



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"

VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

INGENIERÍA DE MÉTODOS

ESTUDIO DE TIEMPO Y MUESTREO DEL TRABAJO,
FABRICACIÓN DE PIEZAS DE GRAFITO

Integrantes:

Anduz Yohanis
Chancellor Juan
Márquez Marlene
Rodríguez Rosmary
Villarroel Yusleidi

ASESOR:

MSc. Ing. Iván J. Turmero Astros

CIUDAD GUAYANA, MARZO DE 2012.

ÍNDICE.

	Pág.
INTRODUCCIÓN.	5
CAPITULO I: EL PROBLEMA.	
1.1. Antecedentes.	6
1.2. Justificación.	7
1.3. Limitaciones.	7
1.4. Planteamiento del Problema.	7
1.5. Objetivo general.	9
1.6. Objetivos específicos.	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.	
2.1. Estudio de tiempos.	11
2.1.1. Antecedentes.	11
2.1.2. Definición.	12
2.1.3. Requerimientos del estudio de tiempos.	12
2.1.3.1. Responsabilidad del analista.	12
2.1.3.2. Responsabilidad del supervisor.	13
2.1.3.3. Responsabilidad del operario.	13
2.1.4. Alcance.	13
2.1.5. Elementos y preparación para el estudio de tiempos.	14

2.1.6. Herramientas utilizadas para el estudio.	16
2.1.6.1. Cronómetro.	17
2.1.6.2. Tabla de tiempos.	18
2.1.7. Estudio de tiempos con cronometro.	18
2.1.7.1. Definición.	18
2.1.7.2. Método de regreso a cero.	20
2.1.7.3. Método continuo.	21
2.1.8. Ciclos del estudio.	22
2.1.8.1. Método de rango de aceptación.	22
2.1.8.2. Método general electric.	23
2.1.9. Método de calificación. Sistema Westinghouse.	24
2.1.10. Tolerancias.	28
2.1.11. Tiempo estándar.	33
2.1.11.1. Definición.	33
2.1.11.2. Aplicaciones del tiempo estándar.	34
2.2. Muestreo del trabajo.	35
2.2.1. Ventajas del método de muestreo.	36
2.2.2. Teoría de muestreo del trabajo.	36
2.2.3. Planeación del estudio de trabajo.	37
2.2.4. Determinación de la frecuencia de las observaciones.	37
2.2.5. Diseño de la forma tabular para muestreo de trabajo.	38
2.2.6. Gráficos de control.	38
2.2.7. Empleo de los diagramas de control.	39
2.2.8 Diagrama de Pareto.	40
2.2.8.1. Propósitos generales del diagrama de Pareto.	41
2.2.9. Observación y registro de datos.	42

2.2.10.	Función del muestreo del trabajo.	43
2.2.11.	Tipos de muestras.	43
2.2.12.	Tamaño de la muestra.	47
CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.		
3.1.	Tipo de estudio.	51
3.2.	Diseño de investigación.	52
3.3.	Población y muestra.	52
3.4.	Recursos.	52
3.5.	Procedimiento.	53
CAPITULO IV: SITUACIÓN ACTUAL.		55
CAPITULO V: ESTUDIO DE TIEMPO.		
5.1.	Tiempo estándar.	57
5.2.	Muestreo del trabajo.	69
CONCLUSIONES.		86
RECOMENDACIONES.		88
BIBLIOGRAFÍA.		89
ANEXOS.		90

INTRODUCCIÓN.

El tiempo estándar es el valor de una unidad de tiempo para la realización de una tarea, como lo determina la aplicación apropiada de las técnicas de medición de trabajo efectuada por personal calificado. Por lo general se establece aplicando las tolerancias apropiadas al tiempo normal, siendo las tolerancias el valor o porcentaje de tiempo mediante el cual se aumenta el tiempo normal.

En cuanto al método de muestreo de trabajo esta es otra herramienta que permite al analista de estudio de tiempos obtener los datos de manera más rápida y fácil. El muestreo de trabajo calificado por ejecución es especialmente útil para determinar la cantidad de tiempo que puede ser asignada por retrasos inevitables, suspensiones de trabajo, etc.

Este proyecto se basa en el estudio de tiempo y de muestreo al proceso de fabricación de piezas de grafito de la Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L.

La información necesaria para lograr el propósito de este estudio, se va a obtener a través de visitas a la cooperativa con el propósito de tomar los datos necesarios para hacer los cálculos del estudio de tiempo, debido a que los tiempos de ejecución de las actividades realizadas por los operarios no están estipulados y también aplicando el estudio de muestreo para determinar el porcentaje de eficiencia del operario.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.

1.1. Antecedentes.

La Cooperativa Sphairo Graphite, R.L se puede seleccionar entre unas de las pequeñas empresas que se encuentran en Ciudad Guayana, dedicándose exclusivamente a trabajar con material de grafito, pues, en ella se transforma el material en diferentes piezas dependiendo de las necesidades del cliente. Cabe destacar, que solo existe una empresa Mercantil que presta el servicio de fabricación de piezas en material de grafito.

Esta se caracteriza por trabajar contra pedido, con una jornada de trabajo continua. En los períodos que no hay pedido, el galpón permanece cerrado, hasta que reciben una orden de compra.

Después de haber realizado una serie de visitas a la Cooperativa y de conocer el proceso que se realiza en este, se pudo notar que la Cooperativa no tiene determinado los estándares de tiempo que debe emplear el operario para la fabricación de las diferentes piezas de grafito. Como también no se conoce el porcentaje de eficiencia que tiene el operario al realizar cada uno de los procesos que forman parte de la fabricación de las piezas como tal. La Cooperativa no cuenta con toda esta información, ya que tiene poco tiempo en el mercado y no ha habido una preocupación por ninguna de las partes de realizar estos estudios y establecer estos estándares.

1.2. Justificación.

La presente investigación se justifica ya que el estudio de tiempo permite medir el tiempo requerido para que el operario calificado y adiestrado lleve a cabo la operación, con el fin de mejorar el control de producción y equilibrar la fuerza laboral. A través del estudio de muestreo se investiga las proporciones del tiempo total de una actividad; con el propósito de determinar las tolerancias o márgenes aplicables al trabajo.

1.3. Limitaciones.

Las limitaciones que se presentaron en la toma de los tiempos es que al momento de visitar la Cooperativa para la realización del estudio de tiempo se tuvo que esperar algunos días para que el operario iniciara el proceso (ya se tenía un orden de compra de 200 barras de grafito). Con relación al muestreo del trabajo hubo un percance que generó un atraso considerable que impidió tomar los datos de efectividad e inefectividad del operario en el galpón, ya que el pedido que tenían había sido entregado y por ello se seleccionó otra actividad que no esta tan relacionada con la fabricación de piezas, sino con las actividades que se realizan dentro de la instalación.

1.4. Planteamiento del problema.

La Cooperativa Sphairo Graphite, R.L, cuenta con 6 años de funcionamiento dentro del mercado de: **SERVICIO DE FABRICACIÓN DE PIEZAS EN MATERIAL DE GRAFITO**; las operaciones y actividades que se realizan en este proceso son generalmente de tipo manual, ya que estas no

cuenta con los recursos necesarios para la adquisición de nuevas máquinas que puedan ser capaces de realizar las diferentes operaciones.

Para este tipo de trabajo el operario debe poseer y tener un conocimiento amplio acerca del proceso de fabricación de piezas de grafito, además se deben estandarizar los tiempos de ejecución de las actividades, así como también es necesario calificar al operario de una forma cualitativa y cuantitativamente, dependiendo de su actuación. Estos estándares permiten lograr una justa evaluación del desempeño laboral y además de planificar los tiempos de producción.

El proceso de producción no cuenta con un sistema de fabricación automatizado ni estandarizado, por lo que los tiempos de ejecución de las actividades realizadas por los operarios no están estipulados, debido a que hay variabilidad en el proceso, ya que al momento de realizar el trabajo existen muchas interrupciones por entes externos. Además no se cuenta con un control de producción, ya que se trabaja de forma empírica, que va a depender de las habilidades que posea el operario a través de la experiencia que se adquiere con el tiempo.

La operación seleccionada para hacer el estudio de estandarización de tiempo, fue la actividad de corte que se realiza en la sierra cinta, en esta actividad el operario realiza mayor esfuerzo al trasladar los pedazos de materia prima a la sierra cinta para cortarlas en función de las exigencias de los clientes.

A lo que se refiere el estudio de muestreo, este se aplicará al operario para determinar el porcentaje de eficiencia y los factores que puedan intervenir en el retraso de los pedidos y en los acabados de las piezas que se realizan en las instalaciones de la Cooperativa.

1.5. Objetivo general.

- Realizar el estudio de tiempo al proceso de fabricación de piezas de grafito en la Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L.
- Aplicar el estudio de muestreo del proceso de fabricación de piezas de grafito de la Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L., para determinar el porcentaje de eficiencia del operario.

1.6 Objetivos específicos.

❖ Tiempo estándar.

1. Determinar el tamaño de la muestra que se tomará para la realización del estudio de tiempo.
2. Identificar los elementos que estén más asociados a la operación para realizar el estudio.
3. Utilizar el cronómetro para la toma de tiempo.
4. Calcular los tiempos seleccionados de la operación del proceso para vaciarlos en el formato.
5. Determinar la calificación de la velocidad del operario a través del método WESTINGHOUSE.
6. Determinar el tiempo normal.

7. Determinar las tolerancias a ser asignadas según las características de la operación.
8. Calcular el tiempo estándar de la operación seleccionada.

❖ **Muestreo del trabajo.**

1. Determinar el porcentaje de eficiencia del operario.
2. Establecer la exactitud y el nivel de confianza.
3. Determinar el número de observaciones para realizar el estudio de muestreo.
4. Diseñar el plan de muestreo.
5. Generar los números aleatorios.
6. Diseñar el formato a utilizar para vaciar los datos obtenidos.
7. Elaborar el gráfico de control.
8. Elaborar el diagrama de Pareto para determinar la incidencia del porcentaje de las causas.
9. Comparar la exactitud.
10. Interpretar los gráficos y proponer posibles soluciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1. Estudio de tiempos.

2.1.1. Antecedentes.

A pesar de que a Frederick W. Taylor se le considera el padre del estudio de tiempos, esta práctica ya se venía dando desde 1760, por un francés apellidado Perronet quién realizó estudios sobre la fabricación de alfileres del n° 6. Setenta años más tarde, Charles Babbage hizo estudios de tiempos relacionados con alfileres comunes del no. 11, y cuyos resultados sorprendieron ya que determinó que una libra de alfileres (5,546 unidades) debían fabricarse en 7.6892 horas.

En 1881, Taylor comenzó su trabajo de estudio de tiempos y doce años después desarrolló un sistema basado en "tareas" en donde proponía que la administración de una empresa debía encargarse de planear el trabajo de cada empleado por lo menos con un día de anticipación y que cada hombre debía recibir instrucciones por escrito que describieran su tarea a detalle para evitar confusiones.

En 1903, en la reunión de la A.S.M.E efectuada en Saratoga, Taylor presentó su famoso artículo " Administración del taller", cuya metodología fue aceptada por muchos industriales reportando resultados muy satisfactorios. En 1917, C. Bernard Thompson informó acerca de 113 plantas o fábricas que habían implantado la " administración científica". De ellas, 59 consideraron que habían tenido éxito rotundo, 20 sólo éxito parcial y 34 un fracaso completo. Finalmente, en julio de 1947 se aprueba una ley que permite utilizar el estudio de tiempos en la Secretaría de Guerra de los Estados Unidos. En la actualidad no existe ninguna restricción en la aplicación de estudio de tiempos en ninguna empresa o país industrializado.

2.1.2. Definición.

Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.

2.1.3. Requerimientos del estudio de tiempos.

2.1.3.1. Responsabilidad del analista.

Todo trabajo involucra distinto grado de habilidad, esfuerzo físico y mental, debe existir un entendimiento completo entre el supervisor, el trabajador, el representante sindical y el analista de estudio de tiempos, este último estar seguro de que usa el método correcto, registrar con precisión los tiempos tomados, evaluar con honestidad el desempeño de los trabajadores y abstenerse a criticarlo.

Para lograr mantener buenas relaciones humanas, el analista de estudio de tiempos siempre deberá ser honrado, bien intencionado, paciente y entusiasta, y siempre debe usar un buen juicio.

2.1.3.2. Responsabilidad del supervisor.

El supervisor debe notificar con antelación al operario que se estudiara su trabajo asignado. Esto abre el camino tanto para el operario como para el analista.

El operario tiene seguridad de que el supervisor sabe que se va a establecer una tasa sobre la tarea; con esto puede señalar algunas dificultades específicas que se deban corregirse antes de establecer un estándar. El supervisor debe verificar que se utiliza el método adecuado establecido por el departamento de métodos y que el operario seleccionado es competente y tiene la experiencia adecuada en el trabajo.

2.1.3.3. Responsabilidad del operario.

Todo empleado debe tener el interés suficiente en el bienestar de la compañía y apoyar las prácticas y procedimientos que implante la administración.

Los operarios deben probar con integridad los nuevos métodos y cooperar para eliminar las fallas características de muchas innovaciones. Hacer sugerencias para mejorar todavía más los métodos, debe aceptarse como parte de la responsabilidad de todo empleado. El operario está más cerca que nadie del trabajo y puede hacer contribuciones reales a la compañía si ayuda a establecer los métodos ideales.

2.1.4. Alcance.

Se deben compaginar las mejores técnicas y habilidades disponibles a fin de lograr una eficiente relación hombre-máquina. Una vez que se establece

un método, la responsabilidad de determinar el tiempo requerido para fabricar el producto queda dentro del alcance de este trabajo. También está incluida la responsabilidad de vigilar que se cumplan las normas o estándares predeterminados, y de que los trabajadores sean retribuidos adecuadamente según su rendimiento. Estas medidas incluyen también la definición del problema en relación con el costo esperado, la reparación del trabajo en diversas operaciones, el análisis de cada una de éstas para determinar los procedimientos de manufactura más económicos según la producción considerada, la utilización de los tiempos apropiados y, finalmente, las acciones necesarias para asegurar que el método prescrito sea puesto en operación cabalmente.

2.1.5. Elementos y preparación para el estudio de tiempos.

Es necesario que, para llevar a cabo un estudio de tiempos, el analista tenga la experiencia y conocimientos necesarios y que comprenda en su totalidad una serie de elementos que a continuación se describen para llevar a buen término dicho estudio.

