



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE UN ESTUDIO DE MÉTODOS

Byron Estuardo Rodríguez Calito

Asesorado por la Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez

Guatemala, agosto de 2,005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS DE
UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE UN ESTUDIO DE
MÉTODOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a la Junta Directiva de la

Facultad de Ingeniería

POR

BYRON ESTUARDO RODRÍGUEZ CALITO

Asesorado por la Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez

Al conferírsele el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2,005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR:	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
EXAMINADOR:	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE UN ESTUDIO DE MÉTODOS

tema que fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha noviembre de 2,004.

BYRON ESTUARDO RODRÍGUEZ CALITO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
LISTA DE SÍMBOLOS.....	II
GLOSARIO.....	III
RESUMEN.....	IV
OBJETIVOS.....	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
1. CONCEPTOS GENERALES	
1.1 Qué es el estudio de métodos.....	1
1.1.1 Factores que intervienen para su aplicación.....	1
1.1.1.1 Eficiencia.....	1
1.1.1.2 Productividad.....	2
1.1.1.3 Condiciones de trabajo.....	2
1.2 Para qué sirve un estudio de métodos.....	2
1.3 Pasos para realizar un estudio de métodos.....	3
1.4 Medición del trabajo.....	4
1.4.1 Definición.....	4
1.4.2 Ventajas.....	4
1.4.3 Medición del trabajo como factor de eficiencia.....	5
1.4.3.1 Procedimiento.....	5
1.4.3.2 Técnicas.....	5
1.4.3.3 Estudio de tiempos.....	6
2. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS	
2.1 Descripción del producto.....	9

2.2	Identificación de las áreas del proceso.....	11
2.3	Descripción general del proceso.....	15
2.4	Descripción y división de los elementos que intervienen en el proceso.....	16
2.5	Identificación de problemas.....	23
2.6	Capacidad de producción actual.....	26
2.7	Conclusiones con base en el análisis de los procedimientos.....	26
3.	FORMULACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL ESTUDIO	
3.1	Estudio de tiempos.....	29
3.1.1	División de la operación en elementos.....	29
3.1.2	Estudio de tiempos con cronómetro.....	31
3.1.2.1	Observaciones.....	31
3.1.2.2	Tabular los datos.....	32
3.1.2.3	Resultados.....	37
3.1.3	Conclusiones con base en las formulaciones de los procedimientos.....	39
3.2	Diagramas de los procesos.....	40
3.2.1	Diagrama de operaciones del proceso DOP.....	41
3.2.2	Diagrama de flujo del proceso DFP.....	42
3.2.3	Diagrama del recorrido del proceso DRP.....	43
4.	MEDICIÓN DEL TRABAJO	
4.1	Criterios de calificación de la eficiencia del operador.....	45
4.2	Cálculo de las concesiones.....	47
4.3	Cálculo del tiempo normal T_n	51
4.4	Cálculo del tiempo estándar T_s	53
4.5	Balance de las líneas de producción.....	54
4.5.1	Conclusiones con base en el balance de líneas.....	62

5.	PROCESO DE MEJORA CONTINUA	
5.1	Mejorar los procesos.....	63
5.2	Diseño de equipo e instalaciones.....	66
5.3	Principios de la economía del esfuerzo humano.....	67
5.4	Incrementar la eficiencia.....	70
5.5	Proporcionar estándares de tiempo para información a otros sistemas.....	71
5.5.1	Costos.....	72
5.5.2	Incentivos de producción.....	72
5.5.3	Programación de la producción.....	73
5.5.4	Tiempos de entrega.....	73
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES.....	77
	BIBLIOGRAFÍA.....	79
	ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS






1	Electromalla comercial	11
2	Área de trefilado	13
3	Área de enderezado y corte	15
4	Área de electromalla	17
5	Diagrama de operaciones del proceso (actual)	42
6	Diagrama de flujo del proceso (actual)	43
7	Diagrama de recorrido del proceso (actual)	44
8	Línea de producción electromalla	54
9	Diagrama de flujo del proceso (mejorado)	64
10	Diagrama de recorrido del proceso (mejorado)	65
11	Descomposición del tiempo de fabricación electromalla	71

TABLAS

I	Características de la electromalla	10
II	Elementos del área de trefilado	31
III	Elementos del área de enderezado y corte	32

IV	Elementos del área de electromalla	32
V	Toma de tiempos para el área de trefilado	34
VI	Velocidades para el área de trefilado	34
VII	Toma de tiempos para el área de enderezado y corte	35
VIII	Toma de tiempos para el área de electromalla	36
IX	Velocidades para la producción de electromalla	36
X	Elementos extraños del estudio (1ª parte)	37
XI	Elementos extraños del estudio (2ª parte)	38
XII	Tiempos medios de operación	39
XIII	Tiempos medios de los elementos extraños	39
XIV	Factor de calificación del operador (Trefilado)	45
XV	Factor de calificación del operador (Enderezado y Corte) M1	46
XVI	Factor de calificación del operador (Enderezado y Corte) M2	46
XVII	Factor de calificación del operador (Electromalla)	47
XVIII	Tiempos normales para el área de trefilado	51
XIX	Tiempos normales para el área de enderezado y corte M1	51
XX	Tiempos normales para el área de enderezado y corte M2	51
XXI	Tiempos normales para el área de electromalla	52
XXII	Tiempos estándar del estudio	53
XXIII	Balance de líneas 1	60
XXIV	Balance de líneas 2	60
XXV	Comparación de los diagramas de procesos	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
Kg	Kilogramo
m	Metro
Kg/m	Kilogramo por metro
min	Minuto
m/min	Metros por minuto
hr	hora
∅	Diámetro
Q	Quetzales
m/s	Metros por segundo
mm	Milímetros
	Transporte
	Operación
	Almacenamiento
	Demora
	Inspección

GLOSARIO

Alambre:	producto obtenido luego de limpiar y/o reducir el diámetro del alambrón.
Alambrón:	nombre que se le da a la materia prima utilizada para la fabricación de varilla de hierro.
Balance de Líneas:	ajustar las líneas de producción a un ritmo con el fin de cumplir tiempos de entrega, cuotas de producción, determinar horas extras y costos de producción.
Carretes:	cilindros utilizados para enrollar el alambre, luego, pasar el proceso de trefilado.
Concesiones:	cualquier disminución que no pueda atribuirse a cambios de métodos o deficiencia en el diseño de la estación de trabajo.
Eficiencia:	grado de rendimiento en que se realiza un trabajo con respecto de una norma preestablecida.
Electro forjado:	proceso de fundición de dos o más varillas de metal iguales sin utilizar otra aleación para su unión.
Electromalla	producto fabricado a través del electro forjado que consta de una serie de varillas perpendiculares.

Estación de trabajo:	Son unidades compuestas por una máquina o persona donde se realiza una actividad o proceso.
Ingeniería de métodos:	técnica para aumentar la producción de trabajo de eliminando de todos los desperdicios de materia prima y esfuerzo, buscando hacer más fácil las tareas, aumentando la calidad.
Tiempo estándar	es un patrón que mide el tiempo para terminar una unidad de trabajo usando un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida.
TMO	tiempo medio de operación. Es el tiempo promedio de elementos que obtiene el conjunto del cronometraje realizado en una operación.
Tiempo normal	es el tiempo medio de operación multiplicado por el factor de calificación de actuación del operario.
Productividad	grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.
Trefilado	proceso mediante el cual se limpia el alambrón para mejorar sus características físicas.

RESUMEN

Los aspectos teóricos acerca de cada uno de los puntos involucrados a lo largo del trabajo de graduación permiten una mejor comprensión de la importancia que tiene el estudio de métodos a cualquier empresa manufacturera.

Realizar una descripción del producto como de las áreas y los procesos que intervienen a lo largo de la línea de producción, lo cual permite identificar los problemas que ocurren en el proceso del producto. Así, también, permitirá determinar la capacidad de producción de la planta para obtener un parámetro, asimismo comparar los resultados del estudio de métodos para realizar un análisis general de la situación actual de la planta y poder concluir con base en los resultados.

La formulación de parámetro para el estudio permite evaluar y mejorar los procesos de producción. Esto se logra a través de la descomposición del trabajo en elementos y, posteriormente, tomar los tiempos para tabularlos y ajustarlos a una media. Debido a la necesidad de documentar la información obtenida del estudio, se realizan los diagramas de procesos para la fabricación del producto.

La medición del trabajo permite definir el tiempo que un trabajador invierte en llevar a cabo una tarea específica y, así, poder indicar el resultado de esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operador. Lo referido permite obtener parámetros necesarios para establecer estándares de producción, precisos y justos.

Para que un estudio de métodos sea más completo, requiere de un proceso de mejora continua, es decir, analizarlo constantemente y determinar de qué manera se puede hacer más eficiente lo cual lleva a una mejora en la productividad de la planta.

OBJETIVOS

- **GENERAL**

Desarrollar un sistema que permita crear estándares y documentación de los procesos para establecer mejores controles de producción y lograr un producto de calidad, así mismo, aumentar la eficiencia y la productividad en la planta, basados en un proceso de mejora continua que permita economizar esfuerzo humano, disminuir la fatiga, mejorar las condiciones de trabajo y revisiones periódicas a los procesos y procedimientos aplicados.

- **ESPECÍFICOS**

1. Estandarizar cada proceso o tarea que realiza el personal de la empresa para disminuir los tiempos perdidos, las fallas humanas o mecánicas que provoquen paro en la producción.
2. Determinar el tiempo estándar de cada uno de los procedimientos involucrados en el proceso de producción.
3. Determinar los puntos críticos que afectan grandemente los procesos de producción.
4. Aumentar la eficiencia, creando un sistema de incentivos por producto extra y de calidad producido, con base en parámetros obtenidos en el estudio de métodos.
5. Diseñar la estación de trabajo en base a un estudio de ergonomía para que los operarios sufran menos fatiga durante el proceso de producción.

6. Mejorar las condiciones ambientales de la planta, debido a que éstas afectan grandemente el desempeño del operador.

INTRODUCCION

El cambio de siglo trajo consigo la globalización, lo cual obliga a las empresas guatemaltecas a ser más competitivas en tecnología, calidad, organización y manejo eficiente de cada uno de los recursos con que cuenta la empresa.

Ya que la eficiencia juega un papel muy importante en el desempeño de toda empresa, es un parámetro que sirve para determinar qué tan bien o mal se están aprovechando los recursos con los que cuenta la planta o, en otras palabras, la capacidad instalada de la planta de producción.

Un estudio de métodos es una herramienta que permite conjugar adecuadamente los recursos económicos, materiales y humanos a través de una serie de técnicas que permiten aumentar la producción de trabajo eliminando los desperdicios de materia prima, tiempo y esfuerzo humano, buscando hacer más fácil las tareas, aumentando la calidad; por eso tiene gran importancia ya que permite obtener parámetros con los cuales se pueden marcar los puntos críticos a lo largo de todos los procesos, esto permite en cierta forma crear controles que puedan determinar una producción real por hora, día, mes, etc. Así como ubicar un punto de partida y determinar las mejoras que se deben hacer a los mismos. Ya que la planta establecida para dicho estudio no cuenta actualmente con ningún parámetro, esto indica que no se están aprovechando, al máximo, sus recursos instalados y está por demás crear una justificación para realizar un estudio.

Para iniciar un estudio de métodos de debe identificar y definir el producto, así como, todo lo que ocurre desde el área donde se encuentra la materia y es introducida al proceso hasta que ésta es convertida en un producto terminado y almacenado. Luego se procede a la recopilación de tiempos mediante observación y tabulación de datos que permita llegar a calcular y documentar la información requerida para crear un mejor control que permita que el flujo de producción sea lo más continuo posible. Así como también se deben crear tablas de eficiencia reales de cada estación de trabajo para que sean utilizadas por el área de producción y crear programas de producción, planes de incentivos, tiempos de entrega, formulación de costos de mano de obra directa, implementación de un segundo turno, etc.

Ahora, si bien es cierto, todos los parámetros determinados sirven como un punto de partida para los controles que se van a establecer en la planta, esto no quiere decir que la producción será siempre la misma. Debe existir un proceso de mejora continua que le de un seguimiento a los procesos y procedimientos establecidos, ya que siempre existe una mejor forma de producción y eso es lo entretenido de un estudio de métodos, cada vez que se realiza siempre hay algo que mejorar.

1. CONCEPTOS GENERALES

1.1 ¿Qué es el estudio de métodos?

Herramienta que permite conjugar, adecuadamente, los recursos económicos, materiales y humanos a través de una serie de técnicas que permiten aumentar la producción de trabajo eliminando los desperdicios de materia prima, tiempo y esfuerzo humano, buscando hacer más fácil las tareas, aumentando la calidad.

En la actualidad los recursos económicos, materiales y humanos, originan incrementos en la productividad, partiendo de las premisas de que todo proceso “siempre se encuentran mejores posibilidades de solución”. Se puede efectuar un análisis a fin de determinar a qué medida se ajusta cada alternativa a los criterios elegidos y a las especificaciones originales, la cual se logra a través de los lineamientos del estudio de métodos.

1.1.1 Factores que intervienen para su aplicación

1.1.1.1 Eficiencia

Lograr el objetivo planteado aprovechando, al máximo, los recursos proporcionados. También se puede decir que es el grado de rendimiento en que se realiza un trabajo respecto de una norma o parámetro definido a través de un estudio previo.

1.1.1.2 Productividad

No es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado; es una medida de lo bien que se han administrado los recursos. Y se puede medir a través de la relación:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{PRODUCCION}}{\text{INSUMOS}}$$

1.1.1.2 Condiciones de trabajo

Antes de mejorarse los métodos de trabajo deben crearse condiciones de trabajo que permita a los obreros ejecutar sus tareas sin fatiga.

Las malas condiciones de trabajo es sinónimo de tiempo improductivo, por ejemplo:

- orden y limpieza en los locales,
- agua potable,
- calidad e intensidad de la luz,
- condiciones térmicas,
- ruidos y vibraciones.

1.2 Para qué sirve el estudio de métodos

1. mejorar procesos y procedimientos,
2. diseño de equipo e instalaciones,
3. economizar esfuerzo humano,
4. disminuir fatiga buscando las mejores condiciones de trabajo,
5. aumentar la seguridad,
6. aumentar la productividad.

1.3 Pasos para realizar un estudio de métodos

Se establece que sin eliminar otros medios para obtener mejoras, la simplificación busca las innovaciones deducida analíticamente por medio de un método sistemático de ataque.

Este método al que se refiere consta de cuatro pasos básicos:

1. seleccionar cuál es el trabajo que se va a mejorar
 - a. punto de vista económico,
 - b. punto de vista funcional;

2. registrar los detalles del trabajo,
 - a. en qué consiste el trabajo,
 - b. analizar todos lo hechos y detalles,
 - c. utilizar lo que son diagramas;

3. análisis de los detalles,
 - a. ¿Por qué se hace cada detalle?
 - b. ¿Para qué se hace cada detalle?
 - c. ¿Dónde debe hacerse el detalle?
 - d. ¿Cuándo debe hacerse el detalle?
 - e. ¿Quién debe hacer el detalle?
 - f. ¿Cómo se hace el detalle?

Todo esto implica investigar las causas y no los efectos.

4. desarrollo de un nuevo método para hacer el trabajo,
 - a. buscar si se puede eliminar la operación,
 - b. cambiar y reorganizar,
 - c. simplificar;

1.4 Medición del trabajo

1.4.1 Definición

Es una aplicación de técnicas que determinan el contenido de una tarea definida, fijando el tiempo que un trabajador calificado invierta en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido¹.

Indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operario para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado.

1.4.2 Ventajas

1. Reducción de costos:
 - a. reduce el tiempo improductivo,
 - b. razón de rapidez de producción es mejor.
2. Mejora las condiciones obreras.

Permite establecer sistemas de pago de salarios con incentivo

1.4.3 Medición del trabajo como factor de eficiencia

Existen dos factores muy importantes:

1. el método,
2. la velocidad de los movimientos:
 - a. habilidad,
 - b. esfuerzo,
 - c. condiciones de trabajo.

1.4.3.1 Procedimiento

Existen dos premisas:

1. justicia (deben hacerse las medidas con justicia),
2. las medidas deben de hacerse con el grado de exactitud necesario.

1.4.3.2 Técnicas

1. Por datos históricos.
2. Estudio de tiempos con cronómetro.
3. Tiempos predeterminados.
4. Métodos de observaciones instantáneas.
5. Datos estándares y formulas de tiempo.

1.4.3.3 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos consiste en una serie de técnicas para determinar con exactitud, partiendo de un número limitado de observaciones el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida².

Un estudio de tiempos con operaciones se realiza cuando:

1. hay una nueva operación,
2. quejas de los trabajadores,
3. demoras por una operación lenta,
4. definir tiempos estándares de un sistema de incentivos.

Existe una serie de pasos básicos para la realización de un estudio de tiempos, los cuales permiten una planeación mucho mejor del análisis.

1. Preparación:

- a. selección de la operación,
- b. selección del operador,
- c. actitud frente al operador,
- d. análisis de comprobación del método de trabajo,
- e. ejecución.

2. Análisis a realizar:

- a. diseño de la pieza,
- b. tolerancia y especificaciones,
- c. proceso de manufactura,

- d. preparación de herramientas y patrones,
- e. condiciones de trabajo.

3. Manejo de materiales:

- a. distribución de máquinas y equipos,
- b. principio de economía de movimientos.

Para empezar a crear los resultados a partir de un estudio de tiempos es necesario hacer una división de la operación en elementos para lo cual existe una serie de reglas:

- 1. fácil identificación,
- 2. debe ser lo más breve posible,
- 3. separar máquinas y operaciones manuales.

