

Tiempo estándar y simulación con Crystal Ball del ensamblaje de transporte ferroviario en Laboratorio de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho 2017.

Standard time and simulation with Crystal Ball of the railway transport assembly in the Industrial Engineering Laboratory. National University José Faustino Sánchez Carrión. Huacho 2017.

Tempo padrão e simulação com Crystal Ball da montagem de transporte ferroviário no Laboratório de Engenharia Industrial. Universidade Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho 2017.

Kevin Eduardo Quiroz Lara⁽¹⁾; David Ormer Lavado Primo⁽¹⁾; Erick Andersson Salinas Jara⁽¹⁾; Russel Arturo Barreto Solórzano⁽¹⁾; José Alexis Alarcón Velásquez⁽¹⁾; Wilmer Díaz Canares⁽¹⁾ José Augusto Arias Pittman⁽²⁾; Jaime Eduardo Gutiérrez Ascón⁽³⁾

Fecha de recepción: 11 de diciembre de 2017 **Fecha de aprobación:** 07 de junio 2018.

Resumen

El objetivo de la investigación fue calcular el tiempo estándar del ensamblaje de un transporte ferroviario y simularlo con el software Crystal Ball en el laboratorio de Ingeniería Industrial. La población fue de 25 pruebas de ensamblaje, la muestra por aplicación de límites de control obtuvo como resultado fue de 17 pruebas las cuales se le aplicaron los factores de valoración y suplementos de trabajo. La metodología empleada es la toma de tiempos de la actividad que se realiza para tener una muestra de la población y con estos datos integrarlos al programa de simulación. Los Materiales e instrumentos empleados para el experimento fueron: Piezas Lego Classic, cronómetro digital, mesa de trabajo, tanto como para el operario y el analista encargado de la toma de tiempos, se contó con 3 operarios encargados del ensamblaje y 3 analistas encargados de tomar los tiempos de ensamble. Se obtuvo como resultado el tiempo estándar de 301 segundos, este tiempo será establecido para futuros ensamblajes como el tiempo requerido, al implementar el software de simulación Crystal Ball se logró hacer 10000 pruebas. La simulación determinó un rango de certeza de 279 a 323 segundos a un nivel de confianza del 95%, mostrando un error estándar de 0.11 en el tiempo medio. Por lo tanto, encontramos que nuestra investigación contribuye académicamente en el campo de la ingeniería de métodos, específicamente en el laboratorio de Ingeniería de métodos y Ergonomía.

Palabras clave: *Tiempo estándar, Ensamblaje, Plan de mejora.*

Abstract

The objective of the research was to calculate the standard time of the assembly of a railway transport and to simulate it with the Crystal Ball software in the Industrial Engineering laboratory. The population was of 25 assemblage tests, the sample by application of control limits got as a result was of 17 tests that were applied the factors of valuation and supplements of work. The methodology used is the timing of the activity that is performed to have a sample of the population and with these data to integrate them into the simulation program. The materials and instruments used for the experiment were: Lego neo classic pieces, digital stopwatch, work table, as well as for the operator and the analyst in charge of the time taking, there were 3 assembly workers and 3 analysts in charge of take assembly times. As a result the standard time of 301 seconds was established, this time will be set for future assemblies as the required time, when implementing the simulation software Crystal Ball was able to do 10,000 tests. The simulation determined a certainty range of 279 to 323 seconds at a 95% confidence level, showing a standard error of 0.11 in mean time. Therefore, we find that our research contributes

⁽¹⁾Autor corresponsal: Kevin Quiroz; Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática; Email: evinquirozlara@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-7374-1884>

⁽²⁾ Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho. Perú. Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática;.. <https://orcid.org/0000-0001-9281-0796>

⁽³⁾. Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. Facultad de Ingeniería; <http://orcid.org/0000-0003-4065-3359>

academically in the field of method engineering, specifically in the Laboratory of Methods Engineering and Ergonomics.

Keywords: *Standard Time, Assembly, Improvement Plan.*

Resumo

O objetivo da pesquisa foi calculado o tempo padrão do ensamble de um transporte ferroviário e simularlo com o software Crystal Ball no laboratório de engenharia industrial. A população foi de 25 testes de ensamble, a amostra por aplicação de limites de controle obtendo como resultado a partir de 17 testes que utilizam os fatores de valoração e suplementos de trabalho. A metodologia empregada é a tomada de tempos da atividade que realizam uma amostra da população e con estes dados integrados ao programa de simulação. Os Materiais e instrumentos para o experimento foram: Piezas Lego neo classic, cronómetro digital, mesa de trabalho, tanto para o operador como para o analista com a captura de tempos, com contuso com 3 operários de engenheiros e 3 analistas encargados de tomar los tiempos de ensamble. Se obteve como resultado o tempo padrão de 301 segundos, este tempo é estabelecido para futuros ensamblajes como o tempo requerido, implementar o software de simulação Crystal Ball se logró hacer 10000 pruebas. A simulação determinou um raio de certeza de 279 a 323 segundos a um nível de confiança de 95%, mostrando um erro padrão de 0.11 no tempo médio. Por lo tanto, encuentre nossa pesquisa contribuinte acadêmica no campo da engenharia de métodos, especificamente em laboratório de Engenharia de métodos e Ergonomia.