- Selección de la operación. Que operación se va a medir. Su tiempo, en primer orden es una decisión que depende del objetivo general que perseguimos con el estudio de la medición. Se pueden emplear criterios para hacer la elección:
- El orden de las operaciones según se presentan en el proceso.
- La posibilidad de ahorro que se espera en la operación. Relacionado con el costo anual de la operación que se calcula mediante la siguiente ecuación:

Costo anual d operación = (actividad anual)(tiempo de operación)(salario horario)

Según necesidades específicas.

- Selección del operador. Al elegir al trabajador se deben considerar los siguientes puntos:

Habilidad, deseo de cooperación, temperamento, experiencia.

- Actitud frente al trabajador.
- El estudio debe hacerse a la vista y conocimiento de todos.
- El analista debe observar todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas con el trabajador.
- No debe discutirse con el trabajador ni criticar su trabajo sino pedir su colaboración.
- Es recomendable comunicar al sindicato la realización de estudios de tiempos.
- El operario espera ser tratado como un ser humano y en general responderá favorablemente si se le trata abierta y francamente.
- Análisis de comprobación del método de trabajo. Nunca debe cronometrar una operación que no haya sido normalizada.

La normalización de los métodos de trabajo es el procedimiento por medio del cual se fija en forma escrita una *norma de método de trabajo* para cada una de las operaciones que se realizan en la fábrica.

En estas normas se especifican el lugar de trabajo y sus características, las máquinas y herramientas, los materiales, el equipo de seguridad que se requiere para ejecutar dicha operación como lentes, mascarilla, extinguidores, delantales, botas, etc. Los requisitos de calidad para dicha operación como la tolerancia y los acabados y por último, un análisis de los movimientos de mano derecha y mano izquierda.

Un trabajo estandarizado o con normalización significa que una pieza de material será siempre entregada al operario de la misma condición y que él será capaz de ejecutar su operación haciendo una cantidad definida de trabajo, con los movimientos básicos, mientras siga usando el mismo tipo y bajo las mismas condiciones de trabajo.

La ventaja de la estandarización del método de trabajo resulta en un aumento en la habilidad de ejecución del operario, lo que mejora la calidad y disminuye la supervisión personal por parte de los supervisores; el número de inspecciones necesarias será menor, lográndose una reducción en los costos.

2.1.6. Herramientas utilizadas para el estudio.

El estudio de tiempos exige cierto material fundamental como lo son: un cronómetro o tabla de tiempos, una hoja de observaciones, formularios de estudio de tiempos y una tabla electrónica de tiempos.

2.1.6.1. Cronómetro.

Es un reloj de precisión que se utiliza para establecer los tiempos de ejecución de las tareas que se ejecutan en alguna actividad en especial. Varios tipos de cronómetros están en uso actualmente. La mayoría de los cuales se encuentran dentro de la siguiente clasificación:

- El cronómetro decimal de minutos (de 0.01): tiene su carátula con 100 divisiones y cada una de ellas corresponde a 0.01 de minuto. Por lo tanto, una vuelta completa de la manecilla mayor requerirá un minuto. El cuadrante pequeño del instrumento tiene 30 divisiones, correspondiendo cada una a un minuto. Por cada revolución de la manecilla mayor, la manecilla menor se desplazará una división, o sea, un minuto.
- El cronómetro decimal de minutos de 0.001 min: es parecido al cronómetro decimal de minutos de 0.01 min. En el primero cada división de la manecilla mayor corresponde a un milésimo de minuto. De este modo, la manecilla mayor o rápida tarda 0.10 min en dar una vuelta completa en la carátula, en vez de un minuto como en el cronómetro decimal de minutos de 0.01min. Se usa este aparato sobre todo para tomar el tiempo de elementos muy breves a fin de obtener datos estándares. En general, el cronómetro de 0.001 min no tiene corredera lateral de arranques sino que se pone en movimiento, se detiene y se vuelve a cero oprimiendo sucesivamente la corona.
- El cronómetro decimal de hora: tiene la carátula mayor dividida en 100 partes, pero cada división representa un diezmilésimo (0.0001) de hora. Una vuelta completa de la manecilla mayor de este cronómetro marcará, por lo tanto, un centésimo (0.01) de hora, o sea 0.6 min. La

manecilla pequeña registra cada vuelta de la mayor, y una revolución completa de la aguja menor marcará 18 min. o sea 0.30 de hora. En el cronómetro decimal de horas las manecillas se ponen en movimiento, se detienen y se regresan a cero de la misma manera que en el cronómetro decimal de minuto de 0.01 min.

2.1.6.2. Tabla de tiempos.

Respecto a la tabla de tiempos, consiste en una tabla de tamaño conveniente donde se coloca la hoja de observaciones para que pueda sostenerla con comodidad el analista, y en la que se asegura en la parte superior un reloj para tomar tiempos. La hoja de observaciones contiene una serie de datos como el nombre del producto, nombre de la pieza, número de parte, fecha, operario, operación, nombre de la máquina, cantidad de observaciones, división de la operación en elementos, calificación, tiempo promedio, tiempo normal, tiempo estándar, meta por hora, la meta por día y el nombre del observador. La tabla electrónica de tiempos es una hoja hecha en Excel donde se inserta el tiempo observado y automáticamente ella calculará tiempo estándar, producción por hora, producción por turno y cantidad de operarios necesarios.

2.1.7. Estudio de tiempos con cronometro.

2.1.7.1. Definición.

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Un estudio de tiempos con cronómetro se lleva a cabo cuando:

- Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea.
- Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo de una operación.
- Se encuentran demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- Se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- Se encuentran bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.

Pasos para su realización:

➔ Preparación:

- Se selecciona la operación
- Se selecciona al trabajador
- Se realiza un análisis de comprobación del método de trabajo.
- Se establece una actitud frente al trabajador.

➔ Ejecución

- Se obtiene y registra la información.
- Se descompone la tarea en elementos.
- Se cronometra.
- Se calcula el tiempo observado.

➔ Valoración

- Se valora el ritmo normal del trabajador promedio.
- Se aplican las técnicas de valoración.
- Se calcula el tiempo base o el tiempo valorado.

→ Suplementos

- Análisis de demoras
- Estudio de fatiga
- Cálculo de suplementos y sus tolerancias

→ Tiempo estándar

- Error de tiempo estándar
- Cálculo de frecuencia de los elementos
- Determinación de tiempos de interferencia
- Cálculo de tiempo estándar.

2.1.7.2. Método de regreso a cero.

El método de regreso a cero tiene ventajas como también desventajas comparado con la técnica de tiempo continuo. Algunos analistas de estudio de tiempo usan ambos métodos, con la idea de que los estudios en los que predominan los elementos prolongados se adaptan mejor a las lecturas con regresos a cero, y es mejor usar el método continuo en los estudios de ciclos cortos.

Como los valores del elemento que ocurrió tienen una lectura directa con el método de regresos a cero, no es necesario realizar las restas sucesivas,

como en el método continuo. Entonces la lectura se inserta directamente en la columna de TO (tiempo observado). También se pueden registrar de inmediato los elementos que el operario ejecuta en desorden sin una notación especial. Entre las desventajas del método de regreso a cero esta la que promueve que los elementos individuales se eliminen de la operación. Estos elementos no se pueden estudiar en forma independiente porque los tiempos elementales dependen de los elementos anteriores y posteriores.

2.1.7.3. Método continuo.

El método continuo para registrar valores elementales es superior al de regreso a cero. Lo más significativo es que el estudio que se obtiene presenta un registro completo de todo el periodo de observación; esto complace al operario y al representante sindical. El operario puede ver que se dejaron tiempos fuera en el estudio y que se incluyeron todos los retrasos y elementos extraños. Como todos los hechos se presentan con claridad, es más sencillo explicar y vender esta técnica de registro de tiempos. También se adapta mejor a la medición y registro de elementos muy cortos.

Con la práctica, un buen analista de estudio de tiempos puede detectar con precisión tres elementos cortos. Se requiere más trabajo de escritorio para calcular el estudio si se usa el método continuo. Como se lee el cronometro en los puntos terminales se cada elemento mientras las manecillas del reloj continúan su movimiento, es necesario hacer restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar el tiempo transcurrido en cada elemento.

2.1.8. Ciclos del estudio.

Como la actividad de una tarea y su tiempo de ciclo influyen en el número de ciclos que se pueden estudiar, desde el punto de vista económico, el analista no puede estar gobernado de manera absoluta por la práctica estadística que demanda cierto tamaño de muestra basado en la dispersión de las lecturas individuales del elemento. La General Electric Company estableció una tabla con los valores aproximados al número de ciclos a observarse puede establecer un número más exacto con métodos estadísticos.

Como el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, el promedio de muestras (\bar{X}) obtenidas de observaciones con distribución normal también tienen distribución normal alrededor de la media de la población m . la varianza alrededor de la media de población μ es igual a $\frac{\sigma^2}{n}$ donde n es igual al tamaño de la muestra y σ^2 es la varianza de la población.

Los estudios de tiempo involucran solo muestras pequeñas ($n < 30$) de una población; por lo tanto, debe utilizarse una distribución "t". Por lo tanto, la fórmula del intervalo de confianza es:

$$\bar{X} \pm t$$

2.1.8.1. Método de rango de aceptación.

Se especifica el intervalo de confianza (I) en función de la precisión del estimador (K) y la media de la muestra (\bar{X}), este intervalo indica el valor de muestreo, es decir, cuando puede ser la desviación del valor estimado. En este caso, se fija la precisión $K=10\%$ y un coeficiente $C = 90\%$, exigiéndose entonces que el 90% de los valores registrados se encuentren dentro del intervalo de confianza. Por tanto, las lecturas que no se encuentren dentro de

este rango no se consideran representativas, por lo que no se toman para el estudio. Es necesario establecer ciertos valores.

Operación	M	LM	Lm	Δ	Rango	M	TC, M-1	IM	I	X

$$\Delta = 0.5 * |X - LM| + |X - Lm| \quad \Rightarrow \quad \text{RANGO DE ACEPTACIÓN} \quad \left\{ \begin{array}{l} X + \Delta \\ X - \Delta \end{array} \right.$$

Dónde:

M = Número de observaciones realizadas.

LM = Lectura mayor.

Lm = Lectura menor = Variación.

IM = Intervalo de la muestra.

I = Intervalo predefinido.

X = TPS.

2.1.8.2. Método General Electric.

TIEMPO DEL CICLO (MIN)	OBSERVACIONES A REALIZAR
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40

1.00	30
2.00	20
4.00	15
5.00 a 10.00	10
10.00 a 20.00	8
20.00 a 40.00	5
Más de 40.00	3

Métodos

- 
1. Sistema Westinghouse.
 2. Sistema Westinghouse Modificado.
 3. Calificación sistemática.
 4. Calificación por velocidad.
 5. Calificación objetiva.

2.1.9. Método de calificación. Sistema Westinghouse.

Durante el estudio, los analistas de tiempos observan con cuidado el desempeño del operario. El desempeño que se lleva a cabo pocas veces es igual a la definición exacta de normal o estándar. Así, deben hacerse algunos ajustes al tiempo medio observado requerido por un operario normal para hacer la tarea cuando trabaja a un paso promedio. Solo así se puede establecer un estándar confiable para los operarios. La calificación del desempeño es tal vez el paso más importante en todo el procedimiento de medición de trabajo.

Este sistema fue desarrollado por la Westinghouse Electric Corporation, este método considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

La Habilidad se define como “pericia en seguir un método dado” y se puede explicar más relacionándola con la calidad artesanal, revelada por la apropiada coordinación de la mente y las manos.

La habilidad o destreza de un operario se determina por su experiencia y sus aptitudes inherentes, como coordinación natural y ritmo de trabajo. La práctica tenderá a desarrollar su habilidad, pero no podrá compensar por completo las deficiencias en aptitud natural. La habilidad o destreza de una persona en una actividad determinada aumenta con el tiempo, ya que una mayor familiaridad con el trabajo trae consigo mayor velocidad, regularidad en el moverse y ausencia de titubeos y movimientos falsos.

Una disminución en la habilidad generalmente es resultado de una alteración en las facultades debida a factores físicos o psicológicos, como reducción en agudeza visual, falla de reflejos y pérdida de fuerza o coordinación muscular. De esto se deduce fácilmente que la habilidad de una persona puede variar de un trabajo a otro, y aun de operación a operación en una labor determinada.

Según el Sistema Westinghouse de calificación o nivelación, existen seis grados o clases de habilidad asignables a operarios y que representan una evaluación de pericia aceptable. Tales grados son: deficiente, aceptable, regular, buena, excelente y extrema (u óptima). En tabla se muestra las características de los diversos grados de habilidad juntamente con sus valores numéricos equivalentes. La calificación de la habilidad se traduce

luego a su valor en porcentaje equivalente, que es de más 15%, para la habilidad superior y hasta -22% para la habilidad pésima.

Según este sistema o método de calificación, el Esfuerzo o Empeño se define como una “demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia”. El empeño es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad, y puede ser controlado en alto grado por el operario. Cuando se evalúa el esfuerzo manifestado, el observador debe tener cuidado de calificar sólo el empeño demostrado en realidad. Con frecuencia un operario aplicará un esfuerzo mal dirigido empleando un alto ritmo a fin de aumentar el tiempo del ciclo del estudio, y obtener todavía un factor liberal de calificación. Igual que en el caso de la habilidad, en lo que toca a la calificación del esfuerzo pueden distinguirse seis clases representativas de rapidez aceptable: deficiente (o bajo), aceptable, regular, bueno, excelente y excesivo. Al esfuerzo excesivo se le ha asignado un valor de más 13%, y al esfuerzo deficiente un valor de menos 17%.

Las Condiciones a que se ha hecho referencia en este procedimiento de calificación de la actuación, son aquellas que afectan al operario y no a la operación. En más de la mayoría de los casos, las condiciones serán calificadas como normales o promedio cuando las condiciones se evalúan en comparación con la forma en la que se hallan generalmente en la estación de trabajo. Los elementos que afectarían las condiciones de trabajo son: temperatura, ventilación, luz y ruido. Por tanto, si la temperatura en una estación de trabajo dada fuera de 17 °C mientras que generalmente se mantiene en 20 °C a 23 °C, las condiciones se considerarían debajo de lo normal.

Las condiciones que afectan la operación, como herramientas o materiales en malas condiciones, no se tomarán en cuenta cuando se

aplique a las condiciones de trabajo el factor de actuación. Se han enumerado 6 clases generales de condiciones con valores desde más 6% hasta menos 7%. Estas condiciones “de estado general” se denominan ideales, excelentes, buenas, regulares, aceptables y deficientes.