Al realizar un estudio de tiempos existen dos clases de elementos:

1. con relación al ciclo

- a. regulares o repetitivos:

son los que aparecen una sola vez en cada ciclo del trabajo.

- b. causal o irregulares:

son los que aparecen a distintos intervalos regulares como irregulares, por ejemplo: limpiar la máquina, regular la máquina, recibir instrucciones, etc.

c. elementos extraños:

son ajenos al ciclo y deben eliminarse, especialmente, es el tipo de elemento que se busca determinar en un estudio de métodos.

2. elementos con relación al tiempo

a. elementos constantes

son aquellos elementos cuyo tiempo de ejecución es siempre igual.

b. elementos variables:

son aquellos que dependen de una o varias variables, como por ejemplo: dimensiones, peso o calidad del producto.

La Ingeniería de métodos está encargada de idear y preparar los centros de trabajo donde se fabricará el producto, cuanto más completo sea el estudio de métodos usados durante las etapas de planeación, tanto menor será la necesidad de estudios de métodos adicionales durante la vida del producto. Debido a la Ingeniería de Métodos el procedimiento de la productividad es un proceso sin fin.

2. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

2.1 Descripción del producto

Nombre comercial: Electromalla

Materia prima: Alambrón de hierro

Especificaciones generales: La tabla I muestra todas las características.

Utilización:

- construcción en general
- circulación de áreas deportivas
- jaulas

La electromalla como se le conoce, comercialmente, (ver figura1) está formada por 16 varillas de hierro en diámetros especificados en la tabla I, de 6 metros de largo, las cuales van longitudinalmente al proceso y 40 varillas de hierro de 2.35 metros de largo las cuales van transversalmente al proceso; de aquí se forma completamente un cuadro de 150 mm de lado. Estas varillas son soldadas por medio de un proceso de electro forjado (fundir los dos metales sin usar ninguna aleación) lo cual da una dimensión de la electromalla de 6 metros de largo por 2.35 metros de ancho.

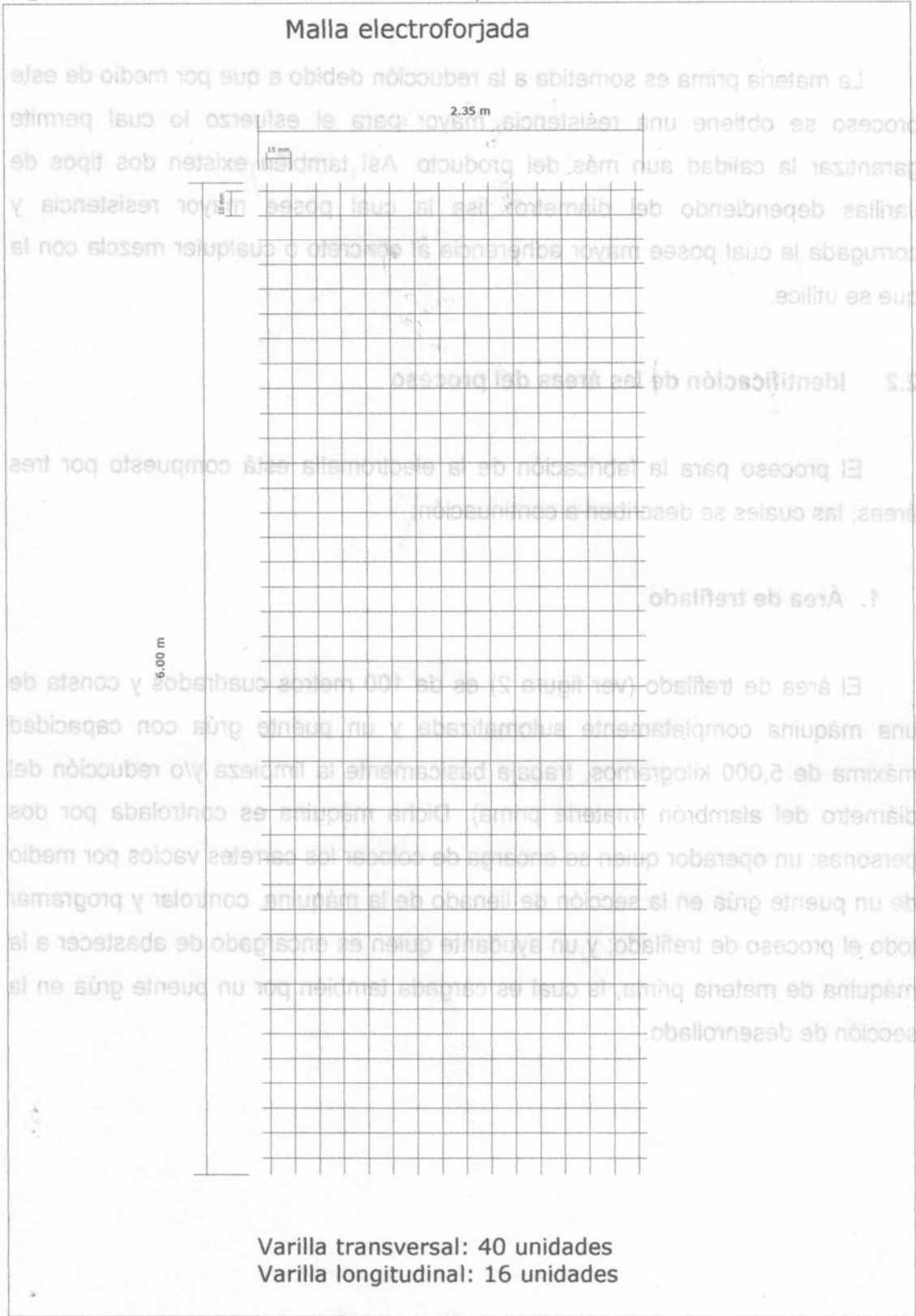
Tabla I: Características de la electromalla

MALLAS ELECTROSOLDADAS, CUADRO 150 mm x 150 mm x 6 mm

Código de la Malla	Tipo	Diámetro del alambre longitudinal mm	Diámetro del alambre transversal mm	Peso del alambre Kg/m	Peso teórico de la malla Kg	Peso de la malla Kg/m	Mallas aprox. en una ton. métrica	Alambrón Utilizado mm
10/10	Lisa	3.43	3.43	0.0725	13.78	0.9773	72	5.50
09/09	Corrugada	3.80	3.80	0.0876	16.64	1.1800	60	5.50
08/08	Lisa	4.12	4.12	0.1046	19.88	1.4100	50	5.50
07/07	Corrugada	4.50	4.50	0.1248	23.71	1.6800	42	5.50
06/06	Lisa	4.88	4.88	0.1468	27.90	1.9790	35	6.50
4 1/2 / 4 1/2	Corrugada	5.50	5.50	0.1858	35.30	2.5040	28	6.50
04/04	Lisa	5.72	5.72	0.2017	38.32	2.7180	26	8.00
03/03	Corrugada	6.20	6.20	0.2369	45.00	3.1920	22	8.00
02/02	Lisa	6.67	6.67	0.2743	52.12	3.6970	19	8.00

Fuente: Laboratorio de pruebas de Mayacero, S.A.

Figura 1: Electromalla comercial



La materia prima es sometida a la reducción debido a que por medio de este proceso se obtiene una resistencia mayor para el esfuerzo lo cual permite garantizar la calidad aun más del producto. Así, también, existen dos tipos de varillas dependiendo del diámetro: lisa, la cual posee mayor resistencia y corrugada, la cual posee mayor adherencia al concreto o cualquier mezcla con la que se utilice.

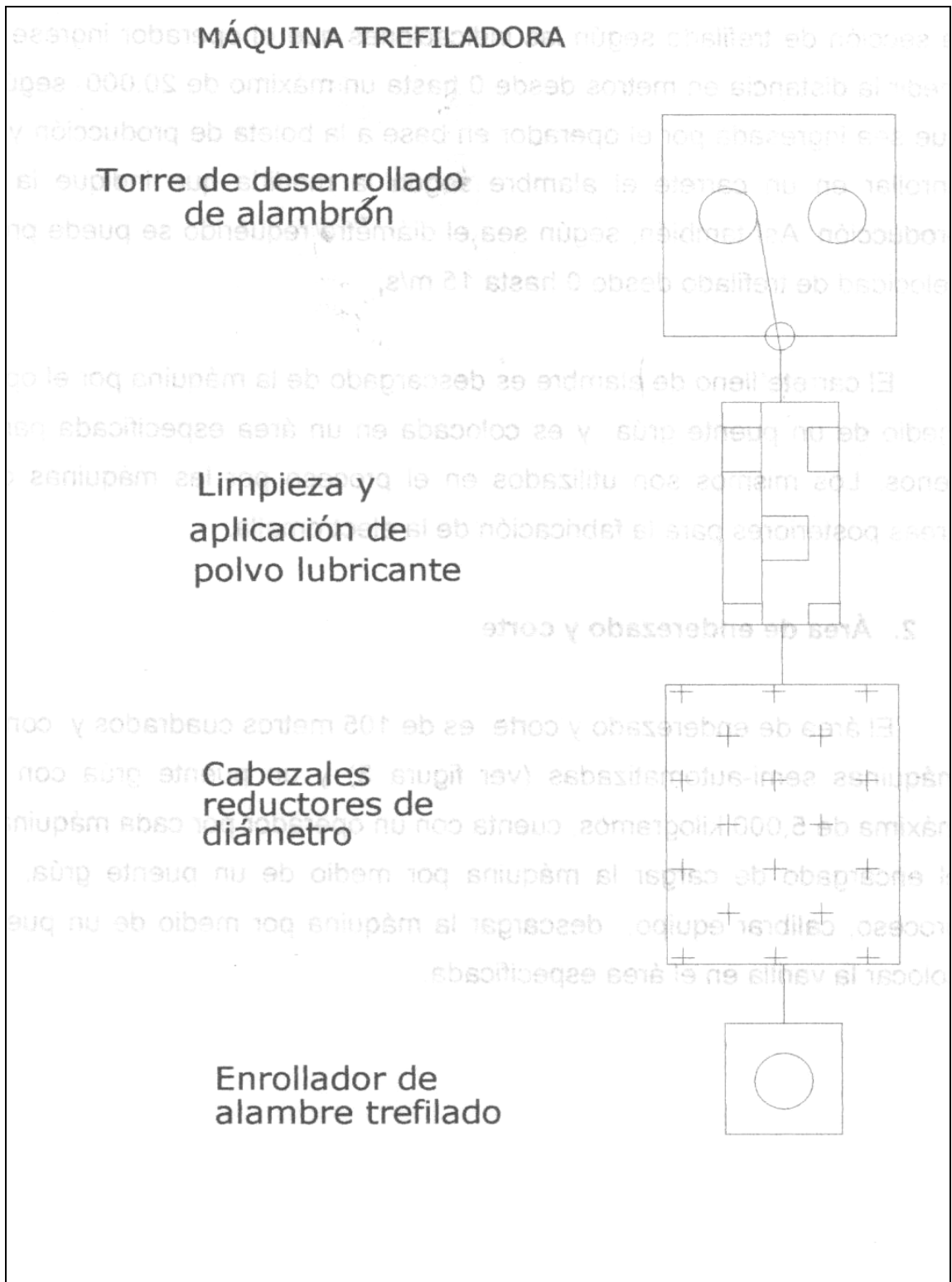
2.2 Identificación de las áreas del proceso

El proceso para la fabricación de la electromalla está compuesto por tres áreas, las cuales se describen a continuación.

1. Área de trefilado

El área de trefilado (ver figura 2) es de 100 metros cuadrados y consta de una máquina completamente automatizada y un puente grúa con capacidad máxima de 5,000 kilogramos, trabaja básicamente la limpieza y/o reducción del diámetro del alambión (materia prima). Dicha máquina es controlada por dos personas: un operador quien se encarga de colocar los carretes vacíos por medio de un puente grúa en la sección de llenado de la máquina, controlar y programar todo el proceso de trefilado; y, un ayudante quien es encargado de abastecer a la máquina de materia prima, la cual es cargada también por un puente grúa en la sección de desenrollado.

Figura 2: Área de trefilado



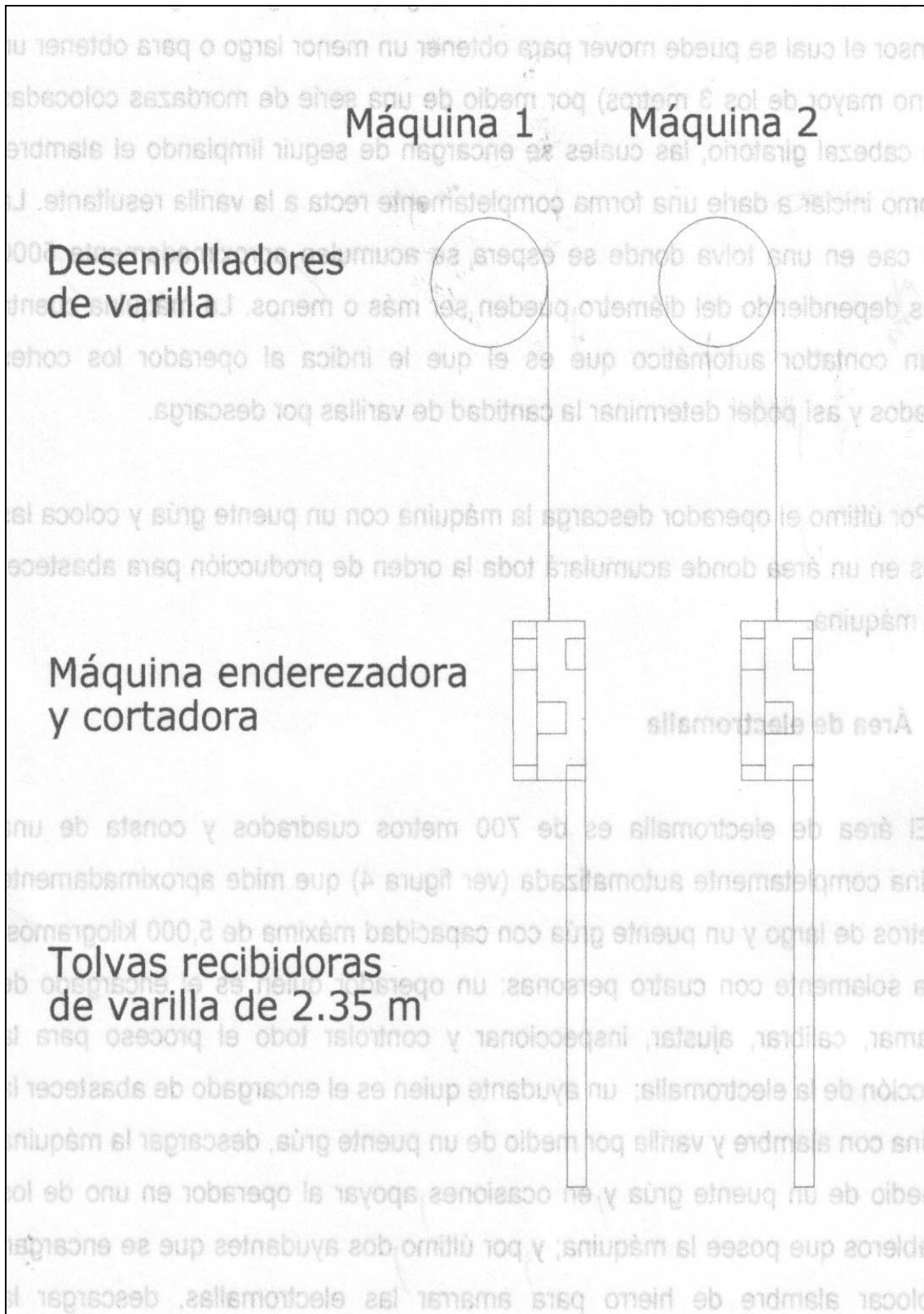
La máquina está programada para reducir el diámetro a cualquier medida en la sección de trefilado según las indicaciones que el operador ingrese al tablero, medir la distancia en metros desde 0 hasta un máximo de 20,000 según la orden que sea ingresada por el operador en base a la boleta de producción y por último enrollar en un carrete el alambre según la medida que indique la boleta de producción. Así también, según sea el diámetro requerido se puede programar la velocidad de trefilado desde 0 hasta 15 m/s.

El carrete lleno de alambre es descargado de la máquina por el operador por medio de un puente grúa y es colocada en un área especificada para carretes llenos. Los mismos son utilizados en el proceso por las máquinas de las dos áreas posteriores para la fabricación de la electromalla.

2. Área de enderezado y corte

El área de enderezado y corte es de 105 metros cuadrados y consta de dos máquinas semi-automatizadas (ver figura 3) y un puente grúa con capacidad máxima de 5,000 kilogramos, cuenta con un operador por cada máquina, quien es el encargado de cargar la máquina por medio de un puente grúa, verificar el proceso, calibrar equipo, descargar la máquina por medio de un puente grúa y colocar la varilla en el área especificada.