Palavras-chave: *Tiempo estándar, Ensamblaje, Plano de melhoria.*

I. Introducción

En todo proceso productivo es importante medir lo que se está haciendo para luego controlar dicho proceso, una herramienta eficaz para poder medir un proceso es tener como referencia el tiempo como un índice de productividad del proceso. Es uno de los factores a tomar en cuenta en el laboratorio de Ingeniería de métodos y ergonomía de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. El objetivo es determinar el tiempo estándar, para tener de referencia un tiempo estimado del proceso de manufactura actual que ayudaría a la mejora del ensamble de un sistema de transporte ferroviario (LEGO), favoreciendo otro lado al factor humano en los trabajos de ensamblado. Por ello surge la necesidad de tener estudios sobre el tiempo estándar en el proceso productivo y de tener ayuda de un software, para poder simular el proceso productivo.

El tiempo estándar es el tiempo en que se puede llevar a cabo una tarea cualquiera por una persona bien entrenada en este trabajo, desarrollando una actividad normal según el método establecido y en donde se incluyan las tolerancias debidas a retrasos que están fuera del control del trabajo. García (1998).

La selección de métodos es el conjunto de tareas, procedimientos y técnicas que deben emplearse, de una manera coordinada para poder desarrollar en su totalidad el proceso. En adición, la selección de métodos está directamente condicionado por el tipo de investigación que se realiza. Calduch (2012).

Lo define como un procedimiento para tratar un conjunto de problemas. Cada clase de problemas requiere un conjunto de métodos o técnicas especiales. La selección depende del objetivo y de la hipótesis inicial. Se trata de la acción y efecto de elegir una o más métodos entre otras. Bunge (2012).

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. Universidad Nacional de San Agustín. Perú. Callo, P. C. (2017)

En esta investigación se trabaja con dos métodos. El primer método es cuando se trabaja con las 484 piezas que contiene este set Classic LEGO. Para el segundo método decidimos utilizar solo las 93 piezas que se necesitan para en ensamble del transporte; por consiguiente el método a elegir por la reducción de trabajo y de tiempo es el segundo método, ya que se trabaja con una mejor distribución de las piezas y la reducción de estas.

Los resultados que obtenemos principalmente es el Tiempo Medio (T.M), luego de ésta procedemos a hallar el Factor de Valoración (FV), valor de los Suplementos (S) para que ésta nos ayude hallar el Tiempo Normal (TN) y así obtener el Tiempo estándar (TS); por último para tener una mejor consistencia de nuestro experimento procedemos a hallar el Cociente de variación (Cv).

El experimento se hace con un tamaño de muestra de 25 tiempos analizados y 10000 veces simuladas con el programa Crystal Ball.

II. Material y métodos

Tabla 01: Información para el modelamiento de la investigación.

Definición operacional	Definición conceptual	Definición operacional	DIMENSIONES		INDICADORES	
Variable independiente (X): Tiempo estándar	El tiempo estándar es la suma de los tiempos elementales expresado en minutos por pieza, empleando un cronómetro en décimas de minuto para ciclos relativamente cortos; en ocasiones, conviene más expresar los estándares en horas por ciento de piezas. Niebel & Freivalds (2004) p.397. ISBN 970-15-0993-5	El tiempo estándar es la medición y toma de tiempos de las actividades , donde se expresan generalmente en minutos por pieza donde, al estandarizar se consigue el mejor método como plan de mejora que incrementa la producción en la planta. Quiroz Et al. (2017)	D1:	Actividades	D1.1	Frecuencia(f)
			D2:	Toma de tiempos	D2.1	Tiempo inicial
					D2.2	Tiempo final
			D3:	Estandarizar	D3.1	Media estadística
Variable dependiente (Y): Ensamblaje	El proceso de ensamble es uno de los aspectos básicos en la ingeniería, pues las piezas básicas siempre se integran formando piezas más complejas, sea de forma manual o automática dependiendo del volumen de producción; frecuentemente, se utilizan dispositivos para la sujeción conveniente o alineante de una o más piezas para colocarlas en relación precisa entre sí. Ramírez & Nuñez (2009) pag.16. ISBN: 978-958-8252-74-2	El proceso de ensamble en la ingeniería industrial se basa en procedimientos en las cuales las piezas se integran formando un producto final, esto se da utilizando la selección del método más adecuado para el proceso en todas las estaciones de trabajo que existan en la empresa. Quiroz Et al. (2017)			D3.2	Desviación estándar
					D4.1	Tiempo estándar(i)
			D4:	Plan de mejora	D4.2	Tiempo estándar(f)
			d1:	Procedimientos	d1.1	Cantidad de actividades
			d2:	Selección del método	d2.1	Tiempo estándar
			d3:	Estaciones de trabajo	d3.1	#Actividades

2.1 Tiempo Estándar: Según Niebel B. (1996). Pag.459. expresa que: “El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario del tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación”.

Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos. Los tiempos elementales concedidos o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio transcurrido, por un factor de conversión. Por tanto, se tiene la expresión:

$$T_a = (M_t)(C)$$

Donde:

T_a = Tiempo elemental asignado.

M_t = Tiempo elemental medio transcurrido.

C = Factor de conversión que se obtiene multiplicando el factor de calificación de actuación por la suma de la unidad y la tolerancia o margen aplicable.

2.1.1 Actividades: Es el conjunto de acciones que se llevan a cabo para cumplir las metas de un programa o subprograma de operación, que consiste en la ejecución de ciertos procesos o tareas (mediante la utilización de los recursos humanos, materiales, técnicos, y financieros asignados a la actividad con un costo determinado), y que queda a cargo de una entidad administrativa de nivel intermedio o bajo. Es una categoría programática cuya producción es intermedia, y por tanto, es condición de uno o varios productos terminales. La actividad es la acción presupuestaria de mínimo nivel e indivisible a los propósitos de la asignación formal de recursos. Conjunto de operaciones o tareas que son ejecutadas por una persona o unidad administrativa como parte de una función asignada.

2.1.2 Toma de tiempos: Según Hodson (2001), El estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea conforme a un método especificado. En la práctica, el estudio de tiempos incluye, por lo general, el estudio de métodos. Además, sostiene que los expertos tienen que observar los métodos mientras realizan el estudio de tiempos buscando oportunidades de mejoramiento.

2.1.3 Estandarizar: Según Tafolla (2000), la estandarización es el desarrollo sistemático, aplicación y actualización de patrones, medidas uniformes y especificaciones para materiales, productos o marcas, y no es un proceso nuevo, ha existido desde hace mucho tiempo y constituye un método excelente para controlar los costos de materiales, eliminar el número de proveedores y ayudar a la gente a identificar los productos en donde quiera que se encuentre. Los elementos básicos que debiera tener cualquier estrategia de estandarización, son:

1. El establecimiento de la misión, objetivos, propósitos y metas que se pretenden alcanzar con el producto estandarizado por país, esto con el fin de tener una misión acorde a la organización y lograr la creación de una cultura organizacional. Se destaca este punto como la base de partida de cualquier aspecto o decisión a tomar ante proyectos futuros.
2. El desarrollo de un plan que logre definir claramente el qué, cómo, dónde y quién de lo que se pretende realizar, cuidando que esté relacionado con el establecimiento de actividades a largo plazo.
3. La elección de un líder que dirija las acciones de cada uno de los elementos, además de tomar las decisiones al final de cada una de las fases. Generalmente el líder del proyecto es un gerente de marca. A pesar de la dificultad que implica el proceso de estandarización de productos, es necesario que una persona se encuentre involucrada en todos los aspectos que se realicen en cada una de las áreas, monitoreando cada elemento que determina su desarrollo.

2.1.4 Plan de mejora: Según James Harrington (1993), Para mejorar un proceso, significa: cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable, qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso. El concepto de unidad puede hacer referencia, por un lado, a una entidad organizativa como la propia universidad, un centro, un departamento o bien una titulación y, por otro, a una actividad específica o un proceso como por ejemplo la docencia, la investigación o la gestión asociadas a una enseñanza, el modelo de evaluación docente de una

universidad, la política de inserción laboral de los graduados, etc. En este sentido, en los últimos años se ha considerado la titulación universitaria como la principal unidad de evaluación. Pero conviene tener presente que los procesos de evaluación institucional también prevén la evaluación de los servicios o procesos que tengan carácter instrumental (por ejemplo, el Servicio de Bibliotecas). La variedad de posibles unidades a evaluar hace que los planes de mejora puedan presentar igualmente rasgos diferenciales. Un plan de mejora es la propuesta de actuaciones, resultante de un proceso previo de diagnóstico de una unidad, que recoge y formaliza los objetivos de mejora y las correspondientes actuaciones dirigidas a fortalecer los puntos fuertes y resolver los débiles, de manera priorizada y temporalizada.

Es a través del plan de mejora que debe darse credibilidad al proceso de evaluación, para evitar que se convierta en un proceso burocrático, que no arraigue o que se vuelva repetitivo. Por lo tanto, el plan de mejora tiene que ser una herramienta realmente enfocada hacia la acción, y hay que evitar que se convierta en un gran documento formalista o, simplemente, en una serie de buenas voluntades, deseos y aspiraciones.

Por esta razón, los planes de mejora deben ser concretos, realistas, con una clara asignación de responsabilidades y con unos precisos mecanismos de ejecución y de seguimiento; necesitan unas condiciones de actuación y un seguimiento periódico que permita realizar las reasignaciones de recursos y responsabilidades, y deben estar enmarcados en una adecuada política de comunicación interna, que informe de la finalidad del proceso, de su progresivo desarrollo y de los resultados alcanzados.