El último de los cuatro factores que influyen en la calificación de la actuación es la Consistencia del operario. A no ser que se emplee el método de lectura repetitiva, o que el analista sea capaz de hacer las restas sucesivas y de anotarlas conforme progresa el trabajo, la consistencia del operario debe evaluarse mientras se realiza el estudio. Los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indican, desde luego, consistencia perfecta. Tal situación ocurre muy raras veces por la tendencia a la dispersión debida a las muchas variables, como dureza del material, afilado de la herramienta de corte, lubricante, habilidad y empeño o esfuerzo del operario, lecturas erróneas del cronómetro y presencia de elementos extraños. Los elementos mecánicamente controlados tendrán, como es comprensible, una consistencia de valores casi perfecta, pero tales elementos no se califican. Hay seis clases de consistencia: perfecta, excelente, buena, regular, aceptable y deficiente. Se ha asignado un valor de más 4% a la consistencia perfecta, y de menos 4% a la deficiente, quedando las otras categorías entre estos valores.

No puede darse una regla general en lo referente a la aplicabilidad de la tabla de consistencias. Algunas operaciones de corta duración y que tienden a estar libres de manipulaciones y colocaciones en posición de gran cuidado, darán resultados relativamente consistentes de un ciclo a otro. Por eso, operaciones de esta naturaleza tendría requisitos más exigentes de consistencia promedio, que trabajos de gran duración que exigen gran habilidad para los elementos de colocación, unión y alineación. La determinación del intervalo de variación justificado para una operación

particular debe basarse, en gran parte, en el conocimiento que al analista tenga acerca del trabajo.

2.1.10. Tolerancias.

Después de haber calculado el tiempo normal, es necesario hacer otros cálculos para llegar al verdadero tiempo estándar, esta consiste en la adición de un suplemento o margen al tener en cuenta las numerosas interrupciones, retrasos y movimientos lentos producidos por la fatiga inherente a todo trabajo.

El tiempo normal de una operación no contiene ninguna tolerancia, es solamente el tiempo que tardaría un operario calificado en ejecutar la tarea si trabajará a marcha normal; sin embargo, una persona necesita de cierto tiempo para atender necesidades personales, para reponer la fatiga, además existen otros factores que están fuera de su control que también consumen tiempo.

En general las tolerancias se aplican para cubrir tres áreas generales:

- Necesidades Personales.
- Fatigas.
- Demoras Inevitables.

Las tolerancias deben calcularse en forma tan precisa como sea posible, o de otra manera se anulará por completo el esfuerzo puesto al hacer el estudio, las tolerancias se aplican al estudio de acuerdo a tres categorías:

- Tolerancias aplicables al tiempo total del ciclo.

- Tolerancias que deben considerarse solo en el tiempo de maquinado.
- Tolerancias aplicables solo al tiempo de esfuerzo.

→ Necesidades personales

Incluye interrupciones en el trabajo, necesarias para el trabajador, como son: viajes periódicos al bebedero de agua o al baño.

→ Fatiga

La fatiga se considera como una disminución en la capacidad de realizar trabajo. La fatiga es el resultado de una acumulación de productos de desechos en los músculos, y en el torrente sanguíneo, lo cual reduce la capacidad de los músculos para actuar. La fatiga puede ser también mental. Una persona debe ser colocada, de ser posible en el trabajo que más le agrade.

El método utilizado para determinar la fatiga es el método sistemático el cual incluye: criterios de temperatura, de ventilación, humedad, ruidos, duración de la actividad de repetición del ciclo, demanda física, demanda mental o visual, y de posición del operador. Cada criterio está conformado por varios niveles ponderados, y se evalúa de acuerdo a las condiciones observadas durante el estudio. La ponderación total (sumatoria de todos los criterios), se somete a una tabla que indica el porcentaje por fatiga, o si se requiere en minutos.

→ Demoras inevitables

Las demoras pueden ser evitables o inevitables. En la determinación del tiempo estándar no se consideran las demoras evitables causadas intencionalmente por el obrero. Las demoras inevitables incluyen interrupciones hechas por el supervisor, analista de tiempo y otros, irregularidades en materiales, dificultad de mantener tolerancias e interferencias debidas a la asignación de varias máquinas a un operario.

→ Cálculo de los suplementos

En la siguiente figura se presenta el modelo básico para el cálculo de los suplementos. Podrá verse que los suplementos por descanso (destinados a reponerse de la fatiga) son la única parte especial del tiempo que se añade al tiempo básico. Los demás suplementos, como por contingencias, por razones de políticas de la empresa y especiales, solamente se aplican bajo ciertas condiciones.

- Suplementos por descanso: Se calculan de modo que permitan al trabajador reponerse de la fatiga. Tienen dos componentes principales: los suplementos fijos y los suplementos variables. Los suplementos fijos, a su vez, se dividen en los siguientes:
- Suplementos por necesidades personales: Se aplican a los casos inevitables de abandono del puesto de trabajo, por ejemplo para ir a beber algo, a lavarse o al baño; en la mayoría de las empresas que lo aplican suele oscilar entre 5 y 7 por ciento.

- Suplementos por fatiga básica: Es siempre una cantidad constante y se aplica para compensar la energía consumida en la ejecución de un trabajo y para aliviar la monotonía. Es frecuente que se fije en 4% del tiempo básico, cifra que considera suficiente para un trabajador que cumpla su tarea sentado, que ejecute un trabajo ligero en buenas condiciones materiales y que no precisa emplear manos, piernas sentidos sino normalmente.

- Suplementos variables: Se añaden cuando las condiciones de trabajo difieren mucho de las indicadas, por ejemplo cuando las condiciones ambientales son malas y no pueden ser mejoradas, cuando aumentan el esfuerzo y la tensión para ejecutar determinada tarea, etc.

➔ Recomendaciones para el descanso.

Los suplementos por descanso pueden traducirse en verdaderas pausas, si bien no hay regla fija sobre estas pausas, es corriente que se haga cesar el trabajo durante 10 ó 15 minuto a media mañana y a media tarde.

➔ Importancia de los periodos de descanso.

Atenúan las fluctuaciones de rendimiento del trabajador a lo largo del día contribuyen a estabilizarlo más cerca del nivel óptimo. Rompen la monotonía de la jornada. Ofrecen a los trabajadores la posibilidad de reponerse de la fatiga y atender sus necesidades personales. Reducen las interrupciones del trabajo efectuadas por los interesados durante las horas de trabajo.

→ Otros suplementos.

Algunas veces al calcular el tiempo estándar es preciso incorporar otros suplementos además del suplemento por descanso.

- Suplementos por contingencia: Es el pequeño margen que se incluye en el tiempo estándar para prever demoras que no se pueden medir exactamente porque aparecen sin frecuencia ni regularidad.
- Suplementos por razones de política de la empresa: Es una cantidad no ligada a las primas, que se añade al tiempo tipo (o a alguno de sus componentes, como el contenido de trabajo) para que en circunstancias excepcionales, a nivel definido de desempeño corresponda un nivel satisfactorio de ganancias.
- Suplementos especiales: Se conceden para actividades que normalmente no forman parte del ciclo de trabajo, pero en las cuales este no se podría efectuar debidamente.

→ Propósito de los suplementos.

El propósito fundamental de las tolerancias es agregar un tiempo suficiente al tiempo de producción normal que permita al operario de tiempo medio cumplir con el estándar a ritmo normal. Se acostumbra a expresar las tolerancias como un multiplicador, de modo que el tiempo normal, que consiste en elementos de trabajo productivo, se puede ajustar fácilmente al tiempo de margen.

2.1.11. Tiempo estándar.

2.1.11.1. Definición.

Según la Norma ANSI STANDARD Z94.0-1982, se define el tiempo estándar como: "El valor de una unidad de tiempo para la realización de una tarea, como lo determina la aplicación apropiada de las técnicas de medición de trabajo efectuada por personal calificado. Por lo general se establece aplicando las tolerancias apropiadas al tiempo normal."

El tiempo normal es "el tiempo que requiere un operario calificado para realizar una tarea, a un ritmo normal, para completar un elemento, ciclo u operación usando un método prescrito". La tolerancia es "el valor o porcentaje de tiempo mediante el cual se aumenta el tiempo normal, para la cantidad de tiempo improductivo aplicada, para compensar las causas justificables o los requerimientos de normas generales que necesita un tiempo de desempeño que no se mide en forma directa para cada elemento o tarea".

Teóricamente, para la determinación de un tiempo estándar las condiciones de producción deben estar estables, de tal forma que no existan problemas de diseño, reprocesos, retrasos de máquinas, debe haber equilibrio entre fuerza laboral, materiales y capacidad de producción. Sin embargo, en la práctica, estas condiciones no siempre existen, por lo tanto deben considerarse otros factores denominados tolerancias (tiempo improductivo).

Para establecer el tiempo estándar se usan los datos estándar, que consisten en la organización de los elementos de trabajo en bloques constructivos útiles y bien definidos, cuyo número depende de la exactitud

deseada, de la naturaleza del trabajo y de la flexibilidad necesaria. Esta información generalmente se usa como base para elaborar los estándares de tiempo en un trabajo que es semejante a aquel de donde se hizo el estudio, sin la necesidad de determinar nuevamente los tiempos.

$$T.E = \underbrace{TPS * C_v}_{\text{Tiempo Normal}} + \sum (\text{TOLERANCIAS})$$

Tiempo Normal

TPS = Tiempo Promedio Seleccionado.; C_v = Calificación de la velocidad.

2.1.11.2. Aplicaciones del tiempo estándar.

- Para determinar el salario devengadle por esa tarea específica. Sólo es necesario convertir el tiempo en valor monetario.
- Ayuda a la planeación de la producción. Los problemas de producción y de ventas podrán basarse en los tiempos estándares después de haber aplicado la medición del trabajo de los procesos respectivos, eliminando una planeación defectuosa basada en las conjeturas o adivinanzas.
- Facilita la supervisión. Para un supervisor cuyo trabajo está relacionado con hombres, materiales, máquinas, herramientas y métodos; los tiempos de producción le servirán para lograr la coordinación de todos los elementos, sirviéndole como un patrón para medir la eficiencia productiva de su departamento.
- Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos. Además de indicar lo que puede producirse en un día normal de trabajo, ayuda a mejorar los estándares de calidad.

- Ayuda a establecer las cargas de trabajo. Facilita la coordinación entre los obreros y las máquinas, y proporciona a la gerencia bases para inversiones futuras en maquinaria y equipo en caso de expansión.
- Ayuda a formular un sistema de costo estándar. El tiempo estándar al ser multiplicado por la cuota fijada por hora, nos proporciona el costo de mano de obra directa por pieza.
- Proporciona costos estimados. Los tiempos estándar de mano de obra, presupuestarán el costo de los artículos que se planea producir y cuyas operaciones serán semejantes a las actuales.
- Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control. Se eliminan conjeturas sobre la cantidad de producción y permite establecer políticas firmes de incentivos a obreros que ayudarán a incrementar sus salarios y mejorar su nivel de vida; la empresa estará en mejor situación dentro de la competencia, pues se encontrará en posibilidad de aumentar su producción reduciendo costos unitarios.
- Ayuda a entrenar a nuevos trabajadores. Los tiempos estándar serán parámetro que mostrará a los supervisores la forma como los nuevos trabajadores aumentan su habilidad en los métodos de trabajo.

2.2. Muestreo del trabajo.

El muestreo del trabajo es una técnica que se utiliza para investigar las proporciones del tiempo total dedicada a las diversas actividades que componen una tarea, actividades o trabajo. Los resultados del muestreo

sirven para determinar tolerancias o márgenes aplicables al trabajo, para evaluar la utilización de las máquinas y para establecer estándares de producción.

2.2.1. Ventajas del método de muestreo.

- No requiere observación continua por parte de un analista durante un período de tiempo largo.
- El tiempo de trabajo de oficina disminuye.
- El total de horas-trabajo a desarrollar por el analista es generalmente mucho menor.
- El operario no está expuesto a largos períodos de observaciones cronométricas.

Las operaciones de grupos de operarios pueden ser estudiadas fácilmente por un solo analista.

2.2.2. Teoría de muestreo del trabajo.

La probabilidad de x ocurrencias de un evento en n observaciones:

$$(p + q)^n = 1$$

p = probabilidad de una ocurrencia

q = 1-p = probabilidad de que no haya ocurrencia

n = número de observaciones

2.2.3. Planeación del estudio de trabajo.

Una vez que el analista haya explicado el método y obtenido la aprobación del supervisor respectivo, estará en condiciones de realizar el planteamiento detallado, que es esencial antes de iniciar las observaciones reales.

El primer paso es efectuar una estimación preliminar de las actividades acerca de las que buscan información. Esta estimación puede abarcar una o más actividades. Con frecuencia la estimación se puede realizar razonable, deberá muestrear el área o las áreas de interés durante un período corto y utilizar la información obtenida como base de sus estimaciones.

Una vez hechas las estimaciones se debe determinar la exactitud que sea de los resultados. Esto se puede expresar mejor como una tolerancia dentro de un nivel de confianza establecido. El analista llevará a cabo ahora una estimación del número de observaciones a realizar. Es posible determinar la frecuencia de las observaciones.

El siguiente paso será diseñar la forma para muestreo de trabajo en la que se tabularán los datos y los diagramas de control que se utilizarán junto con el estudio.

2.2.4. Determinación de la frecuencia de las observaciones.

Esta frecuencia depende en su mayor grado de los números de observaciones requeridas y de los límites de tiempo aplicados al desarrollo de los datos.

El número de analistas disponible y la naturaleza del trabajo a estudiar influirán también en la frecuencia de las observaciones. Un método que se puede emplear consiste en tomar nueve números diariamente de una tabla estadística de números aleatorios, que varíen, asígnese a cada número una cantidad de minutos equivalente a 10 veces al valor del número. Los números seleccionados pueden fijar entonces el tiempo desde el inicio del día de trabajo hasta el momento de efectuar las observaciones.