Figura 3: Área de enderezado y corte



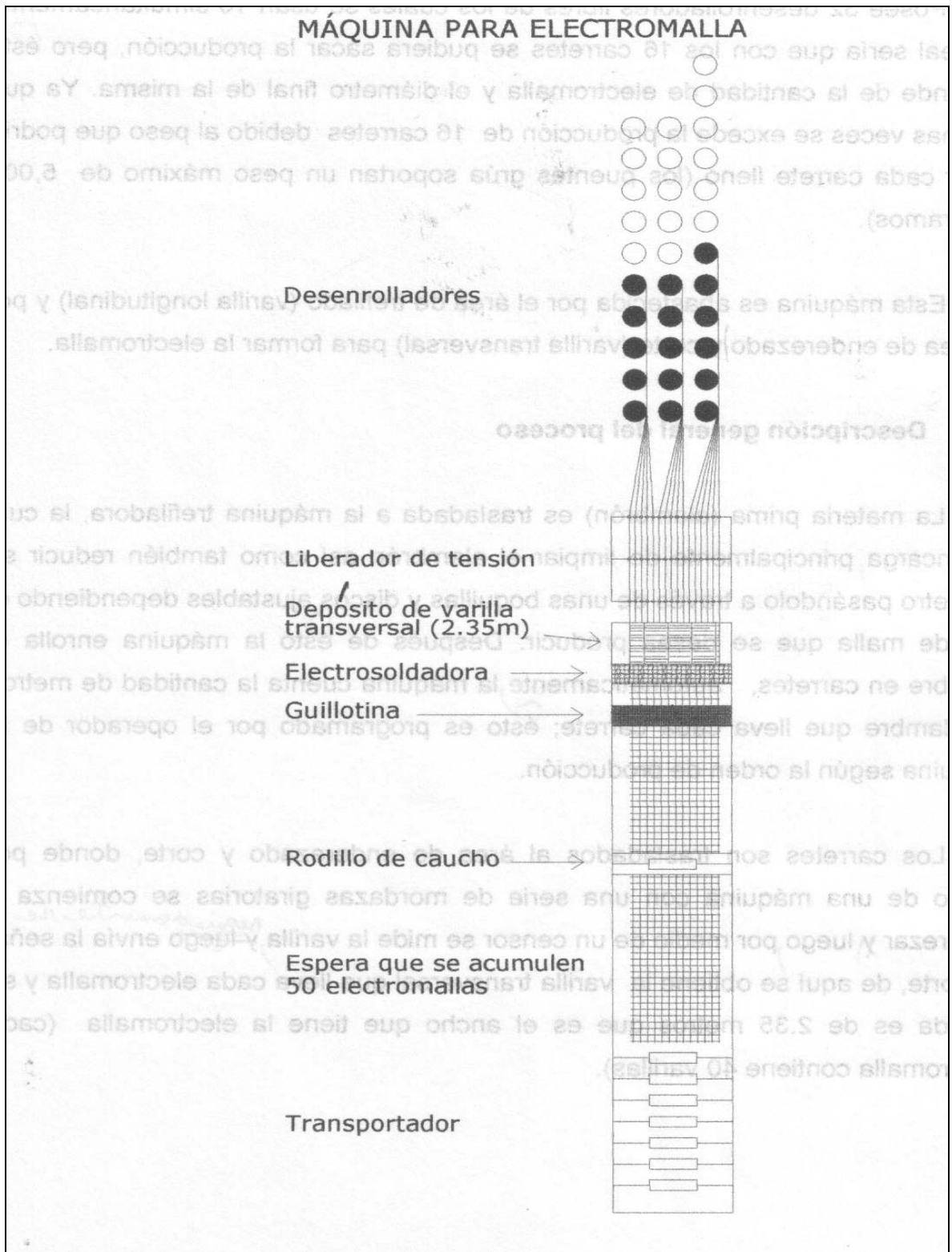
Las máquinas son las encargadas de convertir el alambre que está enrollado en los carretes en varilla de 2.35 metros de largo (este largo se logra a través de un sensor el cual se puede mover para obtener un menor largo o para obtener un largo no mayor de los 3 metros) por medio de una serie de mordazas colocadas en un cabezal giratorio, las cuales se encargan de seguir limpiando el alambre, así como darle una forma completamente recta a la varilla resultante. La varilla cae en una tolva donde se espera se acumulen, aproximadamente, 5000 varillas dependiendo del diámetro pueden ser más o menos. La máquina cuenta con un contador automático que es el que le indica al operador los cortes realizados y así poder determinar la cantidad de varillas por descarga.

Por último el operador descarga la máquina con un puente grúa y coloca las varillas en un área donde acumulará toda la orden de producción para abastecer a otra máquina.

Área de electromalla

El área de electromalla es de 700 metros cuadrados y consta de una máquina completamente automatizada (ver figura 4) que mide aproximadamente, 70 metros de largo y un puente grúa con capacidad máxima de 5,000 kilogramos, cuenta solamente con cuatro personas: un operador quien es el encargado de programar, calibrar, ajustar, inspeccionar y controlar todo el proceso para la producción de la electromalla; un ayudante quien es el encargado de abastecer la máquina con alambre y varilla por medio de un puente grúa, descargar la máquina por medio de un puente grúa y, en ocasiones, apoyar al operador en uno de los tres tableros que posee la máquina; y, por último, dos ayudantes que se encargan de colocar alambre de hierro para amarrar las electromallas, descargar la electromalla de la máquina por medio de un puente grúa y trasladarla al área de producto terminado.

Figura 4: Área de electromalla



Posee 32 desenrolladores libres de los cuales se usan 16 simultáneamente, lo ideal sería que con los 16 carretes se pudiera sacar la producción, pero esto depende de la cantidad de electromalla y el diámetro final de la misma. Ya que muchas veces se excede la producción de 16 carretes debido al peso que podría tener cada carrete lleno (los puentes grúa soportan un peso máximo de 5,000 kilogramos).

Esta máquina es abastecida por el área de trefilado (varilla longitudinal) y por el área de enderezado y corte (varilla transversal) para formar la electromalla.

2.3 Descripción general del proceso

La materia prima (alambrón) es trasladada a la máquina trefiladora, la cual se encarga, principalmente, de limpiar el alambraón así como también reducir su diámetro pasándolo a través de unas boquillas y discos ajustables dependiendo el tipo de malla que se desea producir. Después de esto la máquina enrolla el alambre en carretes, automáticamente la máquina cuenta la cantidad de metros de alambre que lleva cada carrete; esto es programado por el operador de la máquina según la orden de producción.

Los carretes son trasladados al área de enderezado y corte, donde por medio de una máquina con una serie de mordazas giratorias se comienza a enderezar y luego por medio de un censor se mide la varilla seguidamente se envía la señal de corte, de aquí se obtiene la varilla transversal que lleva cada electromalla y su medida es de 2.35 metros que es el ancho que tiene la electromalla (cada electromalla contiene 40 varillas).

Al mismo tiempo que se trasladan carretes al área de enderezado y corte, también se trasladan carretes (16 carretes) al área de electromalla los cuales se utilizan para sacar las varillas longitudinales que lleva la electromalla, los cuales se enhebran en unas boquillas y, luego, pasan a través de un liberador de tensión donde cada punta del alambre es colocada en una serie de rodillos ajustables dependiendo el diámetro del alambre, para prensar las puntas, donde luego, automáticamente, la máquina comenzará a halarla.

Después de que el alambre es transformado a varilla en el área de enderezado y corte, la varilla es trasladada para el área de electromalla donde se coloca en un depósito de la máquina de este material. La máquina es programada por el operador para definir las dimensiones de la electromalla (largo y ancho del cuadro, así como el largo de la electromalla ya que el ancho está dado por la varilla transversal colocada en el depósito).

Por último, se inicia la fabricación de la electromalla por dicha máquina, la cual une el alambre de los carretes con las varillas por medio de una soldadora de puntas la cual utiliza el proceso de fundición en lugar del proceso de aleación. La malla es cortada después de que el censor lee 6 metros que es el largo de la electromalla y envía una señal de corte y luego, cae en unos rodillos con cadenas donde se acumulan 50 mallas y se activan los motores para trasladar la electromalla al área de descarga y, por último, almacenarla.

2.4 Descripción y división de los elementos que intervienen en el proceso

Cuando se habla de la división de la operación en elementos se refiere a identificar cada uno de los elementos que intervienen en el proceso de producción de la electromalla. Para realizarlo es necesario tomar en cuenta las siguientes tres reglas:

1. los elementos deben ser de fácil identificación,
2. deben ser lo más breve posible,
3. separar elementos de máquina y manuales.

Tomando en cuenta las reglas anteriores, a continuación se realiza la descripción y división de los elementos que intervienen en el proceso del área de trefilado.

Preparar la máquina

Consiste en ajustar o cambiar los cabezales de la máquina, según sea el diámetro requerido para la producción de la varilla esto ocurre una vez durante todo el proceso de la orden de producción. También se programa la máquina con la velocidad para trefilar, cantidad de metros por carrete, variación del diámetro permitida y verificar los sensores utilizados para la detección de nudos.

Carga de alambrón

Al inicio esta operación sucede al mismo tiempo que la preparación de la máquina. Y, consiste en abastecer la máquina con dos rollos de alambrón, necesarios para el funcionamiento continuo. Cabe mencionar que la carga de alambrón no obliga a que la máquina pare su operación ya que si se termina un rollo existe otro colocado mientras se abastece el vacío. La unión de las puntas de los rollos de alambrón se hace por medio de una soldadora de puntas, proceso que es realizado por el ayudante.

Colocar carrete vacío

Consiste en colocar un carrete vacío tomado del área asignada para su colocación con la ayuda de un puente grúa y unas cadenas en la sección de enrollado de la máquina trefiladora, el cual posee dos agujeros en uno de los extremos y un agujero que atraviesa completamente el carrete, los cuales deben coincidir en dos pines que posee la sección y, luego, se ajusta por medio de un seguro roscado al otro extremo del carrete. Este elemento termina cuando el operador de la máquina asegura el alambón ya trefilado al carrete.

Operación de la máquina

Consiste en activar la máquina para que inicie el proceso de enrollado y trefilado del alambón, la cual se detiene automáticamente cuando el lector de distancia cumple con los parámetros establecidos por el operador.

Descargar carrete lleno

Inicia desde el momento en que la máquina activa una alarma para indicar que el carrete está lleno y, luego, el operador abre la puerta de seguridad de la sección de enrollado, quita los seguros del carrete y por medio de un puente grúa y cadenas saca el carrete lleno y lo coloca en el área marcada para carretes llenos, el elemento termina cuando el operador desengancha las cadenas del carrete.

Para continuar con el orden del proceso de la fabricación de la electromalla, ahora se describen los elementos que intervienen en el área de enderezado y corte.

Preparar la máquina

Consiste en ajustar y calibrar las mordazas del cabezal giratorio al diámetro, según sean las especificaciones de la electromalla, verificar que la distancia del sensor para la señal de corte esté según las características de la varilla necesaria. Este elemento ocurre solamente una vez durante todo el proceso de la orden de producción y es al inicio del mismo.

Cargar carrete lleno

Inicia desde el momento en que el operador toma el puente grúa para levantar un carrete lleno por medio de unas cadenas y colocarlo en un desenrollador de giro libre. Luego, toma la punta del alambre del carrete y lo lleva a la máquina, aproximadamente, es una distancia de 4 metros, la punta de alambre se pasa a través de dos rodillos y, luego, es enhebrada en las mordazas del cabezal giratorio hasta que inicia a salir la varilla completamente recta.

Descargar carrete vacío

Inicia desde el momento en que el operador para la máquina y detiene el desenrollador debido a que se terminó el alambre en el carrete. Luego, toma el puente grúa para quitar el carrete vacío del desenrollador por medio de unas cadenas y, finalmente, lo traslada hacia el área marcada para colocar los carretes vacíos. Este elemento termina cuando el operador suelta las cadenas del carrete vacío y se dirige a tomar otro carrete lleno. Es importante mencionar que tanto este elemento como el anterior se repiten durante todo el proceso de la orden de producción.

Operación de la máquina

El operador presiona el botón que activa el funcionamiento automático de la máquina que inicia a halar el alambre del desenrollador para, luego, enderezar y cortar la varilla. Durante el funcionamiento de la máquina el operador debe estar pendiente que la velocidad del desenrollador no sea mayor que la velocidad de la máquina para lo cual tiene un botón independiente que sirve para frenar o disminuir la velocidad del desenrollador. Este elemento termina cuando la tolva que recibe la varilla está llena (aproximadamente 5000 varillas).

Descargar varilla de la máquina

Inicia desde el momento en que el operador para la máquina y detiene el desenrollador. Consiste en colocar unos cables alrededor de toda la varilla depositada en la tolva y, luego, engancharlos al puente grúa, se levanta toda la varilla para ser amarrada por medio de una cinta metálica durante el tiempo que cuelga del puente grúa, después de colocada la cinta se traslada la varilla hacia un área especificada donde más adelante será llevada para el proceso final de la electromalla. Este elemento termina cuando el operador coloca la varilla en su lugar, coloca el puente grúa en su posición y presiona nuevamente el botón de encendido de la máquina.

Por último, se llega al proceso de fabricación de la electromalla y los elementos que intervienen se mencionan a continuación.

Cargar la máquina con carretes llenos para varilla longitudinal

El ayudante comienza a trasladar los carretes llenos por medio del puente grúa a la sección de los desenrolladores de la máquina, los coloca y los asegura. Termina el elemento hasta que haya colocado los 16 ó más carretes llenos. Es importante mencionar que debido a la cantidad de desenrolladores no se toma en cuenta el tiempo que tarda el ayudante en descargar los carretes vacíos debido a que no interrumpe el proceso de la máquina.

Cargar la máquina con varilla transversal

Terminada la carga de carretes, el ayudante comienza ahora a trasladar un atado de varilla transversal a un depósito situado a una altura de 3.5 metros arriba de la máquina, por medio del puente grúa, cuando éste se termine coloca otro y así sucesivamente hasta terminar todos los atados de la orden de producción. Cabe mencionar que este elemento solamente interfiere cuando se prepara la máquina y durante el resto de tiempo no interfiere con el proceso de la máquina.

Preparar la máquina

Este elemento se da simultáneamente con la carga de carretes, ya que es el operador el encargado de realizar esta actividad. Inicia cuando el operador toma las puntas de alambre de los carretes llenos y pasa cada una a través de un par de rodillos (los cuales poseen motores que giran los rodillos para halar el alambre de los carretes) pasa las puntas a través de un liberador de tensión, las puntas se pasan a través de unas boquillas que se encargan de enderezar el alambre hasta que llega a los electrodos, luego programa la máquina para ajustar distancias de cuadros, cantidad de golpes por minuto, largo de la malla para el corte; y, por último, verifica que todo esté correctamente instalado y activa la máquina iniciando así la producción de la electromalla.

Operación de máquina

Luego de que es cargada y preparada la máquina, el operador presiona en el tablero principal el botón que activa el funcionamiento de la producción de la electromalla. La varilla longitudinal (carretes) es halada por los rodillos que atraviesa y la varilla transversal cae por gravedad, una por una, en espacio de tiempo sincronizado sobre la varilla transversal; cuando esto sucede ambas varillas pasan entre una serie de electrodos los cuales unen las varillas por medio de un proceso llamado electro-forjado el cual consiste en soldar ambas varillas sin utilizar ninguna otra aleación, solamente el metal de las varillas.

Inicia a salir la electromalla la cual pasa por un sensor que cuenta la cantidad de golpes (para ser exactos 40 golpes) y, luego, envía una señal de corte y la electromalla es halada por medio de unos rodillos de caucho para que caiga sobre una plancha con tubos y cadenas acopladas a motores eléctricos donde se espera que se acumulen 50 electromallas y son trasladadas por medio de la plancha hacia el área de descarga.

Descarga de la electromalla

Una persona mueve el puente grúa sobre las 50 electromallas mientras la otra las amarra, luego, colocan sobre ellas una plancha cuadrada con una cadena con gancho a cada extremo, los ganchos son colocados a los alambres que amarran las electromallas y luego se trasladan hacia el área de descarga y así dejar siempre libre la sección de los tubos con cadenas.

2.5 Identificación de problemas

Anteriormente se describieron todos los elementos que intervienen a lo largo del proceso de fabricación de la electromalla, pero como todos saben siempre existen problemas ya sea que estén al alcance o fuera del alcance de la capacidad instalada de la planta de producción. Y eso es lo interesante de trabajar en el área de producción ya que se deben identificar los problemas y buscar una solución eficaz a dicho problema. A continuación se describen los problemas encontrados a través del análisis realizado a la planta.

Retrasos ocasionados por los puentes grúa

Debido a que la planta solamente cuenta con tres puentes grúa y como se mencionó en la sección 2.2 cada estación de trabajo cuenta con uno, pero al describir los elementos en la sección 2.4 se puede determinar que la cantidad de puentes, mínimo, debería ser de cuatro, debido a que el área de electromalla necesita dos puentes, uno para cargar la máquina con carretes y otro para descargar el producto final. Lo que ha ocasionado que exista un descontrol en el manejo de los puentes debido a que los puentes grúa no están asignados directamente a una de las áreas de producción.

No existen controles de producción

Esto provoca que los operadores trabajen a una velocidad de producción menor que la que indican los manuales de las máquinas, así también, no se tiene un dato de la producción diaria de la planta debido a que no se le da ningún seguimiento a las órdenes de producción.

No existen planes de mantenimiento

Esto provoca que el riesgo de falla en una máquina dentro de planta sea muy alto y que los costos por reparación sean mayores. Así también, retrasa los procesos de producción debido a que muchas veces se rompe el alambrón en la máquina trefiladora, los puentes no estén funcionando lo que empeora aun más las cosas en la producción, el censor de corte de las máquinas enderezadoras está sucio y no lee bien la distancia, la electromalla no lleva algunas varillas soldadas, los puentes grúa estén sin operar debido a contactares o fusibles dañados.

Las condiciones de trabajo son malas

La planta no cuenta con una buena iluminación ni ventilación, debido al proceso de trefilado (consiste en limpiar el alambrón) todo el polvo es enviado al ambiente debido a que no existe un aislamiento del área y todo esto provoca que la planta esté siempre sucia ya que tampoco existe un buen plan de mantenimiento de las instalaciones. El personal operativo de la planta pasa todo el día de pie, lo cual crea una fatiga excesiva en los mismos.