2.2 Ensamblaje: La función básica de proceso de ensamble, (montaje) es unir dos o más partes entre sí para formar un conjunto o subconjunto completo. La unión de las partes se puede lograr con sujetadores mecánicos o adhesivos. Sujeción mecánica se puede lograr por medio de tornillos, remaches, pasadores, cuñas y uniones por ajuste de presión estos últimos se consideran semipermanente, las efectuadas con otros sujetadores mecánicos no son permanentes los mecánicos son más costosos y requiere capacidad en la preparación de partes por unir.

2.2.1 Procedimiento: Según Koontz: “Los procedimientos son planes por medio de los cuales se establece un método para el manejo de actividades futuras. Consisten en secuencias cronológicas de las acciones requeridas. Son guías de acción, no de pensamiento, en las que se detalla la manera exacta en que deben realizarse ciertas actividades. Es común que los procedimientos crucen las fronteras departamentales. Por ejemplo, el *procedimiento* de tramitación de pedidos de una compañía manufacturera involucrará casi indudablemente al departamento de ventas (a causa del pedido original), el departamento de finanzas (para la confirmación de la recepción de fondos y la aprobación de crédito al cliente), el departamento de contabilidad (para el registro de la transacción), el departamento de producción (dado que el pedido implica la producción de bienes o la autorización para extraerlos del almacén) y el departamento de tráfico (para la determinación de los medios y ruta de transporte para su entrega). Bastarán un par de ejemplos para ilustrar la relación entre procedimientos y políticas. La política de una compañía puede conceder vacaciones a los empleados; en los *procedimientos* establecidos para la instrumentación de esta política se determinará un programa de vacaciones para evitar interrupciones en el flujo de trabajo, se fijarán métodos y tasas para el pago de vacaciones, se especificarán los registros para asegurar que todos los empleados gocen de vacaciones y se explicitarán los medios para solicitar vacaciones.”

2.2.2 Estación de trabajo: Las estaciones de trabajo son el componente central de los sistemas de manufactura o ensamble. Una estación de trabajo debería proveer calidad, productividad, flexibilidad y ergonomía cuando está asociada a un operador.

La estación de trabajo más productiva puede ser una estación automática.

Existen procesos que por su flujo de producción o por el grado de especialización o precisión conviene automatizarlos. Los CNC u otras máquinas especialmente diseñadas son imprescindibles en ciertos procesos. Evalúa cuándo es mejor automatizar una estación.

Recuerda: es necesario alimentar este tipo de estaciones, desalimentar de forma mecanizada y monitorear la operación de la estación.

La presente investigación tuvo como variables el tiempo estándar y ensamblaje, asimismo la investigación fue descriptivo o estadístico de un diseño pre experimental de este modo para nuestra investigación se toma como población el conjunto de piezas o elementos de armado de un transporte ferroviario Lego.

Para poder hallar el tiempo estándar en el proceso de ensamblaje de un sistema de transporte ferroviario se trabajó con tamaño de muestra de 25 tiempos realizados con la participación de tres operarios y tres analistas, para luego ser reducidos a 17 datos que fueron los más confiables.

El procesamiento de datos obtenidos se hizo con la ayuda de Microsoft Excel, Microsoft Word, y para que estos datos sean simulados 10000 veces usamos el software Crystal Ball.

Se utilizó la Caja de Bricks Creativos Medianos Lego Classic modelo 10696 para la parte del ensamblaje y un cronómetro marca Sportline 470 para lo que sería el cálculo de los tiempos.

Para poder hallar el tiempo estándar se realizaron los siguientes procedimientos:

Paso 1: Calcular el tiempo medio (T.M):

$$TM = \frac{\sum(X_1 \dots X_n)}{N} \quad (1)$$

Dónde: $\sum(X_1 \dots X_n)$ = Sumatoria de todos los datos

N = número de datos totales

Paso 2: Hallar el factor de valoración (FV):

$$FV = 1 + (H + E + CA + CO) \quad (2)$$

Dónde:

H = habilidad

E = esfuerzo

CA = constancia

CO = consideración

Para poder hallar estos valores se trabajó con la tabla de Westinghouse.

Paso 3: Hallar el tiempo normal (TN):

$$TN = TM * FV \quad (3)$$

Paso 4: Hallar los suplementos (S) de acuerdo al criterio de los analistas:

$$S = SC * SV \quad (4)$$

Dónde:

SC = Suplementos constantes

SV = Suplementos variables

Para poder hallar los suplementos se utilizó la tabla de Westinghouse.

Paso 5: Hallar el tiempo estándar (TS):

$$TS = TN * (1 + S) \quad (5)$$

La metodología empleada es la toma de tiempos de la actividad que se desea realizar, tener una muestra de la población y con estos datos se integran al programa de simulación y se realizará la prueba las veces que deseamos.