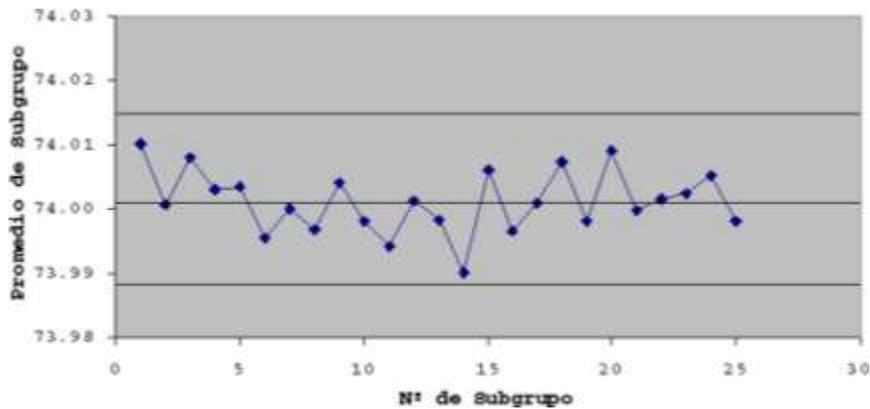
El software también permite el ingreso como entrada de condiciones especiales; Otro medio para ayudar a los analistas decidir cuándo hacer observaciones diarias es un recordatorio aleatorio. Este instrumento de bolsillo avisa por medio de un sonido que es el momento de realizar la siguiente observación.

2.2.5. Diseño de la forma tabular para muestreo de trabajo.

El analista necesitará idear una forma de registro de observaciones para anotar de la mejor manera posible los datos que serán recopilados en la realización del estudio de muestreo de trabajo.

2.2.6. Gráficos de control.

Es una comparación gráfica entre los datos del proceso y los límites de control. Generalmente son subgrupos de medidas seleccionadas en una secuencia regular de la producción. Este gráfico permite detectar causas asignables de variación en un proceso.



2.2.7. Empleo de los diagramas de control.

Tales estudios tratan exclusivamente con porcentajes o proporciones, el diagrama se emplea con mucha frecuencia.

El primer problema encontrado en la elaboración de un diagrama de control es la elección de los límites, se buscan un equilibrio entre el costo de localizar una causa asignable cuando no exista ninguna.

El mejoramiento debe ser un proceso continuo y el porcentaje de tiempo muerto tiene que disminuir. Uno de los objetos del muestreo de trabajo es determinar áreas de actividad que podrían ser mejoradas. Los diagramas de control se pueden emplear para mostrar el mejoramiento progresivo de áreas de trabajo. Esta idea especialmente importante si los estudios de muestreo de trabajo se utilizan para establecer tiempos estándares, pues tales estándares deben cambiarse siempre que las condiciones varíen a fin de que sean realistas.

2.2.13. Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

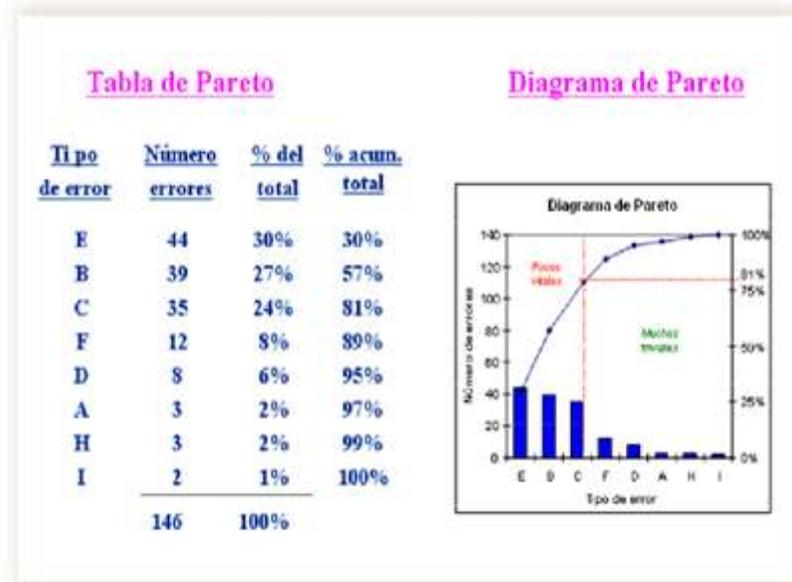
El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza.

El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas Resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto(pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos procesos dentro de las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica al principio del artículo.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.



2.2.13.1. Propósitos generales del diagrama de Pareto.

- Analizar las causas.
- Estudiar los resultados.
- Planear una mejora continua.

La Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa al permitir identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ya que con el análisis descartamos las mayorías triviales.

2.2.14. Observación y registro de datos.

Se debe caminar a un punto o una cierta distancia del equipo, efectuar su observación y registrar los hechos. El analista debe aprender a efectuar observaciones o verificaciones visuales y realizar las anotaciones después de haber abandonado la zona de trabajo. Esto reducirá al mínimo la sensación de ser observado que experimentaría un operario, el que continuaría trabajando así en la forma acostumbrada.

Muestreo de trabajo para el establecimiento de márgenes o tolerancias, utilización de una máquina y establecimiento de estándares de mano de obra directa e indirecta.

La técnica se usa también para establecer estándares de producción, determinar la utilización de máquinas, efectuar asignaciones de trabajo, mejorar métodos y establecimiento de estándares de mano de obra; las tolerancias por motivos personales y demoras inevitables se determinaban frecuentemente efectuando una serie de estudios de todo el día sobre varias operaciones y promediando luego sus resultados; el número de idas al gabinete sanitario y al bebedero o fuente de agua, el número de interrupciones etc., se podrían registrar, cronometrar, analizar, y determinar luego una tolerancia justa o de confianza; los elementos que entran dentro de las demoras personales e inevitables se pueden mantener separados y determinar una tolerancia equitativa para cada clase o categoría.

2.2.15. Función del muestreo del trabajo.

El método de muestreo de trabajo es otra herramienta que permite al analista de estudio de tiempos obtener los datos de manera más rápida y fácil.

El muestreo de trabajo calificado por ejecución es especialmente útil para determinar la cantidad de tiempo que puede ser asignada por retrasos inevitables, suspensiones de trabajo, etc. En resumen, deben tenerse presentes las siguientes consideraciones:

- Explicar y lograr la aceptación del método de muestreo de trabajo antes de utilizarlo.
- Limitar los estudios individuales a grupos similares a máquinas u operaciones.

Utilizar un tamaño de muestra lo más grande posible.

- Efectuar observaciones individuales en momentos al azar.
- Realizar las observaciones en un período razonablemente largo

2.2.16. Tipos de muestras.

Hay dos principios alternativos que pueden seguirse cuando se elige una muestra:

- Muestra aleatoria, en que el azar determina que elementos se seleccionan.

- Muestra no aleatoria, en que el investigador deliberadamente elige los objetos que han de ser estudiados.

→ Muestra aleatoria.

El principio de la selección de los elementos en una muestra aleatoria es el mismo que cuando se reparten la baraja. Todos los objetos de la población tienen iguales probabilidades de ser seleccionados en la muestra. Esta probabilidad es llamada razón de muestreo (sampling ratio en inglés), y es igual al número de elementos de la muestra dividido por el número de la población.

Hay métodos alternativos para crear una muestra aleatoria (en otras palabras, una "muestra de probabilidad"):

- a) Muestra aleatoria simple: La muestra se extrae a suertes, por ejemplo sacando papeletas numeradas de un sombrero. Trabajar con papeletas es laborioso si la población es amplia. Pero si tenemos la población en un fichero de ordenador, el trabajo será fácil.
- b) Muestra sistemática: Si la razón que se pretende es $1/n$, empezamos escogiendo el primer elemento al azar entre los primeros n objetos de la población, y tras ello extraemos cada n -avo objeto. Esto es conveniente si tenemos una lista de objetos de la población.
- c) Muestra aleatoria ponderada: Cuando la población incluye un grupo muy pequeño pero esencial, hay el riesgo de que ningún miembro de ese grupo quede dentro de una muestra aleatoria.

Para evitar esto, podemos incrementar deliberadamente la razón de la muestra sobre este grupo de especial importancia. Por supuesto que esto generará un desequilibrio en las mediciones que se obtengan a partir de la muestra ponderada, pero será fácil restaurar el equilibrio original. Esto se hace así cuando se combinan los resultados; por ejemplo, al calcular la media de todas las mediciones daremos a las mediciones de cada grupo su peso apropiado correspondiente a los porcentajes genuinos en la población.

→ Muestras no aleatorias.

Si consideramos que no precisamos cifras exactas sobre la representatividad estadística de nuestros resultados, podríamos plantearnos el usar una muestra no aleatoria (o "no probabilística"), lo que significa que elegiremos a voluntad nuestra. Podemos considerar que esto puede ayudarnos a obtener los elementos que necesitamos estudiar directamente y, además, actuar sin los tediosos procesos de selección aleatoria y verificación estadística.

Sin embargo, hay una desventaja: corremos un gran riesgo de obtener demasiado sesgo en la muestra. No seremos capaces siquiera de advertir la presencia, y menos aún la cantidad, de sesgo si hacemos personalmente la selección de la muestra. Y la presencia de sesgo puede hacer imposible generalizar nuestros resultados.

Un modo de reducir el sesgo hasta cierto punto es dejar a otra persona o grupo la selección de los elementos.

Entre los tipos comunes de muestras no aleatorias se incluyen:

a) Una muestra de "casos típicos" o los "mejores" casos son algo bastante tradicional en historia del arte: estudiamos solamente los "grandes maestros". La idea es que éstos representan lo más auténtico de su época. Tal selección deliberada por parte del investigador tiene no obstante riesgos serios, que se tratan en el punto Delimitar el objeto de estudio.

b) Muestra de conveniencia. Un grupo existente, por ejemplo la gente en una reunión, podría ser designado como muestra. Este es un método fácil y barato, pero el sesgo suele ser imposible de estimar. El método es popular en las demostraciones de cursos sobre métodos, pero raramente usado en la investigación profesional.

c) Muestra de voluntarios es creada cuando todos los miembros de la población tienen la oportunidad de participar en la muestra. Un ejemplo es la respuesta voluntaria de los clientes que llega a una empresa; igualmente, las respuestas que un investigador recibe a un anuncio en un periódico pidiendo a la gente sus opiniones.

Una muestra de voluntarios suele ser una alternativa bastante sensata; no obstante, el investigador debe considerar cuidadosamente los riesgos de sesgo. Hay dos cuestiones que plantearse: ¿Es cierto que todos los miembros de la población concernida tenían las mismas oportunidades de ser incluidos en la muestra? Por definición, los voluntarios difieren de la media de la población en su mayor actividad. La cuestión crucial entonces es ¿difieren del resto de la población también en otros aspectos?.

d) Muestra-bola de nieve. Cuando se entrevista a miembros de un grupo, podemos pedir a las personas que nos indiquen otros

individuos en ese grupo que estén en la mejor posición para dar información sobre ese tema; podríamos también pedirles que nos indicasen personas que compartan sus puntos de vista y también otras que sean de opinión opuesta. Entonces entrevistaremos a nuevos individuos y continuaremos del mismo modo hasta que no obtengamos nuevos puntos de vista de nuevos entrevistados. Este es un buen método por ejemplo para recoger los distintos puntos de vista existentes en un grupo, pero su inconveniente es que no obtenemos una idea exacta de la distribución de las opiniones.

2.2.17. Tamaño de la muestra.

→ Muestras aleatorias.

Teóricamente, podemos calcular el tamaño requerido de la muestra sobre la base de:

- El número y tipo de variables y
- El nivel deseado de representatividad estadística.

Hay que hacer notar que las poblaciones amplias sólo requieren en casos excepcionales unas muestras mayores que las poblaciones pequeñas. Algunos centenares de casos casi siempre son suficientes.

Las fórmulas para el cálculo son exactas pero algo engorrosas de usar por las muchas alternativas que intervienen; por ese motivo no se presentan aquí. En proyectos importantes con amplios recursos se suele consultar a un estadístico para los cálculos.

En un proyecto de investigación con recursos limitados, la regla general es: usar una muestra tan amplia como nos podamos permitir. Recuérdese también que es inútil incrementar el tamaño de la muestra si el principio de muestreo está sesgado. La muestra añadida simplemente estará igual de sesgada.

→ Muestras no aleatorias.

No hay fórmula para determinar el tamaño de una muestra no aleatoria. Con frecuencia, especialmente en investigación cualitativa, podemos simplemente ampliar gradualmente nuestra muestra y analizar los resultados según llegan.

Cuando en casos nuevos ya no se presenta información nueva, podemos concluir que nuestra muestra está saturada, y terminaremos el trabajo. Este método es, sin embargo, muy vulnerable al muestreo sesgado, con lo que tenemos que ser muy cuidadosos y asegurarnos que no omitimos a ningún grupo de nuestra población.

Antes de decidir el tamaño de una muestra no aleatoria, tal vez queramos leer cómo debe ser evaluada la representatividad de los resultados a partir de una muestra no aleatoria. De otro modo podríamos sufrir una sorpresa bastante desagradable cuando estemos intentando, demasiado tarde, definir la población en que nuestros resultados puedan ser declarados válidos.

Para calcular el tamaño de una muestra hay que tomar en cuenta tres factores:

1. El porcentaje de confianza con el cual se quiere generalizar los datos desde la muestra hacia la población total.

2. El porcentaje de error que se pretende aceptar al momento de hacer la generalización.
3. El nivel de variabilidad que se calcula para comprobar la hipótesis.}

La confianza o el porcentaje de confianza es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Esto quiere decir que un porcentaje del 100% equivale a decir que no existe ninguna duda para generalizar tales resultados, pero también implica estudiar a la totalidad de los casos de la población.

Para evitar un costo muy alto para el estudio o debido a que en ocasiones llega a ser prácticamente imposible el estudio de todos los casos, entonces se busca un porcentaje de confianza menor. Comúnmente en las investigaciones sociales se busca un 95%.

El error o porcentaje de error equivale a elegir una probabilidad de aceptar una hipótesis que sea falsa como si fuera verdadera, o la inversa: rechazar a hipótesis verdadera por considerarla falsa. Al igual que en el caso de la confianza, si se quiere eliminar el riesgo del error y considerarlo como 0%, entonces la muestra es del mismo tamaño que la población, por lo que conviene correr un cierto riesgo de equivocarse. Comúnmente se aceptan entre el 4% y el 6% como error, tomando en cuenta de que no son complementarios la confianza y el error.

La variabilidad es la probabilidad (o porcentaje) con el que se aceptó y se rechazó la hipótesis que se quiere investigar en alguna investigación anterior o en un ensayo previo a la investigación actual. El porcentaje con que se

aceptó tal hipótesis se denomina variabilidad positiva y el porcentaje con el que se rechazó se la hipótesis es la variabilidad negativa.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.

