4	Poner parte trasera con tuerca
5	Poner 2 piezas delanteras con 2 tuercas
6	Poner llanta 1 con tuerca
7	Poner llanta 2 con tuerca
8	Poner llanta 3 con tuerca
9	Poner llanta 4 con tuerca

Tabla 1. División de elementos. Fuente: Autores

VALORACIÓN	
RAPIDO	120
NORMAL	100
LENTO	80

Tabla 2. Valoración según ritmo de trabajo del operario. Fuente: Autores

ELEMENTOS		NUMERO DE CICLOS										T	V
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	R	0.1	0.12	0.15	0.13	0.13	0.11	0.1	0.12	0.1	0.08	0.114	
	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	V	120	100	80	100	100	120	120	100	120	120		108
2	R	0.33	0.31	0.27	0.25	0.19	0.32	0.2	0.26	0.23	0.32	0.268	
	A	0.43	0.43	0.42	0.38	0.32	0.43	0.3	0.38	0.33	0.4		
	V	80	80	100	100	120	80	120	100	100	80		96
3	R	0.25	0.37	0.35	0.42	0.3	0.39	0.28	0.3	0.34	0.27	0.327	
	A	0.68	0.8	0.77	0.8	0.62	0.82	0.58	0.68	0.67	0.67		
	V	120	80	80	80	100	80	120	100	80	120		96
4	R	0.27	0.26	0.38	0.22	0.26	0.26	0.17	0.15	0.18	0.2	0.235	
	A	0.95	1.06	1.15	1.02	0.88	1.08	0.75	0.83	0.85	0.87		
	V	80	80	80	100	80	80	120	120	120	120		98
5	R	0.33	0.26	0.23	0.18	0.29	0.22	0.28	0.3	0.32	0.31	0.272	
	A	1.28	1.32	1.38	1.2	1.17	1.3	1.03	1.13	1.17	1.18		
	V	80	120	120	120	100	120	100	80	80	80		100
6	R	0.16	0.13	0.15	0.06	0.09	0.06	0.08	0.07	0.09	0.09	0.098	
	A	1.44	1.45	1.53	1.26	1.26	1.36	1.11	1.2	1.26	1.27		
	V	80	80	80	120	100	120	100	120	100	100		100
7	R	0.11	0.61	0.52	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.08	0.166	
	A	1.55	2.06	2.05	1.33	1.32	1.41	1.17	1.25	1.31	1.35		
	V	100	80	80	100	120	120	120	120	120	100		106
8	R	0.49	0.09	0.12	0.06	0.07	0.05	0.06	0.05	0.09	0.11	0.119	
	A	2.04	2.15	2.17	1.39	1.39	1.46	1.23	1.3	1.4	1.46		
	V	80	100	100	120	100	120	120	120	100	100		106
9	R	0.12	0.18	0.08	0.07	0.05	0.12	0.07	0.06	0.06	0.04	0.085	
	A	2.16	2.33	2.25	1.46	1.44	1.58	1.3	1.36	1.46	1.5		
	V	100	80	100	100	120	100	100	120	120	120		106

Tabla 3. tiempo real, acumulado y valoraciones según elemento; T y V promedio. Fuente: Autores

Luego, se realiza otra tabla donde están los diferentes cálculos, ayudándonos de las ecuaciones (3) (4) y (5) y posteriormente las tablas.

$$\begin{aligned}
 \text{tiempo básico} &= \text{tiempo promedio} \times \text{valoración promedio} \quad (3) \\
 \text{contenido del trabajo} &= \text{tiempo básico} + \% \text{suplementos} \quad (4) \\
 \text{tiempo tipo} &= \text{contenido de trabajo} \times \text{elemento} + \% \text{suplementos generales} \quad (5)
 \end{aligned}$$