En el laboratorio se hizo una toma de tiempos del ensamblaje de transporte ferroviario, para luego hacer el cálculo del tiempo estándar y simular 10000 veces en el software Crystal Ball.

Los estadísticos utilizados en el experimento fueron: Media, desviación estándar, T- student y cociente de variación con la ayuda de Microsoft Excel y Crystal Ball.

III. Resultados

Tabla 02: Toma de tiempos

Número de Prueba	Método I		Método II	
	TREN	VAGÓN	TREN	VAGÓN
1	656	246	246	107
2	769	206	220	134
3	530	296	244	119
4	658	291	223	110
5	736	273	238	116
6	520	250	238	117
7	798	294	243	118
8	996	324	222	119
9	666	265	245	110
10	547	240	245	121
11	694	203	215	123
12	661	275	248	124
13	728	253	249	163
14	601	269	249	129
15	636	283	250	129
16	570	264	277	106
17	654	276	256	135
18	712	325	260	138
19	725	253	261	139
20	637	315	263	139
21	620	268	276	142
22	628	256	276	142
23	687	307	250	150
24	723	220	280	157
25	812	325	285	124
Suma total (X)	16964	6777	6259	3211
Tamaño de muestra (n)	25	25	25	25
Tiempo Medio (T.M)	678.56	271.08	250.36	128.44
Límite Superior (LS)	746.42	298.19	275.40	141.28
Límite Inferior (LI)	610.70	243.97	225.32	115.60

Se muestran los 25 tiempos tomados en el experimento para cada uno de los métodos, ya sea para el tren como para el vagón. Luego, procedemos al cálculo del Tiempo Medio (1) para próximamente hallar los límites de control.

Tabla 03: Tiempos dentro de los límites de control.

Número de Prueba	Método I			Método II		
	TREN	VAGÓN	TREN+VAGÓN	TREN	VAGÓN	TREN+VAGÓN
1	656	246	902	246	134	380
2	658	296	954	244	119	363
3	736	291	1027	238	116	354
4	666	273	939	238	117	355
5	694	250	944	243	118	361
6	661	294	955	245	119	364
7	728	265	993	245	121	366
8	636	275	911	248	123	371
9	654	253	907	249	124	373
10	712	269	981	249	129	378
11	725	283	1008	250	129	379
12	637	264	901	256	135	391
13	620	276	896	260	138	398
14	628	253	881	261	139	400
15	687	268	955	263	139	402
17	723	256	979	250	124	374
Suma total (X)	16964	6777		6259	3211	
Tamaño de muestra (N)	25	25		25	25	
Tiempo Medio (T.M)	678.56	271.08		250.36	128.44	
Límite Superior (LS)	746.42	298.19		275.40	141.28	
Límite Inferior (LI)	610.70	243.97		225.32	115.60	
Nueva Suma total (nX)	10821	4312	15133	3985	2024	6009
Tamaño de muestra (N)	25	25	25	25	25	25
Nuevo Tiempo Medio (nTM)	432.84	172.48	605.32	159.4	80.96	240.36
Factor de Valoración (FV)	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Tiempo Normal (TN)	502.09	200.08	702.17	184.90	93.91	278.82

Son 17 el número de pruebas que están dentro de los límites de control, para que en estos datos se hallen las siguientes fórmulas: Tiempo Medio (1), Factor de valoración (2), Tiempo Normal (3), Suplementos (4) y por último Tiempo estándar (5). El factor de valoración y los suplementos se hallaron con la tabla 04 y 05 respectivamente.

Tabla 04: Tablas Westinghouse

CONSISTENCIA			
+	0,04	A	Perfecta
+	0,03	B	Excelente
+	0,01	C	Buena
+	0	D	Regular
-	0,02	E	Aceptable
-	0,04	F	Deficiente

CONDICIONES			
+	0,06	A	Ideales
+	0,04	B	Excelentes
+	0,02	C	Buenas
+	0	D	Regulares
-	0,03	E	Aceptables
-	0,07	F	Deficientes

ESFUERZO O EMPEÑO			
+	0,13	A1	Extrema
+	0,12	A2	Extrema
+	0,1	B1	Excelente
+	0,08	B2	Excelente
+	0,05	C1	Buena
+	0,02	C2	Buena
+	0	D	Regular
-	0,04	E1	Aceptable
-	0,08	E2	Aceptable
-	0,12	F1	Deficiente
-	0,17	F2	Deficiente

DESTREZA O HABILIDAD			
+	0,15	A1	Extrema
+	0,13	A2	Extrema
+	0,11	B1	Excelente
+	0,08	B2	Excelente
+	0,06	C1	Buena
+	0,03	C2	Buena
+	0	D	Regular
-	0,05	E1	Aceptable
-	0,1	E2	Aceptable
-	0,16	F1	Deficiente
-	0,22	F2	Deficiente