En este capítulo con los resultados de la investigación se describe el tipo de estudio y el diseño de investigación que se utilizó; además de la población y muestra y los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos basándose en hechos reales.

3.1. Tipo de estudio.

En la presente investigación se aplica el estudio de tiempo y el muestreo de trabajo para evaluar el proceso de fabricación de piezas de grafito en la Cooperativa Sphairo Graphite, R.L...

La investigación se basa en un estudio no experimental y se considera de tipo descriptiva, evaluativo y aplicado, debido a que todo se hará bajo un enfoque sistemático a través de la descripción análisis y la interpretación del proceso de fabricación de piezas de grafito

- Descriptiva: Es un tipo de estudio rígido en el cual se describen características y se generalizan varios fenómenos similares, mediante la exploración y descripción de situaciones de la vida real.
- Evaluativo: Su objetivo es valorar y enjuiciar el diseño, ejecución, efectos y utilidades a fin de corregir las deficiencias e introducir los reajustes necesarios en el proceso.
- Aplicada: El objetivo principal es mejorar el proceso a través de una propuesta que garantice el mejoramiento en el proceso actual de fabricación de piezas de grafito.

3.2. Diseño de investigación.

El diseño o modelo de la investigación utilizada para el estudio fue de campo. Según ROSA ROJAS NARVÁEZ “La investigación de campo se realiza observando el grupo o fenómeno en su ambiente natural y permite investigar las prácticas, comportamientos, creencia y actitudes del individuo o grupos, tal como se presenta en la vida real”, por lo que se llevó a cabo a través de la recolección de la información de forma directa y visitas a la empresa, donde se hizo entrevistas al operario, sin alterar las condiciones existentes.

3.3 Población y muestra.

La población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de población poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación.

Dentro de la investigación la población constituye el eje de aplicación de estudio y el conjunto de actividades que realiza el operario, por lo que la muestra es una parte de la población.

En la investigación se determina que la población y muestra son las mismas, por lo tanto estas coinciden.

3.4. Recursos.

Dentro de la investigación que se realizó en la Cooperativa Sphairo Graphite, R.L. se utilizaron las siguientes herramientas para la realización del estudio.

1. Lápiz.
2. Hojas.
3. Cronómetro.
4. Tabla de t de Student.
5. Tabla de concesiones por fatiga
6. .Hoja de concesiones.
7. Tabla de la calificación de la velocidad.
8. Formatos para vaciar los datos obtenidos.
9. Tablas de los factores de fatiga.

Es importante utilizar diferentes recursos, ya que son los medios de enlace entre los objetivos de la investigación, el problema y la realidad de la población.

3.5. Procedimiento.

Para obtener la información necesaria se realizó los siguientes pasos:

❖ **Tiempo estándar.**

1. Determinar el tamaño de la muestra que se tomará para la realización del estudio de tiempo.
2. Identificar los elementos que estén más asociados a la operación para realizar el estudio.
3. Utilizar el cronómetro para la toma de tiempo.
4. Calcular los tiempos seleccionados de la operación del proceso para vaciarlos en el formato.
5. Determinar la calificación de la velocidad del operario a través del método WESTINGHOUSE.
6. Determinar el tiempo normal.

7. Determinar las tolerancias a ser asignadas según las características de la operación.
8. Calcular el tiempo estándar de la operación seleccionada.

❖ **Muestreo del trabajo.**

1. Determinar el porcentaje de eficiencia del operario.
2. Establecer la exactitud y el nivel de confianza.
3. Determinar el número de observaciones para realizar el estudio de muestreo.
4. Diseñar el plan de muestreo.
5. Generar los números aleatorios.
6. Diseñar el formato a utilizar para vaciar los datos obtenidos.
7. Elaborar el gráfico de control.
8. Elaborar el diagrama de Pareto para determinar la incidencia del porcentaje de las causas.
9. Comparar la exactitud.
10. Interpretar los gráficos y proponer posibles soluciones.

CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL.

Sphairo Graphite, R.L. fue creada con el objetivo principal de ofrecer servicios de elaboración de piezas en material de grafito con la más óptima calidad y los costos más bajos del mercado, para así desarrollar una marca confiable para sus clientes.

El proceso productivo de la Cooperativa Sphairo Graphite, R.L. consiste en la transformación mecánica del grafito según las especificaciones técnicas solicitadas por los clientes, dependiendo de estas se fabrican diferentes tipos de piezas. Los productos fabricados con material de grafito, permiten que tengan las características idóneas para un mejor rendimiento, en cuanto a: resistencia térmica, auto-lubricación, bajo coeficiente de fricción y resistencia a la mayoría de los agentes químicos y por tanto mayor durabilidad.

Hoy en día la Cooperativa realiza todos sus procesos sin estandarización alguna de los tiempos de ejecución que conforman la fabricación de las piezas. La jornada de trabajo es continua, de 8:00am a 4:00pm. En esta se trabaja contra pedido, generalmente, cuando no hay orden de compra no se labora. El operario tiene un tiempo promediado de la duración de la operación, determinado principalmente por la experiencia de este. Es necesario mencionar que la misma dispone de un manual de calidad, por el cual no se rigen, debido a que no hay una supervisión adecuada para que se cumplan todas las normativas.

Dependiendo de la actuación del operario se observó que de acuerdo al tiempo que este tiene de experiencia trabaja con rapidez a pesar de las condiciones deficientes de trabajo en la que desarrolla el proceso; además de que para realizar la fabricación de una pieza debe contar con una persona

que lo ayude a medir y a ejercer un esfuerzo para montar el material de aproximadamente 150 kg a la máquina. El tiempo de fabricación de piezas de grafito depende de la cantidad pedida por el cliente.

Igualmente en la Cooperativa no se ha realizado un estudio de muestreo del trabajo que determine el porcentaje de eficiencia del operario, con la finalidad de notar las actividades en que más se desempeña durante el proceso, y en las que no ejecuta ninguna actividad referente al proceso ya sea por necesidades personales, distracción, entre otras.

En la cooperativa no se está realizando el proceso, debido a como se dijo anteriormente que ellos trabajan contra pedido y actualmente no hay orden de compra es por ello que están haciendo mantenimiento al galpón y en base a esto se realizó el muestreo.

CAPÍTULO V: ESTUDIO DE TIEMPO.

5.1. Tiempo estándar.

5.1.1 Elementos que intervienen en el proceso productivo.

El proceso de fabricación de barras de grafito está conformado por tres actividades fundamentales, las cuales se dividen en las siguientes estaciones:

- **E-1: Operación de corte en sierra cinta.**
 - Busca materia prima en alguna zona de la instalación y la coloca cerca del área.
 - Sube grafito a la sierra cinta.
 - Mide.
 - Verifica que el grafito este en la posición correcta.
 - Corta.
 - Coloca en un lote.

- **E-2: Operación de cepillado en canteadora.**
 - Gradúa la máquina hasta un espesor determinado.
 - Pasa barra por canteadora (cepilla).

- **E-3: Operación de corte en sierra circular.**
 - Mide.
 - Corta.

Para efecto del estudio de tiempo con respecto al cálculo de tiempo estándar se seleccionó la estación **E-1**(operación de cortado en la sierra cinta).

5.1.2. Determinación del número de observaciones.

Para realizar el registro del tiempo de ejecución del proceso de la estación **E-1 Operación de corte en sierra cinta** de la Cooperativa Sphairo Graphite, R.L., se tomó una muestra de 10 observaciones ($n = 10$). El método empleado para ello, fue el *cronometraje* y éste se realizó considerando la aplicación de las características del *cronometraje por observación continua*.

Todos los datos obtenidos se pueden visualizar en la siguiente tabla:

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E-1	2.12	1.99	2.11	2.83	2.29	2.23	2.78	2.23	2.8	2.04
C. Cont.	2.12	4.11	6.22	9.05	11.34	13.57	16.35	18.58	21.38	23.42

Una vez tomado los tiempos se vacían en siguiente formato:

ESTUDIO DE TIEMPOS: CICLO BREVE													
DEPTO:		SECCIÓN:										ESTUDIO núm.: _____	
OPERACIÓN: <u>Corte</u>		Estudio de Métodos núm.: <u>1</u>										HOJA núm.: <u>1/1</u>	
INSTALACIÓN/MÁQUINA: <u>Sierra cinta</u>		Núm.: <u>1</u>										TERMINO: _____	
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES: _____												COMIENZO: _____	
PRODUCTO/PIEZA: _____		Núm.: _____										TIEMPO TRANSC.: _____	
PLANO Núm.: _____		MATERIAL: _____										OPERARIO: <u>1</u>	
CALIDAD: _____		CONDICIONES DE TRABAJO: _____										FICHA: _____	
NOTA: Dibuje plano del taller al dorso												OBSERVADO POR: <u>Juan C</u>	
												FECHA: <u>16/02/2012</u>	
												COMPROBADO: _____	
ELEMENTO		Tiempo observado (Ciclos)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	\bar{T} (s)
Corta en	T	2.12	1.99	2.11	2.83	2.29	2.23	2.78	2.23	2.8	2.04	23.42	2.342
sierra cinta	T	2.12	4.11	6.22	9.05	11.34	13.57	16.35	18.58	21.38	23.42	126.14	12.61

Además de estos datos, se tiene que la jornada de trabajo es de 8hr (8:00 am – 4:00 pm). El tiempo por charlas de seguridad es de 20 min y para almuerzo es de 30min. La empresa tiene definido un tiempo para las necesidades personales de 30 min.

Datos:

- ✓ Jornada de trabajo (continua)
- ✓ 8hr = 480 min
- ✓ Almuerzo: 30 min
- ✓ NP: 30 min
- ✓ Charlas de seguridad: 20 min
- ✓ n = 10

5.1.4 Cálculo de tiempo estándar.

5.1.4.1. Determinación estadística del tamaño de la muestra.

➤ **Definir el coeficiente de confianza**

$$C = 95\%$$

➤ **Definir el intervalo de confianza**

$$LC = I = X \pm \frac{t_c * S}{\sqrt{n}}$$

Para determinar este intervalo se deben calcular previamente t_c , X , S :

- Para el cálculo de la t de Student, se busca en la tabla (véase anexo 1):

$$t_{\alpha, v}: \quad c = 1 - \alpha = 95\%$$

$$\alpha = 0,05$$

$$v = n - 1 = 9$$

$$t_c = 1.833$$

De la tabla se obtiene que $t_{\alpha} = 1,833$

- Cálculo de la desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2 / n}{n - 1}}$$

$$S = 0.33095$$

- Cálculo del tiempo promedio seleccionado (T.P.S):

$$TPS = \frac{\sum T_i}{n}$$

$$T.P.S = X = 2.342 \text{ min:}$$

➤ **Cálculo del intervalo de confianza**

Se trabajará con el límite superior para garantizar la confiabilidad.

$$I = 2.342 + \frac{1.833 * 0.33095}{\sqrt{10}}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_s = 2.53383 \text{ min} \\ I_l = 2.15016 \text{ min} \end{array} \right\}$$

$$\text{Ahora } I = I_s - I_l = 2.53383 \text{ min} - 2.15016 \text{ min} = 0.38367 \text{ min}$$

➤ **Cálculo del intervalo de la muestra**

$$I_m = \frac{2 * t_c * S}{\sqrt{n}}$$

$$I_m = \frac{2 * 1.833 * 0.33095}{\sqrt{10}} = 0.38366 \text{ min}$$

➤ **Comparar I_m con I**

$$I_m < I$$

$$0.38366 < 0.38367$$

Como $I_m < I$ entonces se acepta la muestra con $n=10$ tomada inicialmente, portanto no es necesario tomar muestras adicionales, ya que garantiza la confiabilidad de C.

5.1.4.2. Cálculo del tiempo estándar de la operación

$$TE = TPS * C_V + \sum Tol$$

$$TPS = X = 2.342 \text{ min}$$

Este valor corresponde al tiempo promedio que tarda la actividad de sierra cinta considerando que se tomaron 10muestras.

➤ **Cálculo del c_v (Coeficiente de velocidad del operario).**

De acuerdo con las observaciones realizadas al operario mientras desempeñaba sus labores y la utilización del método Westinghouse se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia (ver anexo 2) y a través de ello determinar la calificación de la velocidad con que trabaja el operario.

$$c_v = 1 \pm c$$

La habilidad se estableció como excelente, debido a la destreza al momento de la manipulación del material, así como también la facilidad con que utiliza las herramientas de medición y las máquinas de trabajo.

El esfuerzo fue catalogado como excelente, ya que al momento de realizar la operación demostró gran voluntad por lograr su objetivo con un buen resultado.

La consistencia se consideró como buena, debido a que, se observó que se realizan las actividades con cierto grado de repetitividad.

Las condiciones de trabajo son deficientes, puesto que, el operario lleva a cabo sus actividades dentro de un ambiente inaceptable en cuanto a temperatura, ventilación, ruido e iluminación.

Factor	Clase	Categoría	Porcentaje
Habilidad	Excelente	B1	+0.11
Esfuerzo	Excelente	B2	+0.08
Condiciones	Deficientes	F	- 0.07
Consistencia	Buena	C	+0.01
Total			c = +0.13

$$C_V = 1 \pm C$$

$$C_V = 1 + 0.13 = 1.13$$

El valor de 1.13 significa que el operario presenta un 13 % de eficiencia por encima del promedio, lo que es atribuido principalmente a la habilidad y el esfuerzo, ya que el operario tiene gran experiencia y conocimiento sobre el proceso.

➤ **Cálculo del T_N**

$$T_N = TPS * C_V$$

$$TPS = 2.342 \text{ min}$$

$$T_N = 2.342 \text{ min} * 1.13 = 2.64646 \text{ min}$$

El valor obtenido anteriormente, indica el tiempo que requiere el operario para realizar sus operaciones cuando trabaja a una velocidad estándar y sin ninguna demora, ya sea por razones personales o circunstancias inevitables.