No se cuenta con el equipo de protección adecuado

Debido al desconocimiento de la alta gerencia de las causas de los accidentes ocurridos en planta y el costo que implica, los operadores no cuentan con equipo de identificación ni protección personal.

No existen parámetros para medir la capacidad de la planta

Debido a que la planta no cuenta con: manuales de los procesos de producción, tiempo de producción por unidad, capacidad de producción real y costos de la mano de obra directa por unidad producida.

2.6 Capacidad de producción actual

Debido a que la planta de producción no cuenta con ningún tipo de control para la producción de la electromalla, fue necesario determinar la capacidad de producción de la planta a través de observaciones durante 35 días lo cual permitió determinar que la cantidad de electromallas que se producen por día es de 327. Es importante mencionar que la capacidad de la máquina, según los manuales, es de 3.5 electromallas por minuto.

2.7 Conclusiones con base en el análisis de los procedimientos

1. Los procesos de producción son interrumpidos con mucha frecuencia, muchas veces por negligencia del operador, otras veces por una mala distribución de la estación de trabajo y, en ocasiones, por fallas mecánicas; lo cual ocasiona mucho tiempo improductivo que afecta así la eficiencia de la planta de producción.
2. Los puentes grúa son fundamentales en todo el proceso de producción de la electromalla y muchas veces se pierde tiempo en las estaciones de trabajo debido a que deben esperar el puente grúa porque está siendo usado en otra estación de trabajo. Esto se debe a que no existe una adecuada distribución del equipo necesario en las estaciones de trabajo.

3. El polvo excesivo en la planta provoca que la eficiencia en los operadores sea baja debido a que no existe un plan de limpieza adecuado para mantener las instalaciones siempre limpias.
4. No existen controles de producción diaria lo cual ocasiona un descontrol en las órdenes de producción debido a que realmente no se sabe cuál es el avance de cada una.
5. No existe un lugar específico para la materia prima ni para el producto terminado, debido a esto se puede observar en la planta mucho desorden, ya que el producto terminado se coloca en cualquier espacio libre que se encuentre en la misma.

3. FORMULACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS Y PARÁMETROS

3.1 Estudio de tiempos

3.1.1 División de la operación en elementos

Es importante mencionar que los elementos extraños (todo retraso que ocurre y que no puede adjudicarse al método de trabajo) no se colocaron en las tablas debido a que no forman parte del proceso, pero, sí se toman en cuenta en el estudio de tiempos para realizar los cálculos.

Área de trefilado

La tabla II muestra los elementos cómo quedarán para el estudio de tiempos.

Tabla II: Elementos del área de trefilado

Orden	Descripción	Realizado por	Tipo de elemento
1	Preparar la máquina	Operador	Irregular
2	Cargar la máquina con alambón	Ayudante	Regular o repetitivo
3	Colocar carrete vacío	Operador	Regular o repetitivo
4	Operación de la máquina	Operador	Regular o repetitivo
5	Descargar carrete lleno	Operador	Regular o repetitivo

Área de enderezado y corte

La tabla III muestra los elementos que se utilizarán para el estudio de tiempos.

Tabla III: Elementos del área de enderezado y corte

Orden	Descripción	Realizado por	Tipo de elemento
1	Preparar la máquina	Operador	Irregular
2	Cargar carrete lleno al desenr.	Operador	Regular o repetitivo
3	Descargar carrete vacío de desenr.	Operador	Regular o repetitivo
4	Operación de la máquina	Operador	Regular o repetitivo
5	Descarga de varilla de la máquina	Operador	Regular o repetitivo

Área de electromalla

La tabla IV muestra los elementos que se utilizarán para el estudio de tiempos.

Tabla IV: Elementos del área de electromalla

Orden	Descripción	Realizado por	Tipo de elemento
1	Preparar la máquina	Operador	Irregular
2	Cargar la máquina con carretes para varilla longitudinal	Ayudante	Regular o repetitivo
3	Cargar la máquina con varilla transversal	Ayudante	Regular o repetitivo
4	Operación de la máquina	Operador	Regular o repetitivo
5	Descarga de carretes vacíos	Ayudante	Regular o repetitivo
6	Descargar la electromalla	Ayudantes	Regular o repetitivo

3.1.2 Estudio de tiempos con cronómetro

3.1.2.1 Observaciones

Para determinar el número de observaciones necesarias se utilizó el Método del Ábaco de Lifson (ver anexo 1). El cual es un método que utiliza una gráfica del Método estadístico para un número fijo de mediciones de $n=10$ lecturas.

La desviación típica se sustituye por un factor β , el cual se calcula de la siguiente forma:

$$\beta = \frac{S - I}{S + I}$$

Donde: S = Tiempo superior
 I = Tiempo inferior

Al realizar este análisis utilizando un error admisible del 5% y riesgo del 2%, se localizan los valores en la gráfica del anexo 1 y se obtiene que el mínimo de observaciones deba ser de 23 muestras por elemento.

3.1.2.2 Tabular los datos

Para obtener la información referente a la normalización del estudio de tiempos con cronómetro se utilizó el Método vuelta a cero el cual proporciona directamente el tiempo de duración de cada elemento y es flexible ya que cada lectura comienza de cero, aunque posee sus desventajas pues el estudio se hace más lento debido a que solamente se observa un elemento a la vez durante el ciclo.

La tabla V muestra los datos obtenidos por medio de las observaciones realizadas a cada uno de los elementos que intervienen en el proceso de trefilado.

Es importante mencionar que el elemento para la operación de la máquina no aparece en las tablas donde se muestran los tiempos tomados a cada uno de los elementos debido a que éstas no sufren fatiga y el tiempo de operación es constante.

1. Área de trefilado

Tabla V: Toma de tiempos para el área de trefilado

Elemento	1	2	3	4
No. de muestra	Cargar la máquina con alambón (min)	Preparar la máquina (min)	Cargar la máquina carrete vacío (min)	Descargar la máquina carrete lleno (min)
1	16.25	117.21	1.27	2.03
2	15.06	98.65	2.12	3.17
3	18.35	95.40	2.07	2.55
4	20.93	102.50	1.67	1.57
5	15.16	105.70	2.07	3.72
6	17.14	97.12	1.50	3.67
7	19.64	91.75	2.02	3.07
8	18.39	115.22	1.85	1.65
9	19.02	109.60	2.40	2.50
10	18.70	99.40	1.73	3.90
11	18.05	101.95	1.70	1.80
12	16.71	108.57	1.60	1.97
13	17.38	103.55	1.95	3.02
14	14.95	97.85	2.47	2.12
15	19.37	102.30	1.20	2.70
16	16.75	104.25	2.68	1.40
17	18.06	106.10	1.63	1.13
18	17.41	100.93	1.40	1.42
19	15.60	103.60	1.92	1.10
20	16.50	99.28	1.58	1.75
21	19.07	105.98	1.70	1.08
22	14.95	111.50	1.72	1.75
23	16.02	109.67	1.50	0.85

A continuación la tabla VI muestra las velocidades programadas a la máquina trefiladora de acuerdo con el diámetro final que se quiere obtener del alambón.

Tabla VI: Velocidades para el trefilado

Velocidad	12 m/s			10 m/s			8 m/s		
Diámetro mm	3.43	3.8	4.12	4.5	4.88	5.5	5.72	6.2	6.67

Fuente: Laboratorio de pruebas mayacero, s.a.

2. Área de enderezado y corte

La velocidad de la máquina no cambia de acuerdo con diámetro, su velocidad es siempre constante y es de 124.55 metros por minuto. La tabla VII muestra los datos obtenidos por medio de las observaciones realizadas a cada uno de los elementos involucrados en el proceso.

Tabla VII: Toma de tiempos para el área de enderezado

Elemento	1	2	3	4
No. de muestra	Preparar la máquina (min)	Cargar carrete lleno (min)	Descargar carrete vacío (min)	Descargar varilla de la máquina (min)
1	46.27	3.34	2.93	5.83
2	41.55	2.99	2.46	5.58
3	50.80	3.17	2.42	5.67
4	48.75	3.16	2.21	5.13
5	40.37	3.08	2.18	5.17
6	46.89	3.15	2.09	5.92
7	48.22	3.3	2.15	5.67
8	43.10	3.46	2.30	5.25
9	47.65	3.92	2.15	5.27
10	45.25	3.16	2.15	5.60
11	45.93	3.33	2.10	5.17
12	42.45	3.07	2.69	5.42
13	49.05	3.13	2.92	5.70
14	39.88	3.15	2.10	5.18
15	44.97	3.02	2.45	5.03
16	44.18	3.55	2.60	5.15
17	46.76	3.34	2.30	5.63
18	42.10	3.26	2.75	5.79
19	47.50	3.57	2.10	5.97
20	48.64	3.67	2.25	5.30
21	45.55	3.1	2.13	5.52
22	41.90	3.6	2.22	5.02
23	46.15	3.5	2.50	5.40

3. Área de electromalla

Tabla VIII: Toma de tiempos para el área de electromalla

Elemento	1	2	3	4
No. de muestra	Cargar maQ con carretes llenos/varilla longitudinal (min)	Cargar la máquina con varilla transversal (min)	Preparar la máquina (min)	Descarga de electromalla (min)
1	2.65	1.98	125.50	2.93
2	2.83	1.52	129.42	2.46
3	2.50	1.89	119.55	2.42
4	2.52	1.59	120.07	2.21
5	2.82	1.73	122.75	2.18
6	2.67	1.73	115.15	2.09
7	2.97	1.38	130.67	2.15
8	2.53	1.83	128.66	2.30
9	2.83	1.47	116.17	2.15
10	2.75	1.98	126.70	2.15
11	2.92	1.76	131.66	2.10
12	2.92	1.90	118.17	2.69
13	2.50	1.73	120.73	2.92
14	2.69	1.85	130.34	2.10
15	2.65	1.67	123.55	2.45
16	2.90	1.75	117.25	2.60
17	2.83	1.61	121.33	2.30
18	2.77	1.56	124.85	2.75
19	2.96	1.95	119.96	2.10
20	2.91	1.65	129.05	2.25
21	2.82	1.83	124.01	2.13
22	2.62	1.68	116.75	2.22
23	2.65	1.67	127.10	2.50

A continuación la tabla 9 muestra las velocidades programadas a la máquina de electro forjado de acuerdo con diámetro final.

Tabla IX: Velocidades para producción de electromalla

Velocidad	21.75 m/min			22.5 m/min			23.25 m/min		
Diámetro mm	3.43	3.8	4.12	4.5	4.88	5.5	5.72	6.2	6.67

Fuente: Laboratorio de pruebas mayacero, s.a.

A lo largo de todo proceso de producción se espera tener la menor cantidad posible de problemas (elementos extraños) que no permiten que el proceso sea continuo, lo cual afecta grandemente la eficiencia de una planta cuando son muy constantes en cada ciclo de producción. Las tablas X y XI muestran estos elementos extraños que sucedieron a lo largo de todo el estudio de tiempos realizados a la planta de producción.

Tabla X: Elementos extraños del estudio (1ª parte)

Tiempo de paro (min)	Causa	Área	Elemento	Relación a muestra
0.52	Esperar puente grúa	Trefilado	Cargar carrete vacío	4
3.35	Esperar puente grúa	Trefilado	Descargar carrete lleno	4
0.93	Esperar puente grúa	Trefilado	Descargar carrete lleno	7
2.98	Esperar puente grúa	Trefilado	Descargar carrete lleno	11
0.85	Esperar puente grúa	Trefilado	Descargar carrete lleno	15
3.90	Esperar puente grúa	Trefilado	Descargar carrete lleno	16
0.73	Esperar puente grúa	Trefilado	Descargar carrete lleno	21
7.70	Esperar puente grúa	Trefilado	Descargar carrete lleno	22
1.32	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
1.02	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
0.43	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
0.60	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
0.40	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
0.95	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
1.00	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
0.72	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
1.32	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
0.67	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
1.03	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
2.83	Desviación de alambre	Trefilado	Operación de máquina	
7.33	Revienta el alambre	Trefilado	Operación de máquina	
8.50	Revienta el alambre	Trefilado	Operación de máquina	
7.23	Revienta el alambre	Trefilado	Operación de máquina	
0.58	Esperar puente grúa	Enderezado	Cargar carrete lleno	3
1.40	Esperar puente grúa	Enderezado	Descargar varilla	8
2.13	Esperar puente grúa	Enderezado	Descargar carrete vacío	14
7.97	Varilla trabada	Enderezado	Operación de máquina	
0.92	Alta velocidad carrete	Enderezado	Operación de máquina	
3.92	Varilla trabada	Enderezado	Operación de máquina	
2.97	Varilla trabada	Enderezado	Operación de máquina	
4.25	Esperar puente grúa	Enderezado	Descargar carrete vacío	19
1.60	Esperar puente grúa	Enderezado	Descargar carrete vacío	22

Tabla XI: Elementos extraños del estudio (2ª parte)

Tiempo de paro (min)	Causa	Área	Elemento	Relación a muestra
1.97	Esperar puente grúa	Electromalla	Descargar electromalla	5
1.30	Esperar puente grúa	Electromalla	Descargar electromalla	6
0.62	Esperar puente grúa	Electromalla	Descargar electromalla	10
0.33	Esperar puente grúa	Electromalla	Cargar varilla transversal	16
0.28	Esperar puente grúa	Electromalla	Cargar varilla transversal	18
0.15	Esperar puente grúa	Electromalla	Cargar varilla transversal	20
0.13	Esperar puente grúa	Electromalla	Cargar varilla transversal	21
0.97	Esperar puente grúa	Electromalla	Cargar varilla transversal	23
1.20	Traba varilla transversal	Electromalla	Operación de máquina	1
1.25	Traba varilla transversal	Electromalla	Operación de máquina	4
0.93	Traba varilla transversal	Electromalla	Operación de máquina	9
2.58	Traba varilla transversal	Electromalla	Operación de máquina	11
0.80	Traba varilla transversal	Electromalla	Operación de máquina	12
1.85	Traba varilla transversal	Electromalla	Operación de máquina	15
6.57	Traba varilla transversal	Electromalla	Operación de máquina	19

3.1.2.3 Resultados

La tabla XII muestra el tiempo medio de la operación de los elementos involucrados en cada área del proceso de producción de la electromalla, a través de una media aritmética, para ser usados posteriormente en el cálculo que permitirán determinar los parámetros del estudio de métodos.

Así, también, la tabla XIII muestra el valor de cada uno de los elementos extraños o retrasos provocados por mal funcionamiento de la máquina o, simplemente, por negligencia del operador.

Tabla XII: Tiempos medios de operación

Área	Descripción del elemento	Tiempo promedio (min)	Observaciones
Trefilado			
	Cargar máquina con alambón	17.37	No afecta el proceso
	Preparar la máquina	103.83	Ocurre al iniciar la orden de producción
	Cargar máquina con carrete vacío	1.82	Involucrado durante todo el proceso
	Operación de máquina		Depende de la cantidad de producción
	Descargar máquina con carrete lleno	2.17	Involucrado durante todo el proceso
Enderezado y corte			
	Preparar la máquina	45.39	Ocurre al iniciar la orden de producción
	Cargar carrete lleno	3.31	Involucrado durante todo el proceso
	Operación de máquina		Depende de la cantidad de producción
	Descargar carrete vacío	2.35	Involucrado durante todo el proceso
	Descargar varilla de la máquina	5.45	Involucrado durante todo el proceso
Electromalla			
	Cargar maq c/carretes llenos/varilla long	44	Ocurre 1 ó 2 veces durante la orden de prod
	Preparar la máquina	123.45	Ocurre al iniciar la orden de producción
	Cargar máquina con varilla transversal	1.73	Involucrado durante todo el proceso
	Operación de máquina		Depende de la cantidad de producción
	Descarga de electromalla	2.35	Involucrado durante todo el proceso

Tabla XIII: Tiempos medio de los elementos extraños

Área	Descripción del elemento extraño	Tiempo Promedio (min)	Observaciones
Trefilado	Esperar puente grúa	2.62	No está en su lugar o lo usan en otro proceso
	Desviación del alambre	1.02	La velocidad no coincide con la de la Tabla III-5
	Revienta el alambre	7.69	Negligencia operador por no agregar lubricante
Enderezado y Corte	Esperar puente grúa	1.99	No está en su lugar o lo usan en otro proceso
	Varilla trabada	4.95	Se sale de las guías
	Alta velocidad del carrete	0.92	Negligencia del operador
Electromalla	Esperar puente grúa	0.72	No está en su lugar o lo usan en otro proceso
	Traba varilla transversal	2.17	La varilla viene torcida del área de enderezado

3.1.3 Conclusiones con base en las formulaciones de los procedimientos

1. Por medio de la toma de tiempos se pudo observar que la cantidad de elementos improductivos dentro de los procesos de producción de electromalla son muchos y esto es debido a negligencias del operador, no existir un método de trabajo documentado y en ocasiones por las condiciones actuales de la planta.
2. No existe control de calidad a lo largo de todo el proceso de producción lo cual provoca paros en las estaciones de trabajo debido a que el material procesado es defectuoso y esto ocasiona mucho tiempo improductivo.
3. Con este análisis se inicia la creación de parámetros de producción que permiten, a grandes rasgos establecer controles de producción e iniciar un orden en los procesos en cada una de las estaciones de trabajo, luego, comparar esos resultados con la producción anterior y, así, demostrar las ventajas que conlleva realizar un estudio de métodos.
4. Con los datos obtenidos se puede iniciar la documentación de los procesos de cada área, estandarizar los tiempos, crear controles de producción, puntos específicos para la supervisión de los materiales durante todo este proceso y hacer el proceso lo más continuo posible.
5. Las velocidades de producción de cada máquina son distintas, lo cual ha provocado mucha acumulación de material en ciertas áreas y mucho tiempo muerto en otras, debido a que no hay material para seguir procesando. Esto permite explicar la producción baja de electromalla que la gerencia general dice que existe.