Fuente: Sistema Westinghouse

Tabla 05: Suplementos

SUPLEMENTOS CONSTANTES	Hombre	Mujer
SUP. POR NECESIDADES PERSONALES	5	7
SUP. BASE POR FATIGA	4	4
SUPLEMENTOS VARIABLES		
LIGERAMENTE INCOMODO	0	1
RUIDOS		
INTERMITENTE Y FUERTE	2	2
TENSIÓN MENTAL		
PROCESOS COMPLEJOS	4	4
MONOTONÍA		
TRABAJO BASTANTE MONÓTONO	1	1
TEDIO		
TRABAJO ABURRIDO	2	1

Fuente: Sistema Westinghouse

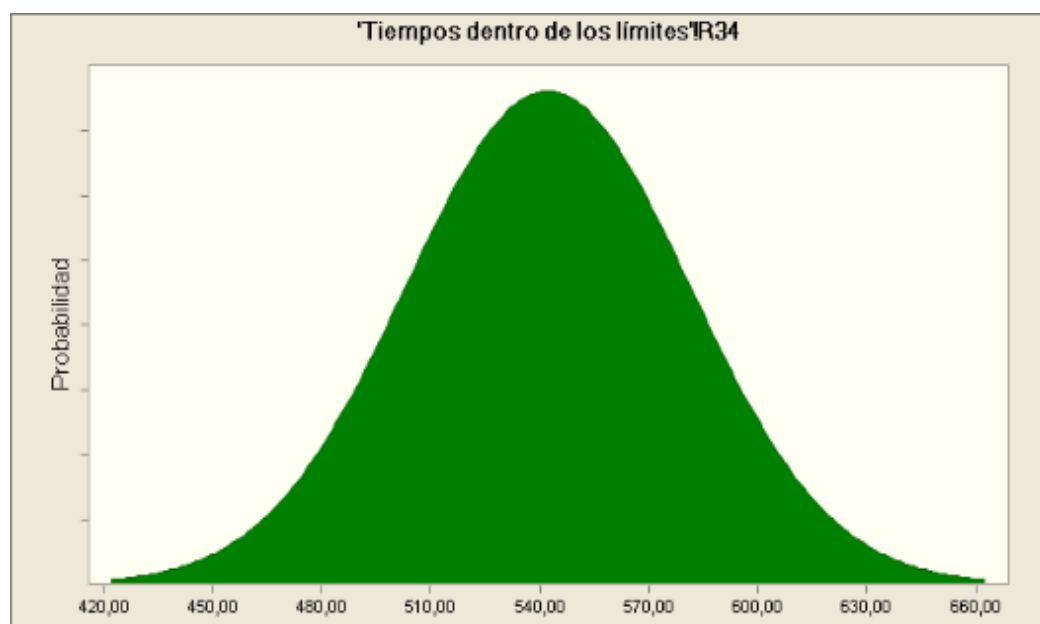


Figura 01: Curva de distribución normal de las primera variable de entrada.

Fuente: Crystal Ball.

Se simuló la primera variable de entrada con distribución normal con una media igual a 199,70 y una desviación estándar de 7,56.

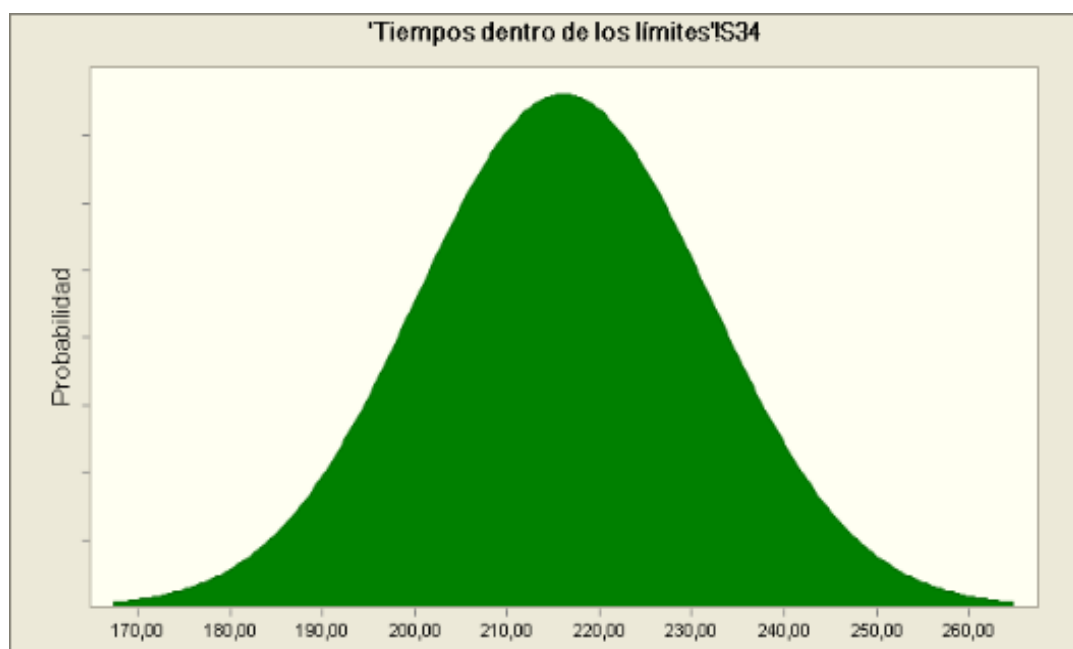


Figura 02: Curva de distribución normal de la segunda variable de entrada.