➤ **Cálculo de las tolerancias**

Para realizar el cálculo de las tolerancias concedidas por fatiga, se utilizó el método sistemático (ver anexos 3 - 8). A continuación se presenta el diagnóstico realizado:

a) **Condiciones de Trabajo**

Dentro de las Condiciones de trabajo, se consideró:

- La Temperatura de Grado 4, debido a que la temperatura del área de trabajo es de 36 °C
- .Las Condiciones Ambientales como Grado 3, ya que donde se realiza el proceso es un ambiente pequeño y cerrado con excesivo polvo en el ambiente.
- La Humedad se tomó como Grado 2, puesto que el lugar es de ambiente seco.
- El Nivel de Ruido se consideró como Grado 2, ya que, el ambiente de trabajo es poco ruidoso lo que permite que el trabajo sea tranquilo.
- El Nivel de iluminación es de Grado 3, puesto que el galpón no cuenta con una iluminación adecuada y además requerida para realizar el proceso.

b) **Repetitividad y Esfuerzo Aplicado.**

- La Duración del trabajo se consideró de Grado 2 puesto que, la operación seleccionada para el estudio (sierra cinta) dura menos de 15 minutos.

- En la Repetición del Ciclo se considero de Grado 1, ya que el operario puede programar su propio trabajo y las operaciones no son necesariamente de realización diaria.
- El Esfuerzo Físico es de grado 4, debido a que el operario debe ejercer una fuerza de 150 kg al tener que levantar un material.
- El Esfuerzo Mental o Visual se considero de Grado 3, ya que, la atención debe ser continua por razones de seguridad, además del polvo que emite el grafito que requiere de un esfuerzo visual.

c) Posición de Trabajo: Parado, Sentado, Moviéndose, Altura de Trabajo.

- En la Posición de Trabajo se considero el Grado 3, puesto que el operario debe agacharse para tomar el material y además requiere de extensión de brazos constantemente para levantar el material.

Una vez definido el grado que pertenece cada factor de fatiga, se define los puntos que pertenece.

Condiciones	Grado	Puntos
Temperatura	4	40
Condiciones ambientales	3	20
Humedad	2	10
Nivel de ruido	2	10
Iluminación	3	15
Duración del trabajo	2	40
Repetición del ciclo	1	20
Esfuerzo físico	4	80
Esfuerzo mental	3	30
Posición de trabajo	3	30
Total		295

Las sumatoria de las tolerancias dan como resultado 295 puntos. Por tabla de concesiones por fatiga, el límite de clase va hacer igual a 290-296, cuya clase es E1 y él %concesiones=21%. (Ver anexo: 9. Tabla de Concesiones). La jornada de Trabajo es de 8 horas (480 min), por tanto serán 83 minutos por fatiga.

A continuación se presenta la información antes señalada, en el formato correspondiente (ver página siguiente).

	HOJA DE CONCESIONES		NÚMERO	II - 001
			VIGENCIA	
			FECHA	22/02/2011
CÓDIGO DE CARGO: N/A	CONCESIONES: Por fatiga	FECHA	<input checked="" type="checkbox"/> EFECTIVA <input type="checkbox"/> REEMPLAZAD	
ÁREA: Producción	GERENCIA O DIVISIÓN: Recursos humanos	PREPARADO POR: Equipo		
PROYECTO: N/A	DEPARTAMENTO O SECCIÓN: N/A	REVISADO POR: Iván Turmei		
PROCESO: Fabricación de piezas de grafito.	TÍTULO DEL CARGO: Operador	APROBADO POR: Iván Turmero		
PUNTOS POR GRADO DE FACTORES				
FACTORES DE FATIGA	1er.	2do.	3er.	4to.
CONDICIONES DE TRABAJO:				
1 TEMPERATURA	5 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	15 <input type="checkbox"/>	40 <input checked="" type="checkbox"/>
2 CONDICIONES AMBIENTALES	5 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	20 <input checked="" type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>
3 HUMEDAD	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	15 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>
4 NIVEL DE RUIDO	5 <input type="checkbox"/>	10 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input type="checkbox"/>
5 LUZ	5 <input type="checkbox"/>	10 <input type="checkbox"/>	15 <input checked="" type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>
REPETITIVIDAD:				
6 DURACIÓN DEL TRABAJO	20 <input type="checkbox"/>	40 <input checked="" type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>
7 REPETICIÓN DEL CICLO	20 <input checked="" type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input type="checkbox"/>
8 DEMANDA FÍSICA	20 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	60 <input type="checkbox"/>	80 <input checked="" type="checkbox"/>
9 DEMANDA MENTAL O VISUAL	10 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input checked="" type="checkbox"/>	50 <input type="checkbox"/>
POSICIÓN:				
10 DE PIE MOVIÉNDOSE, SENTADO ALTURA DE TRABAJO	10 <input type="checkbox"/>	20 <input type="checkbox"/>	30 <input checked="" type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>
TOTAL PUNTOS: <u>295</u>				
CONCESIONES POR FATIGA: <u>83</u> (MINUTOS)				
OTRAS CONCESIONES (MINUTOS)				
TIEMPO PERSONAL: <u>30</u>				
DEMORAS INEVITABLES: <u>50</u>				
TOTAL CONCESIONES: <u>163</u>				
NOTA: SEÑALAR CON UNA <input checked="" type="checkbox"/> LA PUNTUACIÓN CORRESPONDIENTE				

➤ **Cálculo de la jornada efectiva de trabajo**

$$JET = JT - \left[\sum Tol\ fijas \right]$$

$$JET = 480 - [30 + 20]$$

$$JET = 430$$

Normalizando:

$$\begin{array}{ccc} JET - (Fatiga + NP) & \longrightarrow & Fatiga + NP \\ TN & \longrightarrow & x \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} 430 - (83 + 30) & \longrightarrow & (83 + 30) \\ 2.64646 & \longrightarrow & x \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} 317 & \longrightarrow & 113 \\ 2.64646 & \longrightarrow & x \end{array}$$

$$x = 0.94337 \text{ min}$$

Tolerancia : 0.94337 min

➤ **Calculo del tiempo estándar.**

$$T.E = TPS * C_v + \sum Tol$$

$$TE = 2.64646 \text{ min} + 0.94337 \text{ min}$$

$$TE = 3,58983 \text{ min}$$

Finalmente el tiempo estándar que emplea el operario para realizar la actividad de sierra cinta es de 3.58983 min, considerando las tolerancias que se presentan por concepto de fatiga. El tiempo estimado para tolerancias por concepto de necesidades personales no estás estipuladas por la empresa, sin embargo, en la realidad éste tiene cierto grado de incidencia en los resultados del tiempo empleado para la reparación, es por ello que se recomienda que la empresa tome esto en cuenta y lo establezca para que el resultado del estudio tenga mayor precisión.

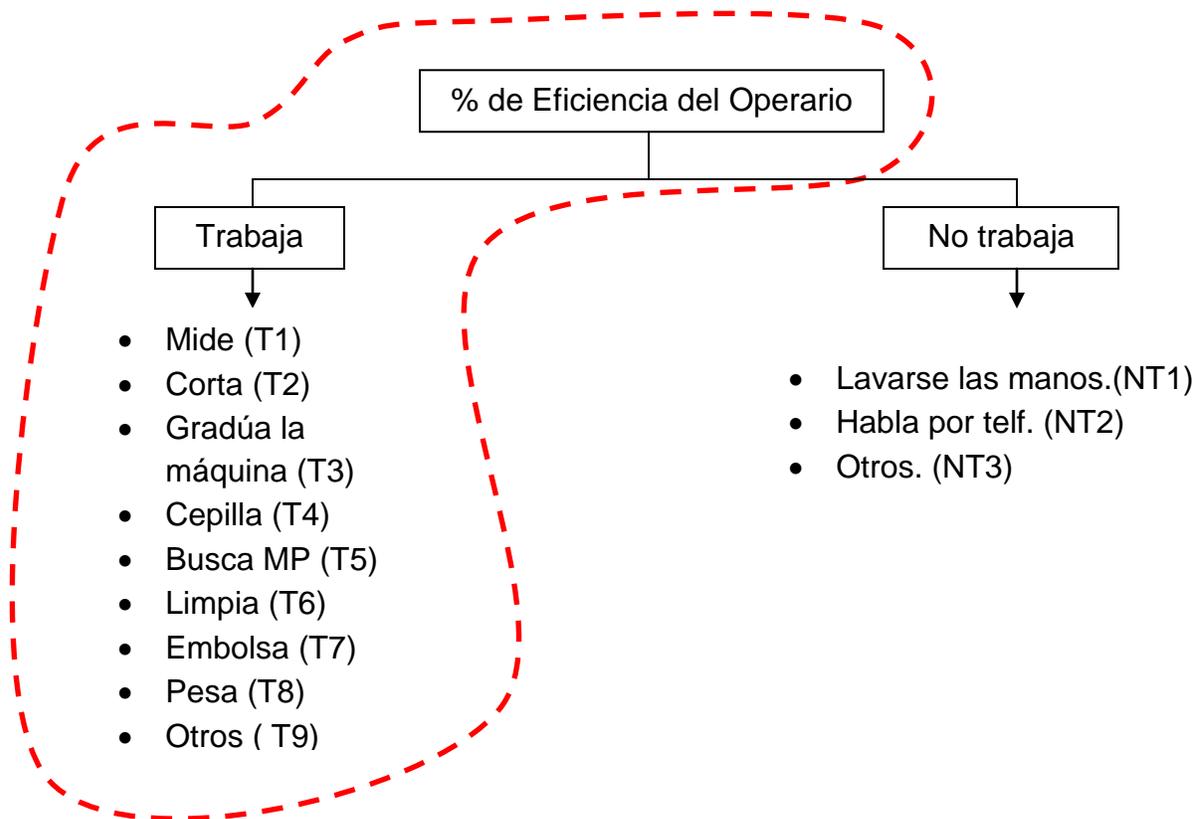
5.2. Muestreo del trabajo.

Para realizar el estudio de muestreo, se realizarán observaciones de las actividades que desempeña el operario, en este caso el encargado del área de fabricación, el cual puede desempeñar las siguientes actividades: (Recepción de materia prima, fabricación de piezas, mantenimiento del área de trabajo y otras actividades relacionadas al proceso).

5.2.1. Definición del objetivo.

El objetivo de la operación de muestreo fue determinar el porcentaje (%) de eficiencia que presenta el operario, en la fabricación de piezas de grafito de la Cooperativa Sphairo Graphite, R.L.

5.2.2. Identificación de elementos.



5.2.3. Definición de parámetros.

$$\begin{matrix} NC = 95\% \\ S = 5\% \end{matrix} \Rightarrow K = 1.96$$

5.2.4. Diseño del estudio.

Las horas en las cuales se realizará el estudio serán obtenidas a través de los números aleatorios generados mediante un programa online. Estos números permitirán determinar el momento en que se debe hacer una observación, el cual se establece mediante el método de la tabla de números aleatorios, donde los tres últimos números correspondiente a la centésima representa la hora, y los siguientes representan los minutos. Éste estudio se realizará durante cinco días; se debe tomar en cuenta que las horas de

observación serán las mismas para todos los días, aunque no es lo más recomendable, pero la versatilidad del método lo permite.

Se debe tomar en cuenta que estos números deben cumplir con la siguiente condición: que estén contenidos dentro de la Jornada de Trabajo (8:00am a 4:00pm).

➤ **Números aleatorios**

0.647605	0.139072	0.091888	0.195280
0.105656	0.371939	0.054681	0.395371
0.048001	0.928201	0.141351	0.885775
0.983129	0.921069	0.396454	0.629549
0.455539	0.328820	0.386575	0.374644
0.669587	0.063037	0.906464	0.997723
0.172701	0.149153	0.918772	0.370978
0.356293	0.356293	0.00836	0.493107
0.140265	0.552987	0.051856	0.893602
0.155038	0.629648	0.288386	0.967703

0.526571	0.799743	0.283429	0.077883	0.697786	0.612802
0.616230	0.073874	0.509151	0.094667	0.696254	0.875374
0.669969	0.245901	0.684356	0.329938	0.734687	0.061727
0.807140	0.905539	0.926142	0.686134	0.475465	0.513861
0.091408	0.218486	0.905211	0.112346	0.125887	0.704416
0.113965	0.411705	0.312557	0.058628	0.000986	0.577169
0.097183	0.781355	0.951098	0.603620	0.745082	0.999887
0.079701	0.486145	0.780777	0.555743	0.781355	0.612304

0.515803	0.723317	0.116868	0.226977	0.339319	0.594264
0.704416	0.641535	0.336590	0.496495	0.946656	0.622875

Los números aleatorios seleccionados para determinar las horas de las observaciones fueron los siguientes:

Nº Aleatorio	Hora
0.455539	10:32am
0.629549	11:32am
0.684356	12:21pm
0.807140	1:08pm
0.780777	1:46pm
0.928201	2:12pm
0.905539	2:32pm
0.999887	2:53pm
0.905211	3:12pm
0.946656	3:39pm

Una vez seleccionados los números aleatorios que cumplen con las condiciones establecidas, se procedió a recolectar la información referente a las actividades realizadas por el operario de la Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L. La información obtenida se presenta a continuación, ordenada según los días y las horas tomadas para el estudio:



Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L.

MUESTREO DE TRABAJO	PROCESO: Porcentaje de eficiencia del operario.									Fecha: 25/02/2012		
	Realizado por: Marlene Márquez, Yusleidi Villarroel, Juan Chancellor, Rosmary Rodríguez, Yohanis Anduz									Hoja: 1/5	Día: 1	
Hora	TRABAJA									NO TRABAJA		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	NT1	NT2	NT3
10:32 AM				X								
11:32 AM		X										
12:21 PM											X	
1:08 PM												X
1:46 PM			X									
2:12 PM		X										
2:32 PM	X											
2:53 PM												X
3:12 PM					X							
3:39 PM		X										
Total	1	3	1	1	1						1	2

Observaciones: Se observa que el operario se encontraba trabajando la mayoría de las veces que fue observado, resaltando que la actividad que más realizó fue la de corte.



Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L.

MUESTREO DE TRABAJO	PROCESO: Porcentaje de eficiencia del operario.									Fecha: 25/02/2012		
	Realizado por: Marlene Márquez, Yusleidi Villarroel, Juan Chancellor, Rosmary Rodríguez, Yohanis Anduz									Hoja: 2/5	Día: 2	
Hora	TRABAJA									NO TRABAJA		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	NT1	NT2	NT3
10:32 AM						X						
11:32 AM										X		
12:21 PM											X	
1:08 PM							X					
1:46 PM								X				
2:12 PM							X					
2:32 PM									X			
2:53 PM						X						
3:12 PM						X						
3:39 PM									X			
Total						3	2	1	2	1	1	

Observaciones: Se observa que el operario se encontraba realizando mantenimiento al galpón.



Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L.