3.2 Diagramas de los procesos

Es la representación gráfica de los pasos que se siguen en toda la secuencia de actividades, dentro del proceso de fabricación de la electromalla, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas y cantidades requeridas.

Los diagramas de los procesos (ver figuras 5, 6 y 7) permiten al analista descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado.

Figura 5: Diagrama de operaciones del proceso (actual)

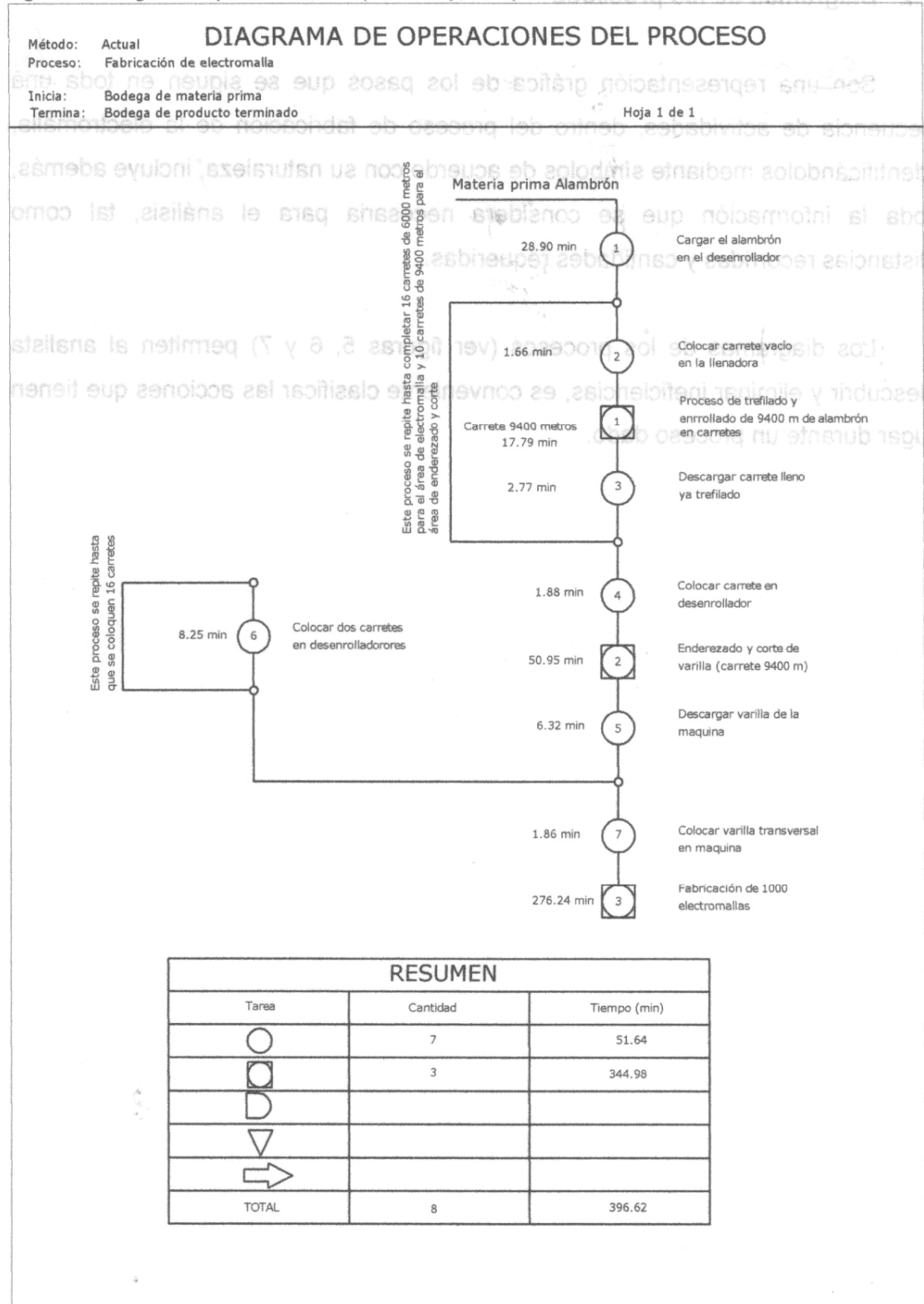


Figura 6: Diagrama de flujo del proceso (actual)

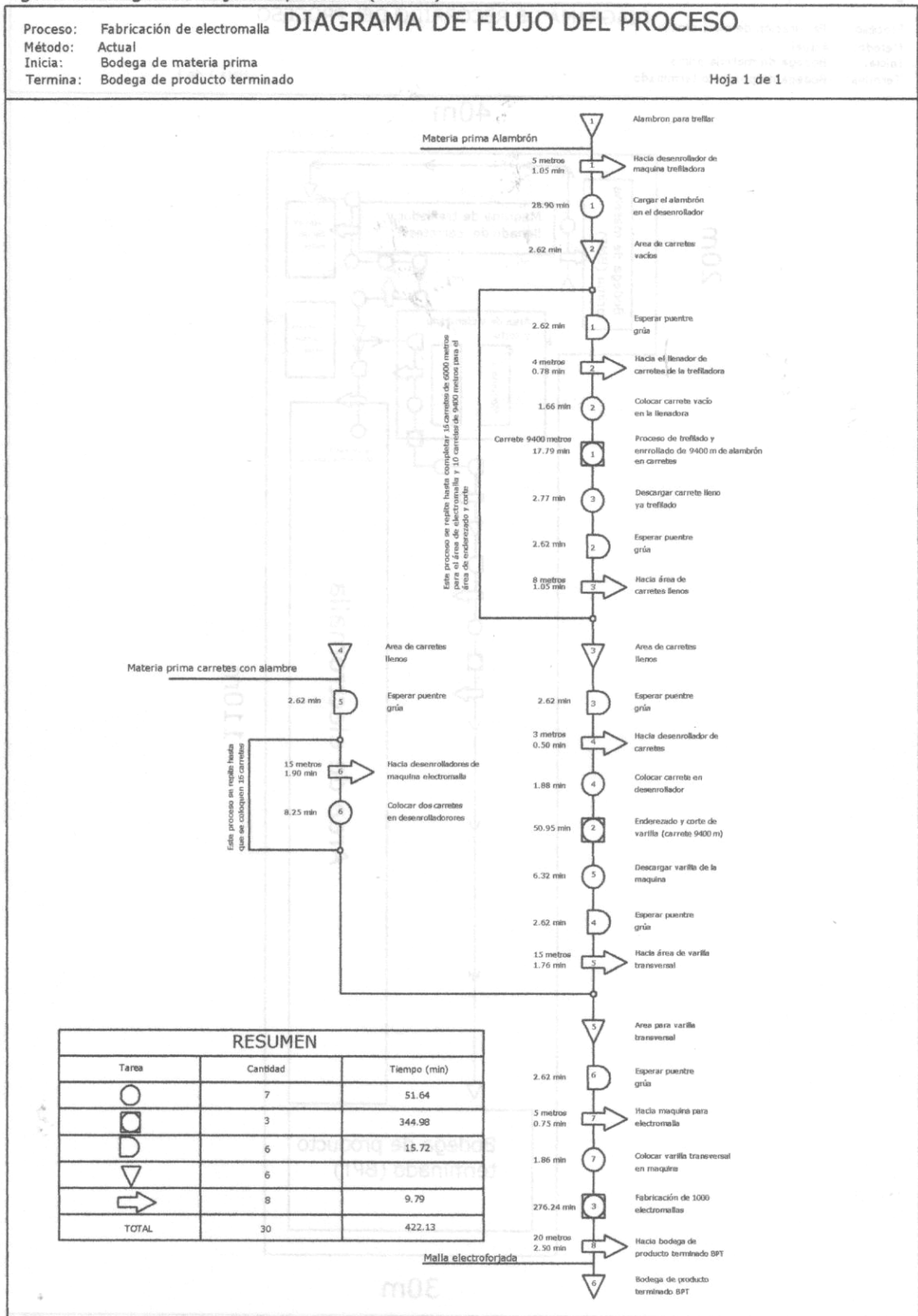
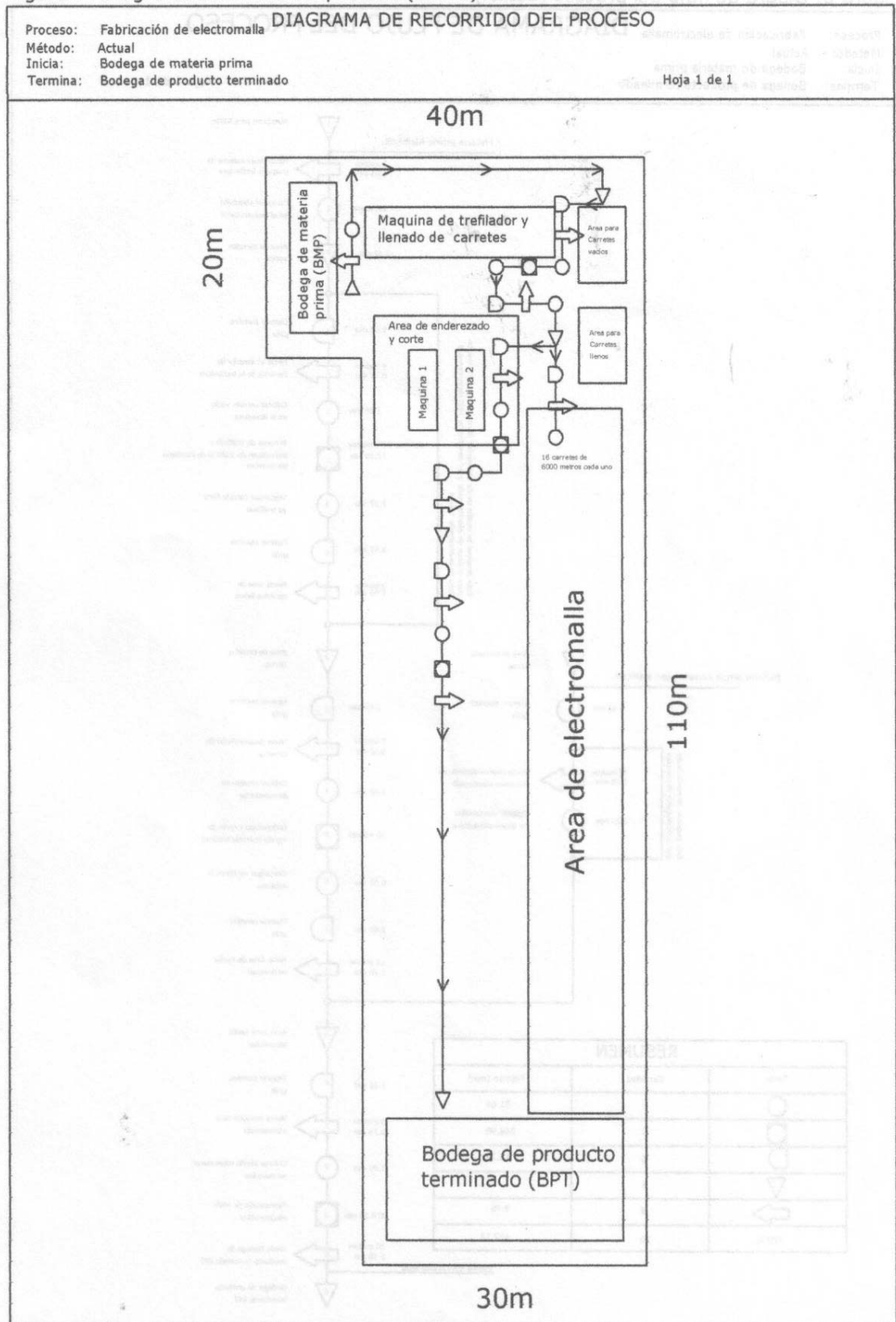


Figura 7: Diagrama de recorrido del proceso (actual)



4. MEDICIÓN DEL TRABAJO

4.1 Criterios de calificación de la eficiencia del operador

La calificación de la actuación es el paso más importante del procedimiento de medición del trabajo, ésta, es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que el operario normal ejecute una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio. Uno de los sistemas de calificación más utilizados ampliamente, es el desarrollado por la *Westinghouse Electric Company* (ver anexo 2), en donde se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario, éstos son: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.

Para calificar la actuación del operador de acuerdo con el sistema *Westinghouse* se puede apreciar el anexo 2, donde se muestra la definición de cada uno de los cuatro factores, así como también, las tablas con porcentajes relacionados con la calificación de la actuación y la fórmula para calcular el factor de la actuación.

Área de trefilado

Tabla XIV: Factor de calificación del operador (trefilado)

Factores considerados para ponderar	%	Criterio	Asignación
Condiciones de trabajo	-0.07	Deficientes	F
Consistencia	0.01	Buena	C
Destreza o habilidad	0.03	Buena	C2
Esfuerzo o empeño	0.02	Buena	C2

% TOTAL -0.01

Factor de calificación del operador (Fc) = $1 + (-0.01)$ %

Factor de calificación del operador (Fc) = **0.99 ó 99%**

Área de enderezado y corte

Máquina 1

Tabla XV: Factor de calificación del operador (enderezado y corte) 1

Factores considerados para ponderar	%	Criterio	Asignación
Condiciones de trabajo	-0.07	Deficientes	F
Consistencia	0.00	Regular	D
Destreza o habilidad	0.06	Buena	C1
Esfuerzo o empeño	0.00	Regular	D
% TOTAL		-0.01	

$$\text{Factor de calificación del operador (Fc)} = 1 + (-0.01) \quad \%$$

$$\text{Factor de calificación del operador (Fc)} = \mathbf{0.99 \quad \acute{o} \quad 99\%}$$

Máquina 2

Tabla XVI: Factor de calificación del operador (enderezado y corte) 2

Factores considerados para ponderar	%	Criterio	Asignación
Condiciones de trabajo	-0.07	Deficientes	F
Consistencia	-0.02	Aceptable	E
Destreza o habilidad	0.03	Buena	C2
Esfuerzo o empeño	0.00	Regular	D
% TOTAL		-0.06	

$$\text{Factor de calificación del operador (Fc)} = 1 + (-0.06) \quad \%$$

$$\text{Factor de calificación del operador (Fc)} = \mathbf{0.94 \quad \acute{o} \quad 94\%}$$

Área de electromalla

Tabla XVII: Factor de calificación del operador (electromalla)

Factores considerados para ponderar	%	Criterio	Asignación
Condiciones de trabajo	-0.07	Deficientes	F
Consistencia	0.01	Regular	D
Destreza o habilidad	0.11	Excelentes	B2
Esfuerzo o empeño	-0.04	Aceptable	E1
% TOTAL			0.01

$$\text{Factor de calificación del operador (Fc)} = 1 + (0.01) \quad \%$$

$$\text{Factor de calificación del operador (Fc)} = \mathbf{1.01 \quad \acute{o} \quad 101\%}$$

4.2 Cálculo de las concesiones

En el capítulo anterior se obtuvo el tiempo base del trabajo objeto del estudio. Si con este dato se culmina la cantidad de producción que se puede obtener durante un periodo dado, en la observación continua de los resultados, se encuentra que esta norma de producción difícilmente se logrará.

Un análisis de las causas que lo impiden podrá ser:

1. asignable al trabajador,
2. asignable al trabajo estudiado,
3. no asignable.

Asignable al trabajador

Éstas son básicamente las siguientes:

- a. que el operario no desempeñe el trabajo al ritmo normal por falta de habilidad y/o esfuerzo,

- b. que el operario no aproveche 100% del tiempo disponible de la jornada de trabajo debido a la utilización de tiempos improductivos para satisfacer necesidades personales.

Asignable al trabajo estudiado

Se consideran así aquellos relacionados con las características del método y tipo de trabajo estudiado, como pueden ser:

- a. que el operario no desempeñe el trabajo al ritmo normal durante la jornada de trabajo debido a la fatiga acumulada,
- b. por elementos extraños en el método de trabajo,
- c. por elementos contingentes, que son poco frecuentes en el método de trabajo y no están considerados en el estudio de tiempos realizado.

No asignables al método y al trabajador

- a. Demora en la actividad del trabajador, por efecto de dar instrucciones o recibir información.
- b. Tiempos improductivos debido a interrupciones del proceso productivo.

Tres son los factores a considerarse en un estudio de tiempos. Éstos son:

1. concesiones por retrasos personales (beber agua, ir al baño, etc.)
2. concesiones por retrasos por fatiga (descanso)
3. concesiones por retrasos inevitables, incluye:
 - a. demoras por elementos contingentes poco frecuente,
 - b. demoras en la actividad del trabajador por supervisión,

- c. demoras por elementos extraños inevitables, esta concesión puede ser temporal o definitiva.

Ya existen valores predeterminados para cada uno de los factores mencionados anteriormente (ver anexo 3) posteriormente se determinará la tolerancia en cada uno de ellos.

Concesiones por retrasos personales

Para el cálculo del porcentaje de concesiones por retrasos personales se utiliza un sistema de concesiones en porcentaje de los tiempos normales (ver anexo 3). Del cual se obtiene en el numeral uno concesiones constantes y dice que las concesiones por necesidades personales es del 5%.