Fuente: Crystal Ball.

Se simuló la segunda variable de entrada con distribución normal con una media igual a 216,08 y una desviación estándar de 15,80.

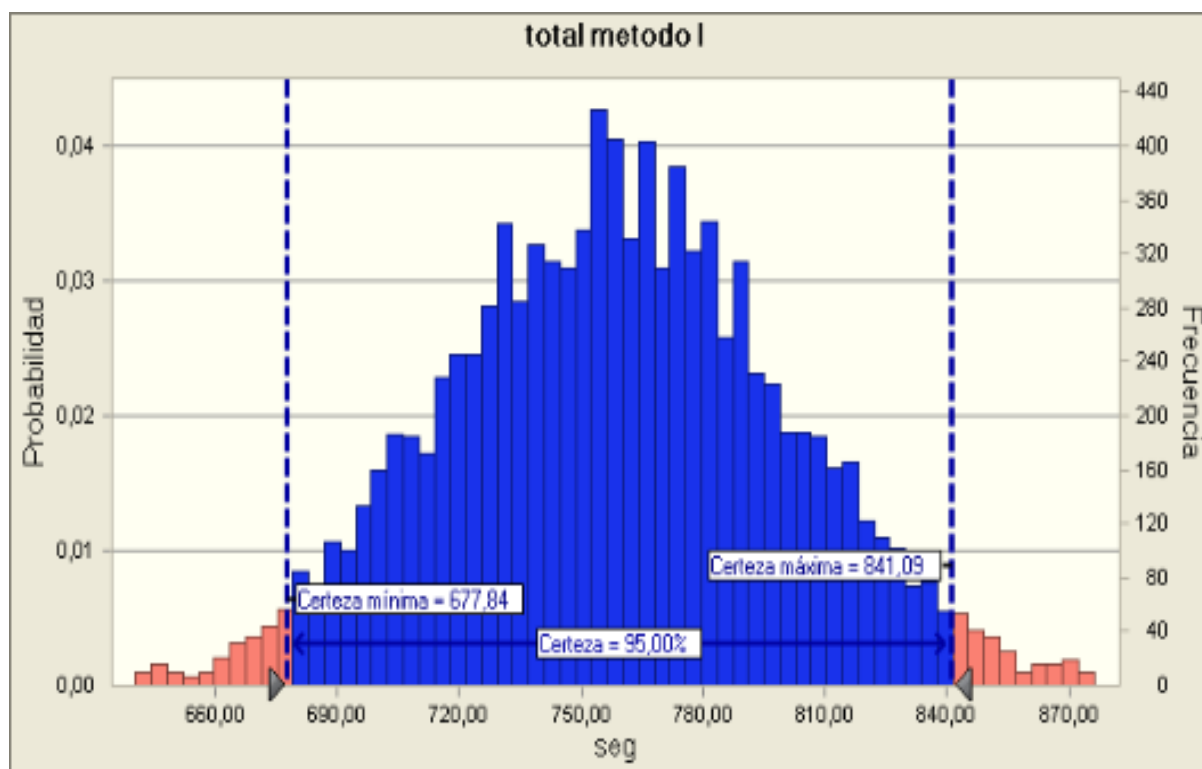


Figura 03: Diagrama de barras de los tiempos en estudio con el método 1.

Fuente: Crystal Ball.

Simulación del primer método de trabajo con un rango de certeza de 677,84seg. a 841,09seg. con un caso base o tiempo estándar de 758,34seg. a un nivel de confianza del 95% después de 10000 pruebas con un error estándar de la media de un 0,42%.