ELEMENTOS			TIEMPO BÁSICO	% SUPLEMENTOS	CONTENIDO DE TRABAJO	TIEMPO TIPO X ELEMENTO
No.	T	V				
1	0.114	108	12.312	12%	12.43	130.536
2	0.268	96	25.728	12%	25.85	271.404
3	0.327	96	31.392	12%	31.51	330.876
4	0.235	98	23.03	12%	23.15	243.075
5	0.272	100	27.2	12%	27.32	28.686
6	0.098	100	9.8	12%	9.92	10.416
7	0.166	106	17.596	12%	17.72	186.018
8	0.119	106	12.614	12%	12.73	133.707
9	0.085	106	9.01	12%	9.13	95.865
Σ TIEMPO TIPO X ELEMENTO						1.782.501
% SUPLEMENTOS GENERALES						5%
TIEMPO TIPO O ESTÁNDAR						1.980.556.667

Tabla 4. tiempo tipo de actividad. Fuente: Autores

Mediciones de las condiciones de trabajo	
Iluminación (Lx)	452
Ruido (dB)	76.6
Temperatura (°C)	27

Tabla 5. medición de las condiciones de trabajo. Fuente: Autores

SUPLEMENTOS (4 OPERARIOS)	
Elementos	Puntos asignados
Sentado incomodamente	2
trabajo repetitivo	5
inspeccionar defectos fácilmente visibles	2
Temperatura y humedad	6
trabajar en una oficina donde el ruido distraiga	2
Total	17
Total en porcentaje	12%

Tabla 6. suplementos. Fuente: Autores

Después de haber realizado lo que se mostró anteriormente, se procede armar los primeros 20 carros de la primera división, con los puestos de trabajo asignados (4) y elementos repartidos. Se toma el tiempo y observaciones de cada uno.

ESTACIONES DE TRABAJO ETAPA 1	
1	Poner silla y carrocería con tornillo
2	Poner exploradores con tornillo y parte trasera con tuerca
3	Poner 2 piezas delanteras con 2 tuercas
4	Poner 4 llantas con 4 tuercas

Tabla 7. elementos por estación de trabajo. Fuente: Autores

TIEMPOS TOMADOS ETAPA 1				
Estaciones de trabajo				
1	2	3	4	TOTAL
19	21	11	31	82
13	21	22	27	83
15	15	16	29	75
12	23	18	26	79
17	27	14	30	88
16	18	13	29	76
19	21	13	30	83
18	18	19	31	86
14	19	18	23	74
16	23	11	25	75
22	19	16	22	79
13	18	17	22	70
13	17	27	24	81
16	20	14	24	74
12	19	19	19	69
17	21	16	15	69
15	21	18	17	71
21	19	18	16	74
13	21	13	18	65
19	17	15	18	69
TIEMPO TOTAL ETAPA 1				1522
PROMEDIO				76.1

Tabla 8. tiempos por estación de trabajo. Fuente: Autores

Ahora bien, dentro de esta experiencia, evidenciamos que el cuello de botella correspondía al operario que se encontraba en la estación cuatro, puesto que este, tenía que agregar 4 ruedas con 4 tuercas y el operario que se encontraba delante del mismo, le colocaba el carro muy cerca, lo que perjudicaba al operario de la estación 4.

Seguidamente, se procederá a hallar la productividad (PMO) de la etapa 1 de esta experiencia con la ecuación (6):

$$PMO = \text{Unidadeshora} \times \text{hombre} \times 100 \quad (6)$$

No obstante, primero se tiene que pasar los segundos que evidencian en el excel (estaciones de trabajo, etapa 1), siendo estos 1522 segundos, que equivalen a 0.423 horas.

Ahora, se reemplazan los datos de la ecuación 1:

$$PMO = 200.423 \times 4 = 11,82$$

Dando así, que la PMO en la etapa 1 de la experiencia es del 11,82.

Posteriormente, se procede a realizar mejoras en base a la primera etapa, con el objetivo de poder reducir tiempos por medio de estrategias que ayuden a aumentar la PMO. Por lo tanto, se hacen los siguientes ajustes:

- Se le pide al operario 3, que siga dejando el carro en la banda transportadora pero un poco más adelante de donde lo estaba dejando, es decir, no llevar el brazo hacia atrás.
- Se realiza un cambio en las piezas que le corresponden a cada operario, donde el operario 1 pondrá la silla, carrocería con tornillo, y una llanta con una tuerca, por lo tanto, el operario 4, solo quedará con 3 llantas y 3 tuercas.