Concesiones por retrasos por fatiga

Para el cálculo del porcentaje de concesiones por retrasos debido a fatiga se utiliza un sistema de concesiones en porcentaje de los tiempos normales (ver anexo 3). Del cual se obtiene en el numeral uno concesiones constantes y dice que las concesiones base por fatiga es del 4%; y el numeral dos concesiones variables describe más elementos que crean retrasos por fatiga, los cuales se analizan de acuerdo a circunstancias atribuidas a las condiciones de trabajo de la siguiente forma:

- A. Concesiones por trabajar de pie 2%
- C. Uso de la fuerza o de la energía muscular
(Levantar, tirar o empujar)
El peso levantado por el operario es de
5 Kilogramos aproximadamente 1%

D.	Mala iluminación	
	Es bastante por debajo de la potencia	2%
I.	Monotonía	
	Proceso bastante complejo	1%

El total del porcentaje asignado a concesiones por fatiga es del 10%.

Concesiones por retrasos inevitables

Se calcula en base a los datos tabulados en las tablas X y XI en base a la cantidad de ocurrencia de cada elemento extraño de la siguiente forma:

paros promedio por día	=	19
refacción	=	20 min
jornada efectiva de trabajo=	(8.8 hrs * 60 min/hr) – 20 min	
	=	508 min
Tiempo promedio del paro	=	1.37 min
% de concesiones	=	(19 * 1.37 min) / 508
	=	0.05 ó 5%

El porcentaje total asignado a las concesiones por retrasos inevitables es del 5%.

El total de concesiones se obtiene a partir de la suma de cada uno de los porcentajes obtenidos para cada factor:

concesiones por retrasos personales	=	5%
concesiones por retrasos por fatiga	=	10%
concesiones por retrasos inevitables	=	5%
Total de concesiones	=	20%

4.3 Cálculo del tiempo normal Tn

Se obtiene a través de la multiplicación del tiempo medio de operación (TMO) por el factor de calificación del operario (fc) con esto se pretende ajustar los tiempos cronometrados a una media normal de duración del ciclo con base en la siguiente fórmula:

$$T_n = TMO * fc$$

Área de trefilado

Tabla XVIII: Tn para el área de trefilado

Operación	TMO (min)	fc	Tn (min)
Cargar máquina con alambón	17.37	99%	17.20
Preparar la máquina	103.83	99%	102.79
Cargar máquina con carrete vacío	1.82	99%	1.80
Descargar máquina con carrete lleno	2.17	99%	2.15

Área de enderezado y corte

Tabla XIX: Tn para el área de enderezado y corte en máquina 1

Operación	TMO (min)	fc	Tn (min)
Preparar la máquina	45.39	99%	44.94
Cargar carrete lleno	3.31	99%	3.28
Descargar carrete vacío	2.35	99%	2.33
Descargar varilla de la máquina	5.45	99%	5.40

Tabla XX: Tn para el área de enderezado y corte en máquina 2

Operación	TMO (min)	fc	Tn (min)
Preparar la máquina	45.39	94%	42.67
Cargar carrete lleno	3.31	94%	3.11
Descargar carrete vacío	2.35	94%	2.21
Descargar varilla de la máquina	5.45	94%	5.12

Área de electromalla

Tabla XXI: Tn para el área de electromalla

Operación	TMO (min)	fc	Tn (min)
Cargar maq c/carretes llenos/varilla longitudinal	44	101%	44.44
Preparar la máquina	123.45	101%	124.68
Cargar máquina con varilla transversal	1.73	101%	1.75
Descarga de electromalla	2.35	101%	2.37

4.4 Cálculo del tiempo estándar Ts

El tiempo estándar es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En éste están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos: repetitivos constantes, variables; así los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos, a estos tiempos ya valorados se les agregan las concesiones. Este es el que se utiliza para programación y control de producción, explosión de materiales, estimación de tiempos de entrega, etc. La fórmula utilizada para su cálculo es la siguiente:

$$T_s = T_n + T_n (\% \text{ concesiones})$$

$$T_s = T_n (1 + \% \text{ concesiones})$$

De aquí se puede definir el tiempo estándar (Ts) como el tiempo normal más el tiempo concedido por márgenes de tolerancias y representa el tiempo en el que una operación o actividad debe ser realizada.

La tabla XXII muestra los tiempos estándar de cada elemento en estudio para cada estación de trabajo. Es importante mencionar que el tiempo de operación de la máquina no aparece debido a que depende de la cantidad de electromalla que se quiere producir, mientras el resto de elementos es indiferente a la cantidad de electromalla a producir.

Tabla XXII: Tiempos estándar del estudio

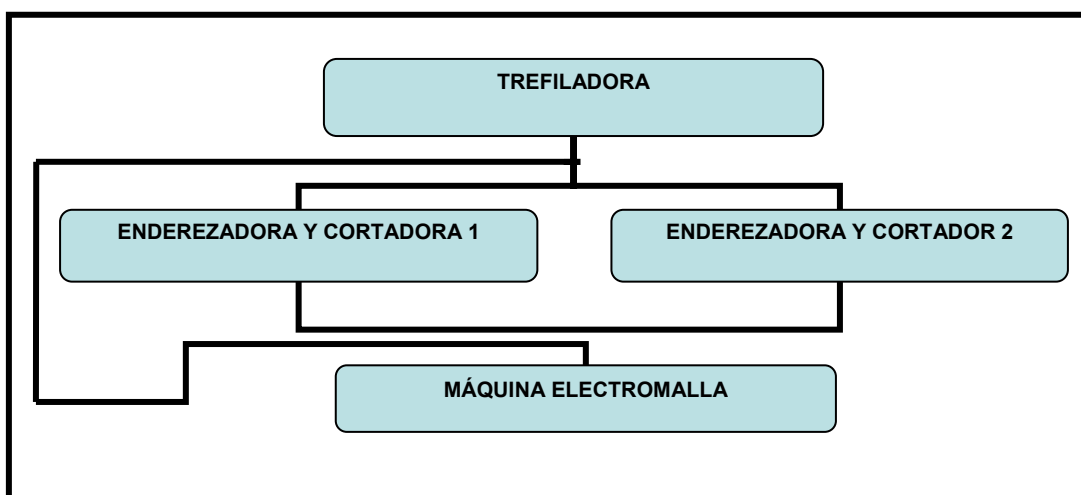
Área	Descripción del elemento	Tn (min)	Concesiones	Ts (min)
Trefilado				
	Cargar máquina con alambón	17.2	20%	20.64
	Preparar la máquina	102.79	20%	123.35
	Cargar máquina con carrete vacío	1.8	20%	2.16
	Operación de máquina			
	Descargar máquina con carrete lleno	2.15	20%	2.58
Enderezado y corte	Máquina 1			
	Preparar la máquina	44.94	20%	53.93
	Cargar carrete lleno	3.28	20%	3.94
	Operación de máquina			
	Descargar carrete vacío	2.33	20%	2.80
	Descargar varilla de la máquina	5.4	20%	6.48
	Máquina 2			
	Preparar la máquina	42.67	20%	51.20
	Cargar carrete lleno	3.11	20%	3.73
	Operación de máquina			
	Descargar carrete vacío	2.21	20%	2.65
	Descargar varilla de la máquina	5.12	20%	6.14
Electromalla				
	Cargar maq c/carretes llenos/varilla long	44	20%	52.80
	Preparar la máquina	123.45	20%	148.14
	Cargar máquina con varilla transversal	1.73	20%	2.08
	Operación de máquina			
	Descarga de electromalla	2.35	20%	2.82

4.5 Balance de las líneas de producción

El balance de líneas se utiliza cuando las líneas se ajustan a un ritmo de producción con el fin de cumplir tiempos de entrega, cuotas de producción, calcular horas extras y determinar costos de mano obra directa por unidad.

Debido a la complejidad de la línea de producción de la electromalla (ver figura 4) se deben realizar dos balances de líneas debido a que no se puede trabajar con el mismo parámetro dentro de la misma tabla, esto es debido a que el área de trefilado abastece a las otras dos áreas siguientes, lo cual no permite formar una secuencia clara del proceso.

Figura 8: Línea de producción electromalla



Para realizar un balance de línea es necesario contar con los costos de producción de la mano de obra directa y también ajustar la producción a una variable común para todas las estaciones. En jornada diurna especial, es decir un promedio de 8.8 horas/día de lunes a viernes.

Costo de mano de obra directa

Para el área de trefilado

1	Operador	Q 2500.00/mes	ó	Q 12.91/hora
1	Ayudante	Q 1300.00/mes	ó	<u>Q 6.71/hora</u>
Total				Q 19.62/hora

Para el área de enderezado y corte

2	Operadores	Q3200.00/mes	ó	Q 16.52/hora
---	------------	--------------	---	---------------------

Para el área de electromalla

1	Operador	Q 2800.00/mes	ó	Q 14.46/hora
---	----------	---------------	---	--------------

1	Ayudante 1	Q 1600.00/mes	ó	Q 8.26/hora
---	------------	---------------	---	-------------

2	Ayudantes 2	Q 2800.00/mes	ó	<u>Q 14.46/hora</u>
---	-------------	---------------	---	---------------------

Total				Q 37.18/hora
--------------	--	--	--	---------------------

Se cuenta con una orden de producción de 1000 electromallas 09/09 con características especificadas en la tabla I, para realizar el balance de línea.

Ahora se realizan los cálculos necesarios para la explosión de materiales como se muestra a continuación:

Especificaciones para trefilado de varilla transversal

$\emptyset = 3.80 \text{ mm}$

Largo de la varilla = 2.35 m

Varillas por electromalla = 40

Para determinar la cantidad de varilla solamente se multiplica el largo de la varilla por la cantidad de varillas transversales por electromalla y por la cantidad de electromallas a producir, tal como se muestra a continuación:

$$2.35 \text{ m} \times 40 \times 1000 = \mathbf{94,000 \text{ m}}$$

Especificaciones para trefilado de varilla longitudinal

$\emptyset = 3.80 \text{ mm}$

Largo de la varilla = 6.0 m

Varillas por electromalla = 16

Para determinar la cantidad de varilla solamente se multiplica el largo de la varilla por la cantidad de varillas longitudinales por electromalla y por la cantidad de electromallas a producir, tal como se muestra a continuación:

$$6.0 \text{ m} \times 16 \times 1000 = \mathbf{96,000 \text{ m}}$$

Obtenida la cantidad necesaria de varilla por cada estación de trabajo, ahora se calcula el número de carretes y la cantidad en metros que lleva cada carrete.

Es importante mencionar que la cantidad mínima de carretes para el área de electromalla es de 16 y que el peso de los carretes no debe exceder los 1500 kg debido a la carga que puede soportar el puente grúa.

Cantidad de carretes, largo de la varilla y peso para el área de electromalla

Para el área de electromalla queda así:

Cantidad de carretes	=	16 (es el mínimo)
Longitud de la varilla por carrete	=	96000 m/ 16 carretes
	=	6000 m
Peso por carrete	=	6000 m x 0.0876 kg/m
	=	525.6 kg

Cantidad de carretes, largo de la varilla y peso para el área de enderezado y corte

Cantidad de carretes	=	10 (en base a criterio)
Longitud de la varilla por carrete	=	94000 m/ 10 carretes
	=	9400 m
Peso del carrete	=	9400 m x 0.0876 kg/m
	=	823.44 kg

Para el cálculo del peso ver tabla I en la columna donde dice peso del alambre de la malla 09/09.

Ahora se procede a calcular el tiempo estándar por carrete para realizar el balance de líneas para lo cual se utilizan los datos de la tabla XXII; tomando en cuenta que solamente se utilizarán los elementos repetitivos, ya que los elementos irregulares se suman a los resultados obtenidos por aparecer una sola vez durante toda la orden de producción.

Tiempo estándar por carrete para el área de trefilado

- Cargar máquina con carrete vacío 2.16 min
- Operación de máquina

Según la tabla VI la velocidad de trefilado para un diámetro de alambre de 3.80 mm es de 12 m/s ó 720 m/min.

Por lo tanto, el tiempo de operación de máquina para un carrete de 6,000 metros es de:

$$\frac{6,000 \text{ m}}{720 \text{ m/min}} = 8.33 \text{ min}$$

Y el tiempo de operación de máquina para un carrete de 9,400 metros es de:

$$\frac{9,400 \text{ m}}{720 \text{ m/min}} = 13.05 \text{ min}$$

- Descargar máquina con carrete lleno 2.58 min

El tiempo estándar por carrete de 6,000 metros es de: 13.07 min

El tiempo estándar por carrete de 9,400 metros es de: 17.79 min

El tiempo estándar por electromalla es de: 0.01307 min

Tiempo estándar por carrete y electromalla para el área de enderezado y corte

- Cargar carrete lleno 3.94 min
- Descargar carrete vacío 2.80 min
- Descargar varilla de la máquina 6.48 min
- Operación de máquina

La velocidad de las máquinas es de 124.55 m/min; por lo tanto, el tiempo de operación por carrete de 9,400 metros es de:

$$\frac{9,400 \text{ m}}{(124.55 \text{ m/min}) \times (2 \text{ máquinas})} = 37.73 \text{ min}$$

Como también se necesita saber la cantidad de electromallas que puede producir a una velocidad por máquina de 53 varillas por minuto, si cada electromalla posee 40 varillas. Los cálculos se muestran a continuación:

$$\frac{9,400 \text{ m}}{(50.95 \text{ min}) \times (40 \text{ varillas/electromalla}) \times (2.35 \text{ m/varilla})}$$

El tiempo estándar por carrete de 9,400 metros es de: 50.95 min

El tiempo estándar para las electromallas es de: 0.5102 min

1.96 electromallas/min

Tiempo estándar para el área de electromalla

- Operación de máquina

La velocidad de la máquina según tabla IX es de 21.75 m/min de varilla longitudinal; por lo tanto, el estándar de producción es de:

$$\frac{21.75 \text{ m/min}}{6 \text{ m/electromalla}} = 3.62 \text{ electromallas/min}$$

Antes de pasar a los balances de las líneas debe de tomar muy en cuenta el tiempo efectivo, el cual no es más que el tiempo de la jornada en minutos, luego de descontarle el tiempo de refacción (20 minutos) y preparación de las máquinas (depende de cada área).

$$\text{Tiempo efectivo (TE)} = ((8.8 \text{ hrs}) \times (60\text{min/hr})) - 20 \text{ min} = 508 \text{ min}$$

Con todos los datos calculados se inicia el balance de línea, primero, (tabla XXIII) respecto del área de trefilado y el área de enderezado y corte; y, el segundo (tabla XXIV) con las tres áreas involucradas, respectivamente. Esto se debe a que las dimensionales utilizadas en el primer balance de línea no coinciden con las dimensionales utilizadas en el segundo balance de líneas.

4.5.1 Conclusiones con base en el balance de líneas

1. Debido a la complejidad del proceso de producción de la electromalla (ver figura 4) se crearon dos balances de línea ya que la máquina trefiladora abastece tanto a las máquinas de enderezado y corte como a la máquina de electromalla.
2. A través del balance de líneas se logró determinar que la estación de trabajo más lenta es la de enderezado y corte, lo cual ayudaría grandemente a tomar las siguientes decisiones:
 - a) trabajar a la velocidad del cuello de botella,
 - b) programar tiempo extra,
 - c) colocar otra máquina similar,
 - d) trabajar un segundo turno.
3. El tiempo muerto de la máquina de la electromalla es muy alto debido a que muchas veces no tiene varilla para seguir procesando, esto se debe a que las líneas no están balanceadas al ritmo de producción de la estación cuello de botella.
4. Un balance de líneas se utiliza cuando se quiere estandarizar un proceso, donde se originan cuellos de botella y se necesita que el proceso de producción sea lo más continuo posible.

5. PROCESO DE MEJORA CONTINUA

5.1 Mejorar los procesos

Con el análisis de los procesos se trata de eliminar las principales deficiencias en ellos, y, además, lograr la mejor distribución posible de la maquinaria, equipo y área de trabajo dentro de la planta.

Para lograr este propósito, la simplificación del trabajo se ayuda de dos diagramas, los cuales son: del proceso y de recorrido o circulación tal como los muestran las figuras 9 y 10, respectivamente. En los cuales el propósito principal es identificar y eliminar las demoras que están afectando grandemente a los procesos de producción de la planta, así como, también, establecer los patrones que miden el tiempo para terminar una unidad de trabajo usando un método y equipo estándar por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día sin tomar síntomas de fatiga.

Al comparar los resultados del análisis se puede observar cómo a través de los diagramas de procesos se puede mejorar el tiempo que se requiere para la fabricación de la electromalla solamente con la distribución adecuada del equipo, tal como se muestra en la tabla XXV.