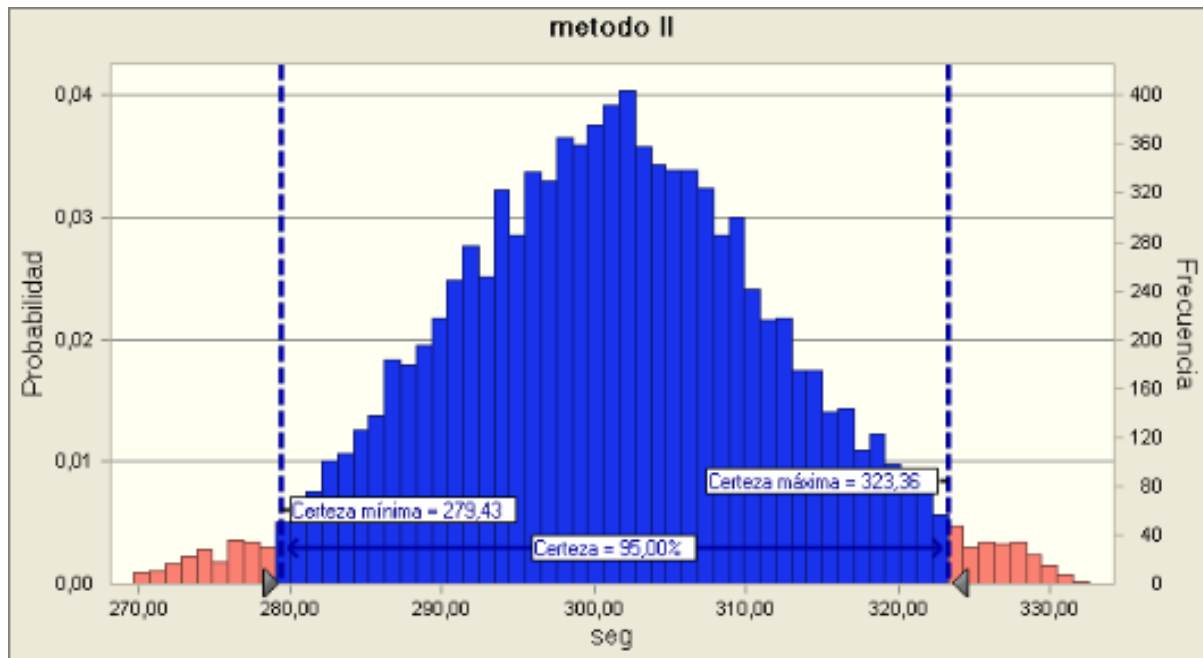


Figura 04: Diagrama de barras de los tiempos en estudio con el método 2.

Fuente: Crystal Ball.

Simulación del primer método de trabajo con un rango de certeza de 279,43 s a 323,36 s con un caso base o tiempo estándar de 301,13s a un nivel de confianza del 95% después de 10000 pruebas con un error estándar de la media de un 0,11%.

IV. Discusión y conclusiones

El objetivo propuesto en esta investigación ha sido alcanzado cuando el tiempo total se reduce desde 758,34 s a 301,13 s equivalente al 39,71% coincidentemente con nuestra investigación confirma lo hallado por Callo (2017) quien concluye que en su investigación, el tiempo estándar mejoró en solo el 5% con lo cual aumentó el número de piezas de producción diaria de vidrio insulado, a la vez que se disminuyó el número de elementos de 16 a 14, eliminando aquellos elementos que generaban retrasos en la producción. Sin embargo, en Medina (2017) se puede manifestar que los tiempos estándares son mayores a los tiempos actuales en un 16,18% porque en el momento de realizar el tiempo estándar se consideró las paradas imprevistas que son las necesidades básicas de los trabajadores. La diferencia de los valores comparados se debe al tipo de investigación según sus caracteres de medida, en nuestra investigación nos basamos en datos numéricos obtenidos en condiciones de laboratorio, en cambio en los trabajos comparados se basan en datos obtenidos en la planta de procesamiento de una empresa. Por lo tanto, encontramos que nuestra investigación contribuye académicamente en el campo de la ingeniería de métodos, específicamente en el laboratorio de Ingeniería de métodos y Ergonomía de la facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y su aplicación futura en la industria.

Referencias bibliográficas

Cardona, L. N. (2007). *Propuesta de mejora de métodos y determinación de los tiempos estándar de producción en la empresa G&L Ingenieros LTDA*. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia.

- Callo, P. C. (2017). *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*. Universidad Nacional de San Agustín. Perú.
- García. R. (1998). *Aplicación en el establecimiento del tiempo estándar*. México. Editorial McGraw-Hill.
- Maury. H. & Niebles. E. (2009). *Diseño para la fabricación y ensamblaje de productos soldados*. Colombia. Ediciones Uninorte.
- Medina, T. N. (2017). *Determinación del tiempo estándar para el proceso productivo en la planta de procesamiento de productos cárnicos y lácteos “El Penipeño”*. Universidad Nacional de Chimborazo. Ecuador.
- Morales, D. (2010). *Actualización de tiempos y costos de fabricación en el ensamblaje de un bus urbano para la optimización de la productividad en la empresa Carrocerías IBIMICO S.A. de la ciudad de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Morales, A. F. (2009). *Propuesta de mejora continua del proceso de armado de mando interfase Renaul en la línea de ensamblaje para la empresa Mundy Home CIA LTDA*. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
- Niebel. B. (1996). *Ingeniería Industrial: Métodos, tiempos y movimientos*. (9na edición). México. ALFAOMEGA Grupo Editor.
- Santacruz, L. P. (2005). *Automatización de los procesos para la generación, ensamblaje y reutilización de objetos de aprendizaje*. Universidad Carlos III de Madrid. España.