MUESTREO DE TRABAJO	PROCESO: Porcentaje de eficiencia del operario.									Fecha: 25/02/2012		
	Realizado por: Marlene Márquez, Yusleidi Villarroel, Juan Chancellor, Rosmary Rodríguez, Yohanis Anduz									Hoja: 3/5	Día: 3	
Hora	TRABAJA									NO TRABAJA		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	NT1	NT2	NT3
10:32 AM										X		
11:32 AM		X										
12:21 PM												X
1:08 PM		X										
1:46 PM	X											
2:12 PM					X							
2:32 PM		X										
2:53 PM		X										
3:12 PM	X											
3:39 PM		X										
Total	2	5			1					1		1

Observaciones: El operario detuvo la actividad que estaba realizando para atender una llamada



Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L.

MUESTREO DE TRABAJO	PROCESO: Porcentaje de eficiencia del operario.									Fecha: 25/02/2012		
	Realizado por: Marlene Márquez, Yusleidi Villarroel, Juan Chancellor, Rosmary Rodríguez, Yohanis Anduz									Hoja: 4/5	Día: 4	
Hora	TRABAJA									NO TRABAJA		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	NT1	NT2	NT3
10:32 AM					X							
11:32 AM	X											
12:21 PM											X	
1:08 PM										X		
1:46 PM	X											
2:12 PM		X										
2:32 PM	X											
2:53 PM		X										
3:12 PM												X
3:39 PM										X		
Total	3	2			1					2	1	1

Observaciones: El operario estaba realizando actividades relacionadas con el proceso de corte. Se nota que el operario estuvo en varias oportunidades sin trabajar,



Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L.

MUESTREO DE TRABAJO	PROCESO: Porcentaje de eficiencia del operario.									Fecha: 25/02/2012		
	Realizado por: Marlene Márquez, Yusleidi Villarroel, Juan Chancellor, Rosmary Rodríguez, Yohanis Anduz									Hoja: 5/5	Día: 5	
Hora	TRABAJA									NO TRABAJA		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	NT1	NT2	NT3
10:32 AM						X						
11:32 AM						X						
12:21 PM											X	
1:08 PM										X		
1:46 PM									X			
2:12 PM									X			
2:32 PM							X					
2:53 PM							X					
3:12 PM								X				
3:39 PM										X		
Total						2	2	1	2	2	1	

Observaciones: Se observó que el operario estaba realizando sus actividades relacionadas con el mantenimiento del galpón

Tabla de Observaciones Totales

Día	Trabaja									No trabaja		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	NT1	NT2	NT3
1	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0	1	2
2	0	0	0	0	0	3	2	1	2	1	1	0
3	2	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
4	3	2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1
5	0	0	0	0	0	2	2	1	2	2	1	0
Total	6	10	1	1	3	5	4	2	4	6	4	4

De la tabla siguiente se puede observar el comportamiento del operario en los cinco días de estudio, en el cual se observa que se mantiene en su mayoría activo, cumpliendo con sus compromisos laborales, tomando tiempo también para necesidades personales. Se puede destacar que el primer y tercer día estuvo en su mayoría ocupado, y el segundo y quinto día tuvo oportunidades de no trabajar.

5.2.5. Observaciones preliminares.

- Días de estudio: Cinco (5) días.
- Observaciones diarias: 10 observaciones.

$$\bar{p} = \frac{N^{\circ} \text{ veces trabajando}}{N^{\circ} \text{ observaciones totales}}$$

Sustituyendo:

$$\bar{p} = \frac{36}{50} = 0.72 \quad \bar{p} = 72\%$$

Este valor nos indica que existe la probabilidad de que el 72% de las veces que se observe al operario este se encuentre realizando sus actividades.

5.2.6. Determinación del S'.

$$S' = K \sqrt{\frac{1 - \bar{p}}{\bar{p} * N}}$$

Sustituyendo:

$$S' = (1.96) \sqrt{\frac{1 - 0.72}{(0.72) * (50)}} = 0.17285 = 17.285\%$$

Se tiene pues que $S' > S$,
 $17.285\% > 5\%$

Por lo tanto se puede concluir que la exactitud total calculada es mayor a la exactitud ó precisión deseada, lo que indica que los días de estudio seleccionados para el muestreo de trabajo (cinco días) no fueron suficientes para determinar el porcentaje de eficiencia, lo que es necesario re calcular el tamaño de la muestra para determinar el número de muestras que son necesarias para satisfacer esta condición.

5.2.7. Cálculo de N (Re cálculo).

$$N = \frac{K^2(1-\bar{p})}{S^2*\bar{p}}$$

$$N = \frac{(1.96)^2(1-0.72)}{(0.05)^2*(0.72)} = 597.58 \approx 598 \text{ observaciones totales}$$

Por lo que,

$598 - 50 = 548$ observaciones adicionales.

De acuerdo a las observaciones adicionales se determinan los días a los que corresponden para el estudio.

1 día \longrightarrow 10 observaciones

X \longrightarrow 548 observaciones

$$X = \frac{548}{10} = 54,8 \text{ días} \approx 55 \text{ días.}$$

Esto indica que se deben realizar 548 observaciones adicionales que representan 55 días más de estudio, para poder tener mayor consistencia en los resultados y el estudio sea más preciso.

Es importante resaltar que el número de observaciones totales es elevado, debido a que no se tomaron suficientes observaciones diarias.

5.2.8. Cálculos de los límites de control.

$$LC = \bar{p} \pm K \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Sustituyendo:

$$LC = 0.72 \pm 1.96 \sqrt{\frac{0.72(1-0.72)}{10}}$$

$$LCS = 0.99829$$

$$LCI = 0.44170$$

$$LC = \bar{p} = 0.72$$

A continuación, se muestran las probabilidades de ocurrencia por día de estudio:

- Día 1:

$$P_1 = \frac{7}{10} = 0.7$$

- Día 2:

$$P_2 = \frac{8}{10} = 0.8$$

- Día 3:

$$P_3 = \frac{8}{10} = 0.8$$

- Día 4:

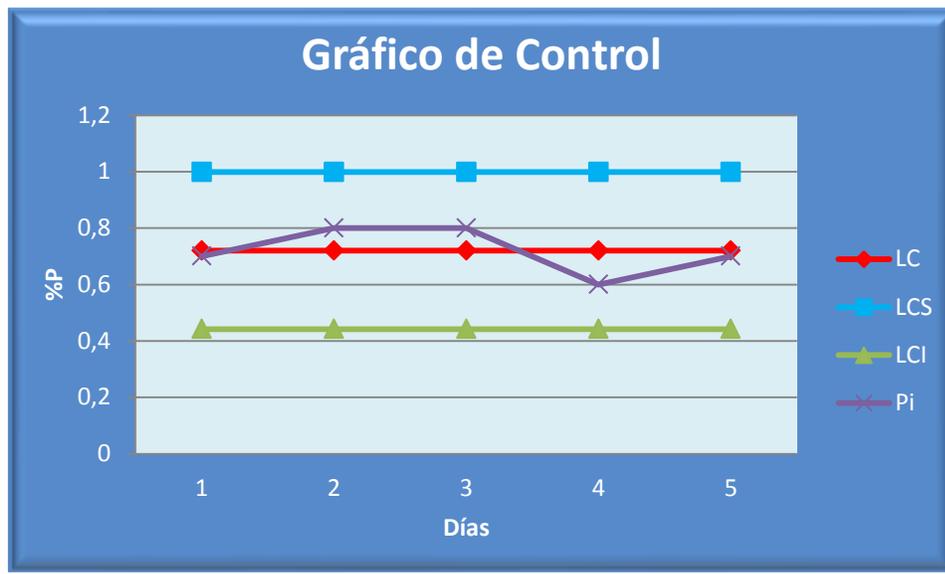
$$P_4 = \frac{6}{10} = 0.6$$

- Día 5:

$$P_5 = \frac{7}{10} = 0.7$$

5.2.9. Gráfico de control.

Una vez calculados los límites de control y las probabilidades de ocurrencia de los eventos se procede a realizar el gráfico de control correspondiente.



De acuerdo con el gráfico, se observa que éste se encuentra bajo control, ya que todos los puntos están ubicados dentro de los límites superior e inferior. Cabe resaltar que hay una mayor eficiencia por parte del operario que se mantiene en los días 2 y 3, ya que en estos se encuentran los puntos máximos de la gráfica, lo que refleja que existe la mayor probabilidad de encontrar al trabajador cumpliendo sus tareas.

Otro aspecto que se puede considerar es que el operario después de tener un excelente desempeño el día 3, no cumple con todas las tareas o no se esmera de la misma manera que el día anterior y esto puede atribuirse a que ésta observación se realizó en los últimos días de la semana laboral, y que el operario tomado como muestra estuvo ausente en su puesto de trabajo en las últimas horas del día 5.

5.2.10. Diagrama de Pareto.

Como complemento del estudio se realizó el diagrama de Pareto correspondiente a la situación presentada para la eficiencia del operario,

para ello es necesario contar con los siguientes datos: Ocurrencia de los eventos cada día y el porcentaje que este representa del total.

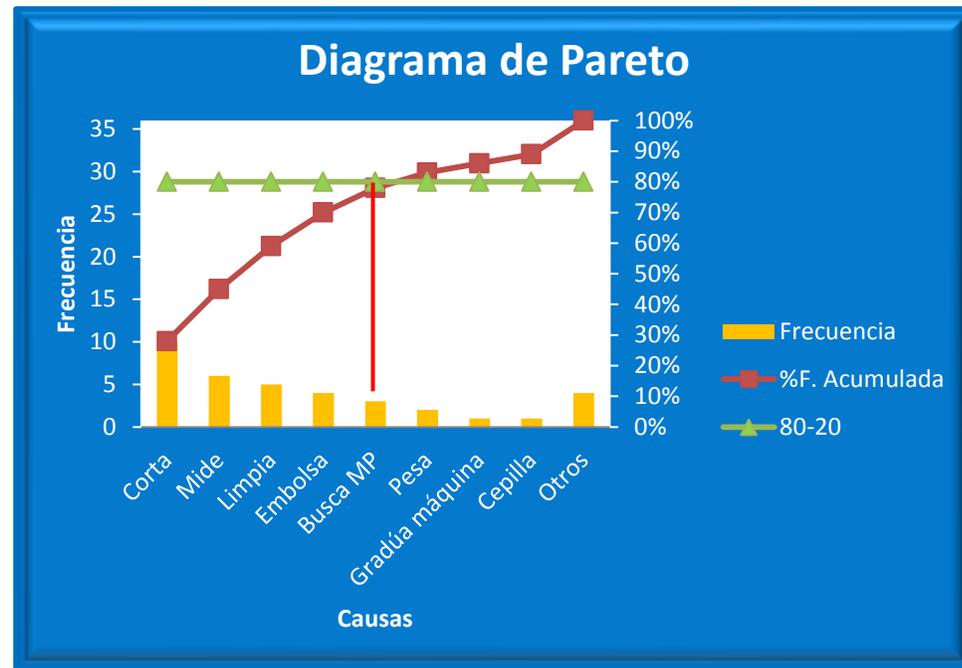
Datos de las actividades realizadas por el operario:

Causas	Frecuencia
Mide	6
Corta	10
Gradúa máquina	1
Cepilla	1
Busca MP	3
Limpia	5
Embolsa	4
Pesa	2
Otros	4

Tabla de datos para el diagrama de Pareto

Causas	Frecuencia	F. Acumulada	%Frecuencia	%F. Acumulada
Corta	10	10	28%	28%
Mide	6	16	17%	45%
Limpia	5	21	14%	59%
Embolsa	4	25	11%	70%
Busca MP	3	28	8%	78%
Pesa	2	30	5%	83%
Gradúa máquina	1	31	3%	86%
Cepilla	1	32	3%	89%
Otros	4	36	11%	1001%
Total	36			

Una vez calculado los porcentajes con relación a la frecuencia de ocurrencia de los eventos se procede a realizar el diagrama de Pareto correspondiente, y de esta manera determinar las causas que tienen mayor incidencia en la eficiencia del operario.



Del gráfico se evidencia, que las actividades que tienen mayor influencia (80%) en la eficiencia del operario en la Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L., son la de corte, medida, limpieza del galpón, embolsa y buscar materia prima.

Es necesario destacar que la maquina no se gradúo constantemente debido a que a diario se hace un proceso diferente, lo que indica que esos días que se realizo el muestreo no se ejecuto la operación de cepillado, sino nada mas el primer día.

Finalmente, es recomendable, que la empresa evalúe las causas que representan el 20 %, ya que estas son las que generan la ineficiencia del operario, y que distribuya de manera uniforme el desarrollo de las otras actividades, por lo que se recomienda que estas actividades de pesado y cepillado se haga periódicamente; ya que al realizar el proceso se puede limpiar y el restante de polvo ir embolsando y pesando a su vez.

CONCLUSIONES.

Después del estudio realizado se pudo concluir que se han logrado los objetivos generales, se realizó el estudio de tiempo y muestreo del proceso de fabricación para mejorar el tiempo de realización del proceso productivo de la Cooperativa SPHAIRO GRAPHITE, R.L, mediante la aplicación de herramientas de la ingeniería de métodos, se evaluó el proceso productivo, la ejecución del método de trabajo actual. Se detectaron las fallas que afectan al proceso productivo a través de la utilización de los siguientes instrumentos:

- Aplicar el método de Estudio de Tiempo.
 - Aplicar el método de Muestreo.
1. Se realizó el estudio de tiempo con el fin de observar, el tiempo que tarda el operario que es de (3.58983 min) en realizar uno de los procesos que conforman la fabricación de barras de grafito, tomando en cuenta que para ello se tomó una muestra de 10 observaciones la cual fue suficiente para determinar el tiempo de duración de la actividad que se realiza en la sierra cinta.
 2. De acuerdo a la actuación del operario se pudo calificar su desempeño, en cuanto a la habilidad, esfuerzo, consistencia y condiciones de trabajo mediante el método de Westinghouse.
 3. Según la tabla de concesiones por fatiga se puede determinar que el operario presenta 83 min por fatiga.

Se realizó el estudio de muestreo con el propósito de evaluar la eficiencia del operario en el área de trabajo.

1. Se determinaron las actividades que realiza con mayor frecuencia el operario, en función de la eficiencia e ineficiencia.
2. Se determinó un porcentaje de eficiencia de 72% por encima del promedio con respecto al operario de acuerdo a su actuación a la hora de ejecutar las actividades.