Tabla XXV: Comparación de los diagramas de proceso actual y mejorado

Tarea	Tiempos (min)		Mejora (min)
	Método Actual	Método Mejorado	
○	51.64	36.15	15.49
◻	344.98	340.26	4.72
D	15.72	10.14	5.58
▽			
⇒	9.79	9.50	0.29
Total	422.13	396.05	26.08

Figura 9: Diagrama de flujo del proceso (mejorado)

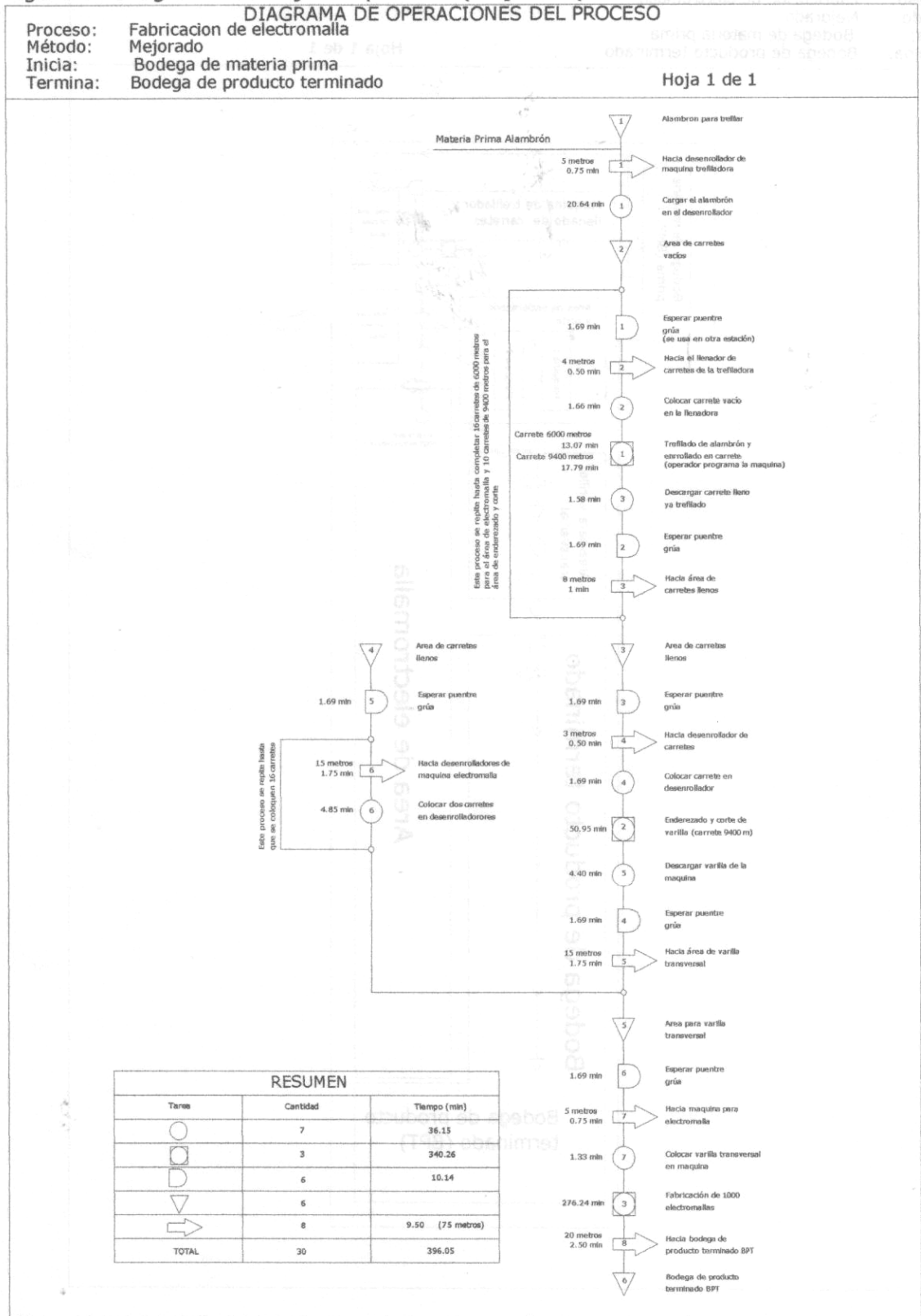
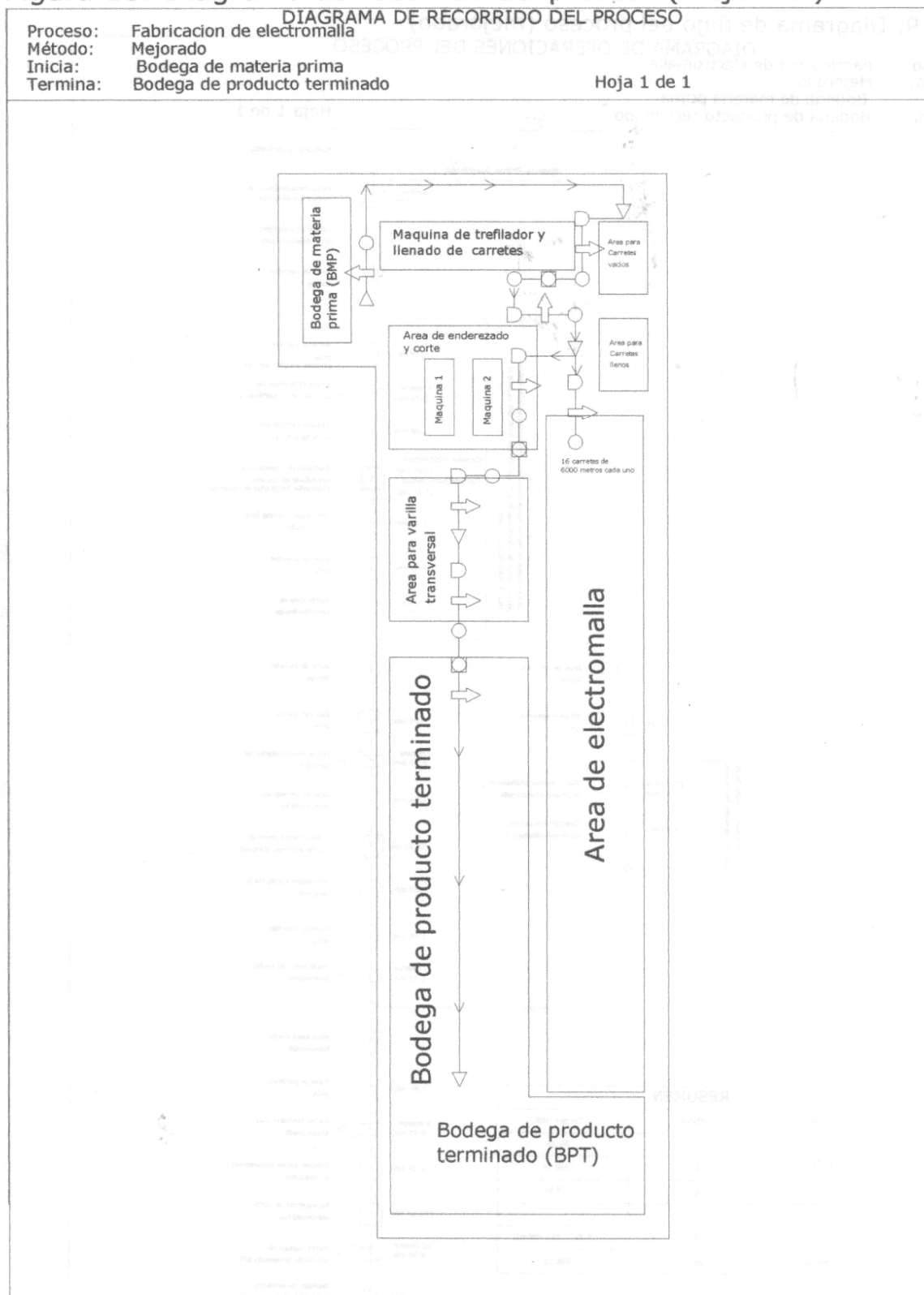


Figura 10: Diagrama de recorrido del proceso (mejorado)



5.2 Diseño de equipo e instalaciones

Diseñar para la mayor parte de los individuos es un enfoque que implica el uso de uno de tres principios específicos de diseño, según lo determina el tipo de problema de diseño. 1) El diseño para extremos implica que una característica específica es un factor limitante al determinar el valor máximo y mínimo de una variable de población que será ajustada. 2) El diseño para que sea ajustable se usa, en general, para equipo o instalaciones que deban ajustarse a una variedad amplia de individuos. Y, por último, 3) diseñar para el promedio lo cual es un enfoque menos costoso pero menos preferido. Aunque no existe un individuo con todas las dimensiones promedio, hay ciertas situaciones en las que sería impráctico o demasiado costoso incluir posibilidades de ajuste para todas las características. Por último, el diseño industrial también debe considerar la parte legal del diseño del trabajo.

El diseño de las instalaciones es lo primero en lo que hay que pensar cuando se trata de mejorar los métodos de trabajo en una industria o en cualquier otra parte, ya que hay que crear condiciones de trabajo que permita a los colaboradores ejecutar sus tareas sin fatiga innecesaria.

El que el colaborador se encuentre en un ambiente grato, en condiciones higiénicas, sin experimentar frío ni calor, con una iluminación adecuada y con el menor ruido posible, disminuye considerablemente su fatiga y además, al no distraer su atención las molestias personales, puede concentrarse en su trabajo y realizarlo mejor.

El mal diseño de equipo e instalaciones figuran entre las causas citadas de tiempo improductivo por deficiencias de dirección. No sólo se pierde tiempo de forma descrita, sino que se origina una proporción excesiva de trabajo defectuoso, con el desperdicio de material y pérdida de producción consiguiente.

Equipo de protección personal

1. Mascarillas: son necesarias en la planta de producción debido a la gran cantidad de polvo que genera el proceso de trefilado del alambión y una pequeña parte que genera el proceso de enderezado y corte.
2. Cascos: existen ciertas áreas en las cuales los operarios corren el riesgo de sufrir un golpe en la cabeza debido a las cargas elevadas en movimiento que transportan los puentes grúa y, así mismo, cuando se revienta la varilla de los desenrolladores.
3. Lentes o gafas: durante el proceso de enderezado y corte se sueltan muchas partículas de metal que fácilmente pueden dañar los ojos de los operadores, así también, se revienta la varilla la cual forma una especie de látigo que pudiera fácilmente darle en alguno de los ojos al operador y dejarlo ciego.
4. Botines con punta de acero: las cargas son colocadas al nivel de piso y el operador debe estar atento a que la carga no le caiga en los pies, y en ocasiones quedan varillas de hierro salidas, las cuales pueden penetrar fácilmente el calzado de tela que usa la mayor parte de operarios de la planta.
5. Uniforme de trabajo: con un pantalón de una tela resistente (lona) se pueden evitar los accidentes más comunes en la planta que es rasgadura con las puntas de las varillas y playeras, se puede evitar que los colaboradores tengan que estar usando ropa en mal estado para desarrollar sus labores diarias. Esto permitirá que uno de los aspectos visuales de la planta mejore.

6. Radiotransmisores: debido a la magnitud de la planta, entregar una radio a cierto operador por cada área de trabajo, lo cual permitirá una comunicación más rápida en caso de accidentes, parar una orden de producción, solicitar ayuda por algún desperfecto mecánico sufrido por alguna máquina, etc.

Diseño de instalaciones

Buscando mejorar la apariencia de la planta y hacer que las personas que estén dentro de la misma se sientan bien, se puede implementar las siguientes acciones:

1. Señalización: es muy importante identificar el área necesaria por estación de trabajo debido a que, regularmente, se realizan visitas a la planta de producción y no existe una señalización del área por donde se puede caminar sin tener un riesgo mayor de accidente, lugar donde se encuentran los extinguidores, cables de alta tensión, cargas en movimiento, etc. hasta que se pueda crear un plan de seguridad e higiene industrial que permita que la planta sea lo más segura posible,
2. Iluminación: colocar láminas de poli carbonato en el techo de la planta para mejorar la iluminación de la planta, así, aprovechar al máximo la iluminación natural la cual es muy deficiente. Así mismo, crear un plan de limpieza de las mismas para que el reflejo de luz sea óptimo,
3. Crear más sistemas de ventilación: la ventilación deficiente debido a su cantidad y falta de mantenimiento ha provocado que el calor sea un factor que afecta grandemente en los procesos de producción de la planta por la fatiga que crea en los operadores.

4. Redistribución de las áreas de almacenamiento: el desorden de la materia prima y el producto terminado dentro de la planta ha provocado que la apariencia de la misma sea de una planta ineficiente a simple vista, por lo cual es importante crear programas de redistribución de las áreas de almacenamiento, según sean las necesidades (ver figura 6).

5.3 Principios de la economía del esfuerzo humano

Los principios de economía de movimientos se basan en una comprensión elemental de la fisiología humana y deben ser muy útiles al aplicarlos al análisis de métodos, teniendo en cuenta al factor humano. Sin embargo, el analista no tiene que ser un experto en anatomía y fisiología humana para aplicarlos. De hecho, para los fines de análisis de tareas, quizá sea suficiente usar la lista de verificación de economía de movimientos que se clasifican en tres principios fundamentales.

1. Referente al cuerpo humano
 - a. Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente
 - b. Los movimientos deben ser simétricos (de ambas manos) tanto al alejarse como al alejarse de él.
 - c. Aprovechar el ímpetu físico como ayuda al obrero.
 - d. Son preferibles los movimientos continuos en línea curva en vez de los rectilíneos que impliquen cambios de dirección.
 - e. Debe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el ejecutado con las manos.
 - f. Los dedos medio y pulgar son los más fuertes para el trabajo; el dedo índice, anular y meñique no pueden soportar o manejar cargas considerables por tanto tiempo.

- g. Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operador se encuentra de pie. Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.

2. Respecto de las condiciones de trabajo

- a. Determinar sitios fijos a las herramientas para permitir la mejor secuencia de operaciones.
- b. Utilizar depósitos con alimentación por gravedad o entrega por caída o deslizamiento.
- c. Todos los materiales y herramientas deben ubicarse dentro del parámetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como vertical.

3. Respecto de la estación de trabajo

Son unidades compuestas por una máquina o persona donde se realiza una actividad o proceso. Un buen diseño toma en cuenta los aspectos que se enumeran:

- a. Funcionalidad, es decir, que sea lo más eficiente posible.
- b. Comodidad, es decir que la cantidad de movimientos sea mínima.
- c. En el área normal de trabajo no se deben extender los brazos y los codos fijos sin estirarse.
- d. El área máxima de trabajo en un plano horizontal el arco con los brazos extendidos de 0° a 180° para el plano vertical será de 0° a 90° .
- e. Diseño de las herramientas:
 - deben efectuarse siempre que sea posible, operaciones múltiples de las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola,
 - todas las palancas, manijas, volantes y otros elementos de manejo deben estar fácilmente accesibles al operario,

- las piezas en trabajo deben sostenerse en posición por medio de dispositivos de sujeción,
- procurar siempre el uso de herramientas mecanizadas o semiautomáticas como aprieta tuercas y destornilladores.

5.4 Incrementar la eficiencia

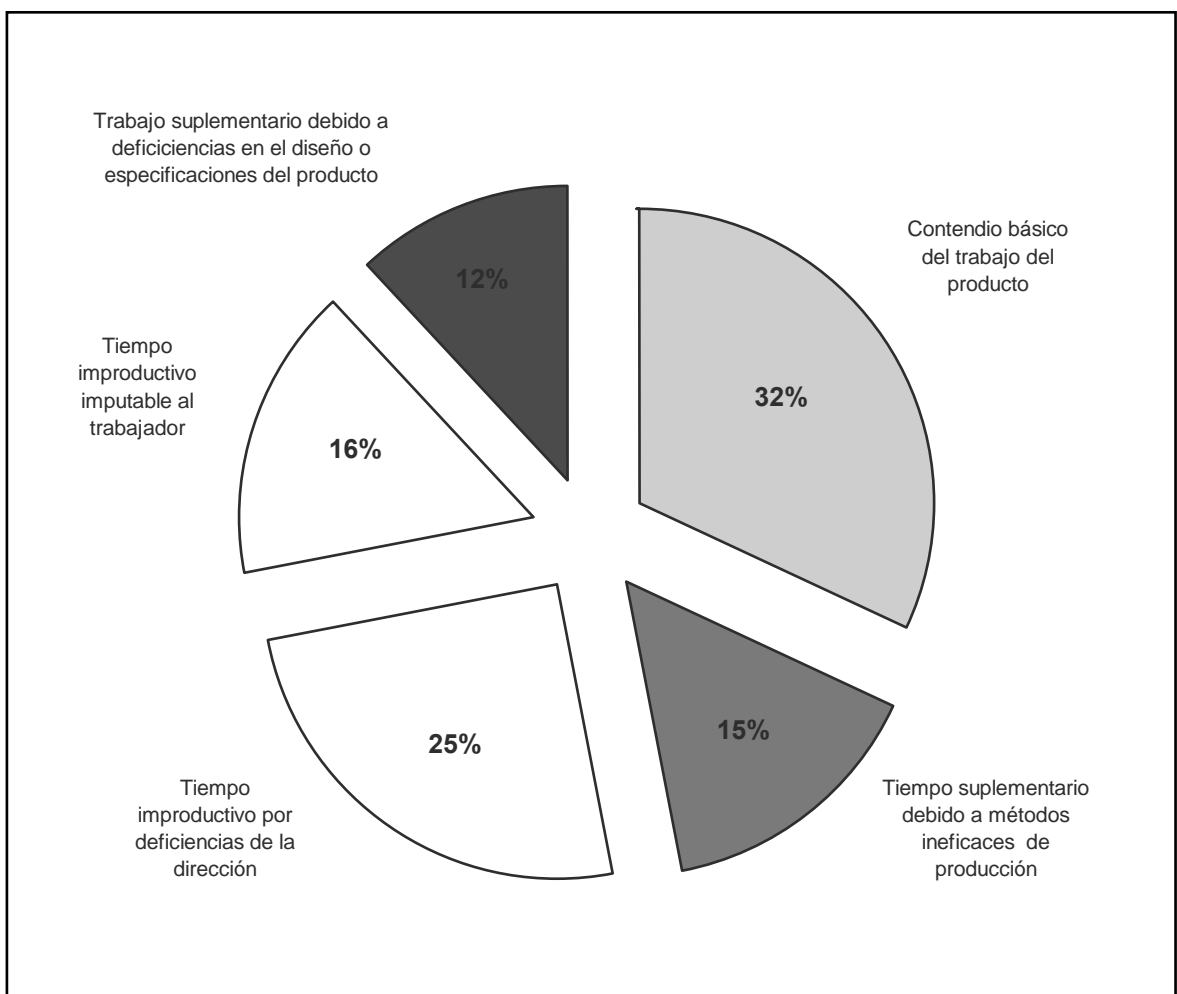
La eficiencia es un indicador clave que permite a cualquier empresa determinar lo bien o mal que se están aprovechando los recursos con que se cuenta. Quiere decir que se deben conjugar, adecuadamente, tres de los factores más importantes dentro de todo proceso de producción y que sea lo más eficiente: 1) Los materiales; 2) El recurso económico; y 3) El recurso humano. Estos tres factores pueden aumentar la producción de trabajo eliminando los desperdicios de tiempo, materia prima y esfuerzo humano; así como crear controles en todas las áreas involucradas que garanticen una productividad alta y al mismo tiempo la calidad de los productos.