Por lo tanto, se vuelven a armar otros 20 carros para la división 2 haciendo los respectivos cambios.

ESTACIONES DE TRABAJO ETAPA 2 (MEJORA)	
1	Poner silla, carrocería con tornillo y una llanta con tuerca
2	Poner exploradores con tornillo y parte trasera con tuerca
3	Poner 2 piezas delanteras con 2 tuercas
4	Poner 3 llantas con 3 tuercas

Tabla 9. Elementos por estación de trabajo. Fuente: Autores

TIEMPOS TOMADOS ETAPA 2 (MEJORA)				
Estaciones de trabajo				
1	2	3	4	TOTAL
24	18	10	13	65
28	15	11	15	69
20	13	14	16	63
22	14	12	11	59
21	15	11	14	61
28	14	8	14	64
27	12	9	16	64
21	18	11	13	63
24	13	10	11	58
22	12	11	13	58
20	20	7	13	60
21	12	9	13	55
23	11	9	20	63
23	9	9	16	57
23	16	10	16	65
21	14	12	18	65
21	13	9	12	55
22	16	11	13	62
24	12	6	12	54
23	13	9	14	59
TIEMPO TOTAL ETAPA 1				1219
PROMEDIO				60.95

Tabla 10. tiempos por estación de trabajo. Fuente: Autores

Luego, se procede a hallar la productividad (PMO) de la etapa 2, tomando como referencia la ecuación 1, pero, antes se pasan los segundos que se evidencian en el excel (estaciones de trabajo, etapa 2) a horas, siendo estos 1279 segundos, que equivalen a 0.355 horas.

Se reemplazan los datos:

$$PMO = 200.355 \times 4 = 14.08 \quad (7)$$

Dando así, que la PMO en la etapa 2 de la experiencia es del 14.08.

Después, hallaremos el incremento de la productividad con el fin de poder dejar en evidencia que las mejoras que se hicieron fueron significativas; para esto se hará uso de la ecuación (8):

$$I = \frac{\text{productividad} - \text{productividad inicial}}{\text{productividad inicial}} \times 100 \quad (8)$$

Ahora bien, se reemplazan los datos:

$$I = \frac{14.08 - 11.82}{11.82} \times 100 = 19.12\% \quad (9)$$

Finalmente, en base a este cálculo, podemos decir que hubo un aumento en la productividad del 19.12% y de la misma manera, se puede afirmar que las mejoras que se hicieron fueron eficientes.

VI. CONCLUSIONES

Con esta práctica se logró un manejo de cronómetros adecuado con el cual se tomaron los datos pertinentes para poder estandarizar los procesos; se evidenció que el cuello de botella correspondía al operario que se encontraba en la estación cuatro, puesto que este, tenía que agregar 4 ruedas con 4 tuercas y el operario que se encontraba delante del mismo, le colocaba el carro muy cerca, lo que perjudicaba al operario de la estación 4, por lo que se decide hacer unos cambios para reducir los tiempos y mejorar el cuello de botella cambiando algunas cosas en la producción lo cual nos llevó a aumentar la PMO de 11.82 a 14.08 y a su vez aumentar la productividad en un 19.12% lo cual demuestra la efectividad en los cambios realizados.