Después de la aplicación de las herramientas ya mencionadas; se logró identificar los siguientes problemas:

1. El tiempo que pierde el operario al tener que encender o apagar la máquina para realizar el corte ya que debía caminar aproximadamente 2m
2. El operario no usa los implementos de seguridad personal adecuados para el proceso.
3. Al realizar el muestreo se observó que el operario perdía mucho tiempo hablando por teléfono.
4. El operario pierde mucho tiempo buscando el material debido al desorden del área.
5. Además se observó que el operario ejecuta las actividades de forma empírica, debido a sus conocimientos sobre el proceso.

Son estas observaciones las que se tomaron de base para indicar las recomendaciones pertinentes, que debería seguir la cooperativa para la optimización de su proceso.

RECOMENDACIONES

Una vez realizado el estudio de tiempo y muestreo en la Cooperativa Sphairo Graphite, R.L, se dieron respuestas a los objetivos planteados, se establecen las siguientes recomendaciones para la optimización en el proceso de fabricación de piezas de grafito:

1. Controlar la utilización del teléfono celular por parte del operario en el área de trabajo.
2. Utilizar una herramienta adecuada para el manejo de materiales al momento de buscar la materia prima para realizar las operaciones.
3. Usar los implementos de Seguridad adecuados durante la realización del proceso (mascarilla, guantes, botas de seguridad, faja para protección de la columna).
4. Ejecutar inspecciones para verificar que los operarios cumplen con sus uniformes e implementos. Además inspeccionar que se cumpla con los manuales de procedimientos
5. .Realizar mantenimiento al área de trabajo luego de realizar el proceso para que se le haga más fácil el desenvolvimiento en el lugar.
6. Mejorar las condiciones de trabajo en cuanto a iluminación, temperatura.
7. Realizar estudio de tiempo más a fondo para establecer el tiempo promedio que tarda la actividad completa y que pueda quedar como dato de la empresa para estudios posteriores.

BIBLIOGRAFÍA.

- ROJAS NARVÁEZ, Rosa. Orientaciones prácticas para la elaboración de informes de investigación. Segunda edición ampliada y corregida. Puerto Ordaz 1997.
- Turmero Iván. Láminas del material de clases.
- Turmero Iván (2009, Agosto). Proyectos de Ing. De Métodos. Documento en línea. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/estudio-movimiento-y-tiempo-mejora-procesos-hidrobombas-c-a/estudio-movimiento-y-tiempo-mejora-procesos-hidrobombas-c-a.pdf>.
- Turmero Iván (2009, Agosto). Proyectos de Ing. De Métodos. Documento en línea. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/mejoras-del-manejo-materiales-produccion-jamon-premiun/mejoras-del-manejo-materiales-produccion-jamon-premiun.pdf>

ANEXOS.

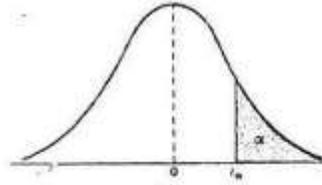


Tabla A.4* Valores críticos de la distribución t

ν	α				
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

*De la tabla IV de R. A. Fisher, *Statistical Methods for Research Workers*, publicado por Oliver & Boyd, Edinburgh, con el permiso del autor y los editores.

Tabla de la T de Student (Anexo 1).

CALIFICACIÓN DE VELOCIDAD

SISTEMA WESTINGHOUSE

<u><i>HABILIDAD</i></u>			<u><i>ESFUERZO</i></u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente

<u><i>CONDICIONES</i></u>			<u><i>CONSISTENCIA</i></u>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

Tabla: factor calificación (Anexo 2).

DEFINICIONES OPERACIONALES DE LOS FACTORES DE FATIGA**A. CONDICIONES DE TRABAJO: 1) TEMPERATURA. 2) CONDICIONES AMBIENTALES. 3) HUMEDAD. 4) NIVEL DE RUIDO. 5) ILUMINACIÓN**

1. TEMPERATURA	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Climatización bajo control eléctrico o mecánico. $20^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 24^{\circ}\text{C}$.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). Temperatura controlada por los requerimientos de la tarea. a) Para trabajos interiores: $24^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 29.5^{\circ}\text{C}$. b) Para trabajos externos: $26.5^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 32^{\circ}\text{C}$.
	<u>GRADO 3.</u>	(15 PUNTOS). Temperatura controlada por los requerimientos de la tarea. a) Para trabajos interiores: $26.5^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 28^{\circ}\text{C}$. b) Para trabajos externos o con circulación de aire: $32^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 34.5^{\circ}\text{C}$.
	<u>GRADO 4.</u>	(40 PUNTOS). a) Ambientes sin circulación de aire: $\text{Temperatura} \geq 32^{\circ}\text{C}$. b) Ambientes con circulación normal de aire: $35^{\circ}\text{C} < \text{Temperatura} \leq 41.5^{\circ}\text{C}$.
2. CONDICIONES AMBIENTALES	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS) a) Operaciones normales en Exteriores. b) Operaciones en ambientes acondicionados con aire fresco y libre de malos olores.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS) Ambientes de planta o de oficina sin aire acondicionado. Ocasionalmente pueden presentarse malos olores o mala ventilación.
	<u>GRADO 3.</u>	(20 PUNTOS). Ambientes cerrados y pequeños, sin movimiento de aire. Ambientes con polvo y/o humos en forma limitada
	<u>GRADO 4.</u>	(30 PUNTOS). Ambientes tóxicos. Mucho polvo y/o humos no eliminables por extracción de aire.

Tabla: factores de fatiga (Anexo 3).

3. HUMEDAD	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Humedad normal, ambiente climatizado. Por lo general hay humedad relativa del 40% al 55%, con temperatura de 21 a 24°C.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). Ambientes secos. Menos del 30% de humedad relativa.
	<u>GRADO 3.</u>	(15 PUNTOS). Alta humedad. Sensación pegajosa en la piel y ropa humedecida. Humedad relativa del 80%.
	<u>GRADO 4.</u>	(20 PUNTOS). Elevadas condiciones de humedad, tales como trabajo bajo la lluvia o en salas de vapor o frigoríficos, que ameritan el uso de ropa especial
4. NIVEL DE RUIDO	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Ruido de 30 a 60 decibeles. Característico en oficinas o en ambientes poco ruidosos.
	<u>GRADO 2.</u>	(10 PUNTOS). a) Ruido por debajo de 30 decibeles. Ambiente demasiado tranquilo. b) Ruido alto entre 60 y 90 decibeles, pero de naturaleza constante.
	<u>GRADO 3.</u>	(20 PUNTOS). a) Ruidos agudos por encima de 90 decibeles. b) Ambientes normalmente tranquilos con sonidos intermitentes o ruidos molestos. c) Ruidos por encima de 100 decibeles no intermitentes.
	<u>GRADO 4.</u>	(30 PUNTOS). Ruidos de alta frecuencia u otras características molestas, ya sean intermitentes o constantes.
5. ILUMINACIÓN	<u>GRADO 1.</u>	(5 PUNTOS). Luces sin resplandor. Iluminación fluorescente u otra para proveer de 215 a 538 lux para la mayoría de las aplicaciones industriales; y 538 a 1077 lux para oficinas y lugares de inspección.

Tabla: factores de fatiga (Anexo 4).

- GRADO 2. (10 PUNTOS). Ambientes que requieren iluminación especial o por debajo del estándar. Resplandores ocasionales.
- GRADO 3. (15 PUNTOS). a) Luz donde el resplandor continuo es inherente al trabajo. b) Trabajo que requiere cambios constantes de áreas claras a oscuras con menos de 54 lux
- GRADO 4. (20 PUNTOS). Trabajo a tientas, sin luz y/o al tacto. Las características del trabajo imposibilitan u obstruyen la visión.

B. REPETITIVIDAD Y ESFUERZO APLICADO: 1) DURACIÓN DEL TRABAJO. 2) REPETICIÓN DEL CICLO. 3) ESFUERZO FÍSICO. 4) ESFUERZO MENTAL O VISUAL.

- 1. DURACIÓN DEL TRABAJO**
- GRADO 1. (20 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en un minuto o menos.
- GRADO 2. (40 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en 15 minutos o menos
- GRADO 3. (60 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en una hora o menos.
- GRADO 4. (80 PUNTOS). Operación o suboperación que puede completarse en más de una hora.
- 2. REPETICIÓN DEL CICLO**
- GRADO 1. (20 PUNTOS) a) Poca posibilidad de monotonía. El trabajador puede programar su propio trabajo o variar su patrón de ejecución. b) Operaciones que varían cada día o donde las suboperaciones no son necesariamente de realización diaria.

Tabla: factores de fatiga (Anexo 5.)

3. ESFUERZO FÍSICO

- GRADO 2. (40 PUNTOS). Operaciones de un patrón fijo razonable o donde existen tiempos previstos o previsiones para terminar. La tarea es regular, aunque las operaciones pueden variar de un ciclo a otro.
- GRADO 3. (60 PUNTOS). Operaciones donde la terminación periódica está programada y su ocurrencia es regular, o donde la terminación del movimiento o los patrones previstos se ejecutan por lo menos 10 veces al día.
- GRADO 4. (80 PUNTOS). a) Operaciones donde la terminación del movimiento o de los patrones previstos es más de 10 por día. b) Operaciones controladas por la máquina con alta monotonía o tedio del operador
- GRADO 1. (20 PUNTOS). a) Esfuerzo manual aplicado más del 15% del tiempo, por encima del 30 kg. b) Esfuerzo manual aplicado entre el 15% y el 40% del tiempo, para pesos entre 12.5 kg y 30 kg. c) Esfuerzo manual aplicado entre el 40% y el 70% del tiempo, para pesos entre 2.5 kg y 12.5 kg. d) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% para pesos superiores a 2.5 kg.
- GRADO 2. (40 PUNTOS) a) Esfuerzo manual aplicado entre el 15% y el 40% del tiempo por encima de 30 kg. b) Esfuerzo manual aplicado entre el 40% y el 70% del tiempo, para pesos entre 12.5 kg. y 30 kg. c) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% para pesos entre 2.5 kg. y 12.5 kg.
- GRADO 3. (60 PUNTOS). a) Esfuerzo manual aplicado entre el 40% y el 70% del tiempo, para pesos superiores a 30 kg. d) Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% del tiempo para pesos entre 12.5 kg. y 30 kg.

Tabla: factores de fatiga (Anexo 6).

**4. ESFUERZO
MENTAL O
VISUAL**

- GRADO 4. (80 PUNTOS). Esfuerzo manual aplicado por encima del 70% del tiempo para pesos superiores a 30 kg.
- GRADO 1. (10 PUNTOS). Atención mental o visual aplicada ocasionalmente, debido a que la operación es prácticamente automática o porque la atención del trabajador es requerida a intervalos muy largos.
- GRADO 2. (20 PUNTOS). Atención mental y visual frecuente donde el trabajo es intermitente, o la operación involucra la espera del trabajador para que la máquina o el proceso completen un ciclo con chequeos espaciados.
- GRADO 3. (30 PUNTOS). Atención mental y visual continuas debido a razones de calidad o de seguridad. Generalmente ocurre en operaciones repetitivas que requieren un estado constante de alerta o de actividad de parte del trabajador.
- GRADO 4. (50 PUNTOS) a) Atención mental y visual concentrada o intensa en espacios reducidos. b) Realización de trabajos complejos con límites estrechos de exactitud o calidad. c) Operaciones que requieren la coordinación de gran destreza manual con atención visual estrecha sostenida por largos períodos de tiempo. d) Actividades de inspección pura donde el objetivo fundamental es el chequeo de la calidad.

Tabla: factores de fatiga (Anexo 7).

C. POSICIÓN DE TRABAJO: PARADO, SENTADO, MOVIÉNDOSE, ALTURA DE TRABAJO.

- GRADO 1.** (10 PUNTOS). Realización del trabajo en posición sentado o mediante una combinación de sentado, parado y caminando, donde el intervalo entre cambios de posición es inferior a cinco minutos. El sitio de trabajo presenta una altura normal respecto a la posición de la cabeza y los brazos del trabajador.
- GRADO 2.** (20 PUNTOS). a) Realización del trabajo parado o combinado con el caminar y donde se permite que el trabajador se sienta sólo en pausas programadas para descansar. b) El sitio de trabajo presenta una disposición fuera del rango normal de trabajo, impidiendo la comodidad de brazos, piernas y cabeza por períodos cortos inferiores a un minuto.
- GRADO 3.** (30 PUNTOS). Operaciones donde el sitio de trabajo o la naturaleza del mismo obliguen a un continuo agacharse o empujarse; o donde el trabajo requiera la extensión de los brazos o de las piernas constantemente.
- GRADO 4.** (40 PUNTOS). Operaciones donde el cuerpo es contraído o extendido por largos períodos de tiempo o donde la atención exige que el cuerpo no se mueva .

Tabla: factores de fatiga (Anexo 8).

CONCESIONES POR FATIGA				$\text{MINUTOS CONCEDIDOS} = \frac{\text{CONCESIÓN \%} \times \text{JORNADA EFECTIVA}}{1 + \text{CONCESIÓN \%}}$			
CLASE	LÍMITES DE CLASE		CONCESIÓN (% POR CLASE)	JORNADA EFECTIVA (MINUTOS)			
	INFERIOR	SUPERIOR		510	480	450	420
				MINUTOS CONCEDIDOS POR FATIGA			
A1	0	156	1	5	5	4	4
A2	157	163	2	10	10	9	8
A3	164	170	3	15	14	13	12
A4	171	177	4	20	18	17	16
A5	178	184	5	24	23	21	20
B1	185	191	6	29	27	25	24
B2	192	198	7	33	31	29	27
B3	199	205	8	38	36	33	31
B4	206	212	9	42	40	37	35
B5	213	219	10	46	44	41	38
C1	220	226	11	51	48	45	42
C2	227	233	12	55	51	48	45
C3	234	240	13	59	55	52	48
C4	241	247	14	63	59	55	51
C5	248	254	15	67	63	59	55
D1	255	261	16	70	66	62	58
D2	262	268	17	74	70	65	61
D3	269	275	18	78	73	69	64
D4	276	282	19	81	77	72	67
D5	283	289	20	85	80	75	70
E1	290	296	21	89	83	78	73
E2	297	303	22	92	86	81	76
E3	304	310	23	95	90	84	79
E4	311	317	24	99	93	87	81
E5	318	324	25	102	96	90	84
F1	325	331	26	105	99	93	87
F2	332	338	27	108	102	96	89
F3	339	345	28	112	105	98	92
F4	346	349	29	115	108	101	94
F5	350	... Y MÁS	30	118	111	104	97

Tabla: concesiones por fatiga (Anexo 9).