Antes de mejorar los métodos de trabajo deben crearse condiciones de trabajo que permitan a los obreros ejecutar sus tareas sin fatiga, ya que las malas condiciones de trabajo son sinónimo de ineficiencia debido a que provoca tiempo improductivo. Cuando se habla de condiciones de trabajo se refiere a limpieza, ruido y vibración, condiciones térmicas y diseño de equipo y estación de trabajo.

La figura 11 muestra en forma grafica cómo quedará distribuido el tiempo de fabricación de la electromalla. Estos datos se obtuvieron a través de los tiempos estándar para cada uno de los elementos que intervienen en el proceso de fabricación de la electromalla, agrupados como eficientes e ineficientes divididos entre la jornada diaria de trabajo.

Esta gráfica (figura 11) permitirá ver de manera más clara la utilización del tiempo real de fabricación, así también, permite al analista de métodos fijar el parámetro de partida para mejorar cada una de las áreas especificadas en la figura.

Figura 11: Descomposición del tiempo de fabricación



5.5 Proporcionar estándares de tiempo para información a otros sistemas

El tiempo estándar es un patrón que permite a cualquier empresa medir el tiempo necesario que le lleva a un operador calificado producir una unidad a una velocidad día tras día sin mostrar síntomas de fatiga. Y de aquí la importancia que tiene para poder generar la información necesaria para otros sistemas.

Para el área de costos permite determinar el valor que le agrega la mano de obra directa a cada unidad producida y por el lado de los incentivos poder determinar el valor de compensación en base a un plan de incentivos, por cada unidad extra de calidad producida.

El balance de líneas es una herramienta muy útil cuando se quiere calcular los costos de mano de obra directa, crear un sistema de incentivos, programar la producción y determinar los tiempos de entrega.

5.5.1 Costos

En las tablas XXIII y XXIV se pueden observar los costos por área de trabajo en el proceso de producción de la electromalla, este dato permite fijar un parámetro en el cual se puede tomar la decisión de bajar los costos a través de una mejora en la eficiencia, así como también, determinar si es posible mejorar el salario devengado por la tarea específica.

Además este dato ayudara grandemente a la administración a establecer un costo real por unidad producida al sumarle los costos del resto de variables involucradas en el proceso de producción de la electromalla.

5.5.2 Incentivos de producción

Crear bases sólidas para establecer un buen plan de incentivos que permita disminuir al máximo el tiempo improductivo, así como, mejorar la rapidez de producción tomando en cuenta la calidad del producto; son algunos de los aspectos que se pretenden mejorar.

Ahora bien, la forma de crear un sistema de incentivos se puede realizar de la siguiente manera:

1. obtener el costo de mano de obra por electromalla producida (ver tablas XXIII y XXIV) por cada área involucrada en el proceso,
2. fijar un parámetro de producción normal en base al ritmo de la estación más lenta (área de enderezado y corte),
3. establecer el sistema de pago por cada unidad extra producida sin fallas en la línea. Lo más aconsejable es pagar por electromalla el costo que tiene al sumar las tres áreas de trabajo involucradas a toda la línea de producción.

Los pasos descritos anteriormente representan solamente una base para crear un plan de incentivos, eso no quiere decir que sea la única forma de un plan de incentivos. Queda a criterio del analista de métodos determinar si se puede implementar otra manera más eficiente de incentivos.

5.5.3 Programación de la producción

Aunque se requiere de una mayor cantidad de variables, con los datos obtenidos del balance de línea (tablas XXIII y XXIV) se puede realizar una programación de la producción con base en las órdenes que están en espera.

Ya que una programación de la producción más formal ayuda a crear un *stock* del producto que permita eliminar la mayor cantidad de ordenes de producción que están en espera. Esto se logra a través de pronósticos de ventas obtenidos en base al historial de ventas de meses o años anteriores.

5.5.4 Tiempos de entrega

Una de las aplicaciones de tiempo estándar es crear un patrón que mide la cantidad de electromallas las cuales se pueden producir por unidad de tiempo, es decir, que si se necesita saber en cuanto tiempo se puede producir una cantidad X de cierto tipo de electromalla (ver tabla XXIV) lo único que se hace es:

Tiempo necesario = (Cantidad de electromallas) x (Ts por electromalla)

CONCLUSIONES

1. A través de los diagramas del proceso (ver figuras 5 y 6) se estandarizó el proceso de producción y, al mismo tiempo, permite observar de forma gráfica los pasos que sigue en toda la secuencia de actividades dentro del proceso, lo cual ayuda a descubrir y eliminar ineficiencias.
2. La tabla XXII muestra los estándares de tiempos que se conceden para efectuar una tarea, en esta se incluyen los tiempos de los elementos cíclicos: repetitivos, constantes, variables, asimismo los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos.
3. Por medio del balance de líneas (ver tablas XXIII y XXIV) se identificó al área de enderezado y corte como la más lenta, esto explica el porqué existe una acumulación de producto en proceso dentro de la planta, el cual es colocado en cualquier espacio libre lo cual provoca un desorden aun mayor.
4. El plan de incentivos salariales aceptable aplicable a los colaboradores es el plan de hora estándar con una tasa diaria garantizada. Este plan permite compensar en proporción directa a su productividad una vez logrado el desempeño estándar.

5. Dos factores muy importantes pero que en ocasiones no son tomados en cuenta cuando se quiere mejorar la eficiencia de una planta son: el diseño de la estación de trabajo y las condiciones ambientales, según el estudio realizado a la planta de producción de electromalla el 75% de los factores ineficientes son atribuidos al diseño y a las condiciones. Es decir que de un 20% total de concesiones el 15% pertenece a estos dos factores.

6. A través del estudio realizado se determinó que el proceso de trefilado crea la mayor contaminación en la planta, debido a que dicho proceso no se encuentra aun aislado. Esto provoca que las condiciones ambientales no sean las adecuadas, debido a que el polvo se esparce por toda la planta.

RECOMENDACIONES

1. Diseñar y marcar cada una de las áreas, iniciando desde la bodega de materia prima hasta el área de producto terminado; esto permitirá iniciar el ordenamiento en la planta y, así, mejorar las condiciones ambientales de trabajo.
2. La falta de iluminación natural como artificial es otro factor que afecta grandemente la eficiencia en la planta, debido a esto es importante colocar laminas de poli carbonato en el techo para mejorar la intensidad de luz natural.
3. El incentivo por producción se puede calcular a partir del costo de producción de cada electromalla por área de trabajo (ver tabla XIV) suma y resultado obtenido será el pago por cada electromalla producida después de llegar a la meta. A continuación se da una serie de pasos para crear un plan de incentivo por producción:
 - a. obtener el costo de mano de obra por electromalla producida (ver tabla XXIII y XXIV) por cada área involucrada en el proceso,
 - b. fijar un parámetro de producción normal con base en el ritmo de la estación más lenta (área de enderezado y corte),
 - c. establecer el sistema de pago por cada unidad extra producida sin fallas en la línea. Lo más aconsejable es pagar por electromalla el costo que tiene al sumar las tres áreas de trabajo involucradas a toda la línea de producción.

Los pasos descritos anteriormente representan una base para crear un plan de incentivos, eso no quiere decir que sea la única forma de un plan de incentivos. Queda a criterio del analista de métodos determinar si se puede implementar otra manera más eficiente de incentivos.

4. Debido a que los operarios de la planta pasan todo el día de pie, es necesario colocar sillas en cada área de trabajo para lograr reducir, al máximo, la fatiga por estar de pie, el cual es un factor que afecta la eficiencia de la planta.
5. Implementar un plan de seguridad e higiene industrial debido a que no existe ninguno actualmente; esto permitirá crear equipo de protección para los trabajadores y, así, reducir al máximo el riesgo de accidentes dentro de la planta.
6. Crear un plan de mantenimiento para la conservación de instalaciones y equipo para reducir al mínimo las suspensiones del trabajo, al mismo tiempo que hace más eficiente el uso de los recursos humanos a efecto de conseguir los mejores resultados con el menor costo posible.
7. Crear programas de inducción para los nuevos operarios, debido a que existe mucha rotación de personal por no acoplarse tan rápido al ambiente y a los proceso de producción.
8. Informar a los trabajadores sobre los beneficios que podría tener para ellos la realización de un estudio de métodos; debido al ambiente de incertidumbre pues piensan que se les incrementará el trabajo sin obtener ningún beneficio.

9. Crear un plan de limpieza que involucre a cada uno de los colaboradores, así como determinar el área que le corresponde a cada uno y velar por el cumplimiento del programa. Actualmente no se cuenta con programas de limpieza.

REFERENCIAS

1
Roberto García Criollo. **Estudio del trabajo**. (México: Editorial Mcgraw-Hill, 1,998) p. 25

2
Roberto García Criollo. **Estudio del trabajo**. (México: Editorial Mcgraw-Hill, 1,998) p. 27-31

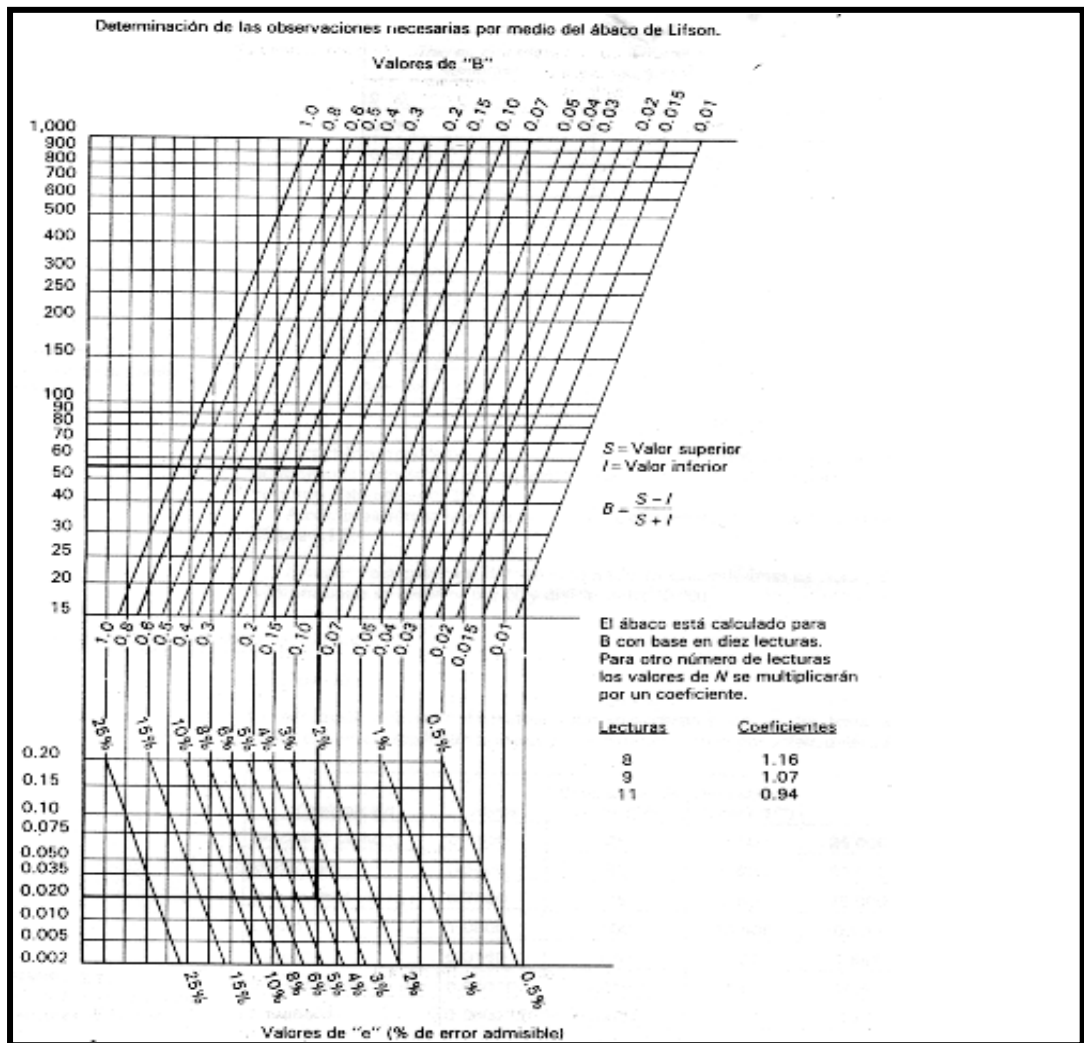
BIBLIOGRAFÍA

1. Krich, Edward V. **Ingeniería de Métodos**. 2ª ed. México: Editorial Limusa, 1982. 540pp.
2. Niebel, Benjamín F. **Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño**. México: Alfaomega, 2001. 750pp.
3. Criollo, Roberto .**Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos**. México: Mcgraw Hill, 1998. 155pp.
4. Criollo, Roberto. **Estudio del Trabajo. Medición del Trabajo**. México: Mcgraw Hill, 1998. 176pp.
5. ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS.
<http://www.itson.mx/dii/anaranjo/metodo~1.htm> , fecha de consulta 17 de diciembre del 2004.

ANEXO 1

Ábaco de Lifson

El ábaco de Lifson es una aplicación gráfica del Método estadístico para un número fijo de mediciones $n = 10$.



Fuente: Criollo García, Roberto. **Estudio del trabajo**. Pág. 31

ANEXO 2

Sistema de Westinghouse (calificación de la actuación)

La **habilidad** se define como “pericia en seguir un método dado”, el cual se determina por la experiencia y aptitudes del operario, así como su coordinación natural y ritmo de trabajo.

El **Esfuerzo o empeño** se define como una “demostración de voluntad para trabajar con eficiencia”, esto es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad, y, puede ser controlado en alto grado por el operario.

En lo que a **Condiciones** se refiere, se enfoca al procedimiento de calificación 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 que se hallan generalmente en la estación de trabajo.

La **Consistencia** se refiere a las actitudes del operario con relación a su tarea. Los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indican, desde luego, consistencia perfecta.

Para calificar la actuación de acuerdo a sistema Westinghouse se puede apreciar en la tabla, los porcentajes relacionados con la calificación de la actuación:

Condiciones		
0.06	A	IDEALES
0.04	B	EXCELENTES
0.02	C	BUENAS
0	D	REGULARES
-0.03	E	ACEPTABLES
-0.07	F	DEFICIENTES

Consistencia		
0.04	A	PERFECTA
0.03	B	EXCELENTE
0.01	C	BUENA
0	D	REGULAR
-0.02	E	ACEPTABLE
-0.04	F	DEFICIENTE

Destreza o Habilidad		
0.15	A1	EXTREMA
0.13	A2	EXTREMA
0.11	B1	EXCELENTE
0.08	B2	EXCELENTE
0.06	C1	BUENA
0.03	C2	BUENA
0	D	REGULAR
-0.05	E1	ACEPTABLE
-0.1	E2	ACEPTABLE
-0.16	F1	DEFICIENTE
-0.22	F2	DEFICIENTE

Esfuerzo o Empeño		
0.13	A1	EXCESIVO
0.12	A2	EXCESIVO
0.1	B1	EXCELENTE
0.08	B2	EXCELENTE
0.05	C1	BUENO
0.02	C2	BUENO
0	D	REGULAR
-0.4	E1	ACEPTABLE
-0.8	E2	ACEPTABLE
-0.12	F1	DEFICIENTE
-0.17	F2	DEFICIENTE

FACTOR DE LA ACTUACIÓN = 1 + Σ Calificaciones

ANEXO 3

Sistema de concesiones por descanso

1. Suplementos constantes			E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)		
	Hombres	Mujeres	Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de - Suplemento		
			Kata (milicalorías/cm ² /segundo)		
Suplementos por necesidades personales	5	7	16	0	
Suplementos base por fatiga	4	4	14	0	
2. Suplementos variables			12	0	
	Hombres	Mujeres	10	3	
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	8	10	
B. Suplemento por postura anormal			6	21	
Ligeramente incómoda	0	1	5	31	
incómoda (inclinada)	2	3	4	45	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	3	64	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			2	100	
Peso levantado por kilogramo			F. Concentración intensa	Hombres	Mujeres
2.5	0	1	Trabajos de cierta precisión	0	0
5	1	2	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
7.5	2	3	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
10	3	4	G. Ruido.		
12.5	4	6	Continuo	0	0
15	5	8	Intermitente y fuerte	2	2
17.5	7	10	Intermitente y muy fuerte	5	5
20	9	13	Estridente y fuerte		
22.5	11	16	H. Tensión mental.		
25	13	20 (máx.)	Proceso bastante complejo	1	1
30	17	—	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
33.5	22	—	Muy complejo	8	8
D. Mala iluminación			I. Monotonía		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo algo monótono	0	0
Bastante por debajo	2	2	Trabajo bastante monótono	1	1
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo muy monótono	4	4
			J. Tedio.		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: Criollo García, Roberto. **Estudio del trabajo**. Pág. 52