VII. REFERENCIAS

- [1] Villegas García M., Alcaraz Martínez J., Pascual Saura H., González Ortega J.J., Ballesta Cabrero A., Moreno Rodríguez J.M., Baeza Alcaraz Á., "Improvement of the management of outpatient consultations by a direct automatic citation of interconsultations [Mejora de la gestión de las consultas externas hospitalarias mediante la cita automática directa de interconsultas]", *Revista española de salud pública*, vol. 92, May 2018.
- [2] F. ORMACHEA, «Estudio de tiempos por cronometraje: caso de operaciones de costura bajo corridas cortas.,» *HOLISTICA-Revista de ingeniería Industrial de PUCP*, pp. 37-44, 2012.
- [3] Wallace DJ , Kahn JM , Angus DC , Martin-Gill C , Callaway CW , Rea TD , Chhatwal J , Kurland K , Seymour CW, «Accuracy of Prehospital Transport Time Estimation,» *ACADEMIC EMERGENCY MEDICINE*, pp. 9-16, jan 2014.
- [4] d'acelino-e-Porto OS, Almeida MB. "Validade e fidedignidade do uso de cronômetros e vídeo para avaliacao do tempo de execucao, do Line Drill Test", *Rev Andal Med Deporte*, pp. 5, Julio 2017.
- [5] Z. M. Abdelaal Mohamed, «Injection data analysis using material balance time for CO2 storage capacity estimation in deep closed saline aquifers,» *JOURNAL OF PETROLEUM SCIENCE AND ENGINEERING*, vol. 208, nº 109385, jan 2022.
- [6] Ruíz-Ibarra, J. I., Ramírez-Leyva, A., Luna-Soto, K., Estrada-Beltran, J. A., & Soto-Rivera, O. J., «OPTIMIZACIÓN DE TIEMPOS DE PROCESO EN DESESTIBADORA Y EN LLENADORA,» *Ra Ximhai* , vol. 13, nº 3, pp. 291-298, 2017.
- [7] J. Morales Bustamante, "Optimización en la línea de llenado de Cuarto de Galón de Aceite", *REDCOL*, Nov 2017.
- [8] J. Orjuela, "Incidencia del diseño de la cadena de suministro alimentaria en el equilibrio de flujos logísticos", *REDCOL*, Julio 2018.
- [9] D. Apolo, R. Guaman, E. Colina-Morles, A. Luzuriaga, L. Siguenza-Guzman. "Analysis of standard-times in assembly companies as support for decision-making", *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, Abril 2020.
- [10] H.P. Tijero, J.J. Gutiérrez. "Development of real-time and mixed criticality distributed systems through the DDS standard", *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 2018.
- [11] S. Abolghasem, N. Mancilla-Cubides, "Optimization of machining parameters for product quality and productivity in turning process of aluminum", *Ingeniería y Universidad*, 2022.
- [12] I.O. de Landazuri Suárez, "Design of comminution in ceramic plants using a simulation-based optimization approach", *Ingeniería e investigación*, agosto 2021.
- [13] Adrián M. Andrade, César A. Del Río y Daissy L. Alvear, "Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado", *SCIELO*, junio 2019.
- [14] J. PINEDA, "estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de piso de granito en la fábrica Casa blanca s.a." *UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*, octubre 2005.

[15] Stevens Ramírez Jaramillo, Jhon Davis Lasso Garcia, Ing. García Delgado Raul Alberto y Carlos Tavera, "PROPUESTA PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN LA LÍNEA 1 EN LA FABRICACIÓN DE SANDALIAS EN UNA PYME", Universidad Santiago de Cali, 2019.

[16] GONZÁLEZ VÁZQUEZ Isidro, ARTEAGA ITURRARÁN Raúl, GARÍA Martha Patricia y PÉREZ PIÑA Sylvia Erik, "Estudio de tiempos y movimientos para la Implementación de métricos de control de acuerdo a las necesidades de los clientes" ,Investigaciones sociales, Marzo 2017.

[17] S. Guaraca, «Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica de frenos automotrices EGAR S.A.» Quito, 2015.

[18] G. Miño, J. Moyano y C. Santillán, «Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro,» *Ingeniería industrial*, vol. 40, n° 2, pp. 110-122, 2019.

[19] P. Callo, «PROPUESTA DE MEJORA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, BASADO EN UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ESTÁNDAR DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE VIDRIO INSULADO EN LA CORPORACIÓN VIDRIO GLASS,» Arequipa, 2017.

[20] R. Espinoza y G. Trinidad, «Determinación del tiempo estándar en el proceso de elaboración de reportes en una empresa de telecomunicaciones,» ABC DEL PERÚ S.A.C., Lima, 2017.