

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**



---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“DISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN INDUSTRIA  
METALMECÁNICA”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A N:**  
**ESTIBALIZ GABRIELA MOLINA IBARRA**  
**MARIANA BENAZIR SALGADO BATISTA**

**DIRECTORA:**  
**M.I. SUSANA CASY TÉLLEZ BALLESTEROS**



**MÉXICO, D.F.**  
**NOVIEMBRE DE 2013**

## Dedicatorias

### Estibaliz

A la UNAM, mi alma mater. A la Facultad de Ingeniería, mi casa durante cinco años y a quien le debo todo lo que soy.

A mis padres Amparo y Gabriel, por su ejemplo y amor infinitos. Gracias por alentarme a seguir adelante. Jamás me alcanzará la vida para retribuirles todo los sacrificios y las horas de desvelo. Los amo.

A mis hermanas Nazareth y Selene, por llenar mi vida de alegrías, por acompañarme, por darme su ejemplo y dejarme ser el suyo. Le agradezco infinitamente a la vida por darme unas hermanas como ustedes. ¡Las amo hermanas!

A mis hermanos Jesús, Uriel y Saúl, por estar siempre conmigo, por llenar mi casa de risas y buenos momentos. Gracias por estar siempre para mí en todo momento. ¡Siempre estaremos juntos!

A mis tíos y tías, mi lista inmensa que siempre presumo. Gracias por darme su ejemplo y señalarme el camino. A mis abuelos que me cuidan desde el cielo. ¡No los he defraudado!

A todos mis primos pequeños, que aunque aún no puedan leer esto, sepan que sus risas y sus alegrías me impulsan a seguir adelante.

A Benazir. Mil gracias por acompañarme y por entrar conmigo por esa puerta abierta que nos dio tantas oportunidades. Como te dije un día, eres la primera persona que conocí en la Universidad y la persona con la que quiero terminarla. ¡Lo logramos Beny!

A mis amigos de la Universidad, gracias por acompañarme en este camino y hacerlo más llevadero. Gracias Omar por haberme cuidado desde el CCH como un hermano, por seguir conmigo y por todo lo que hemos aprendido juntos. Gracias Raúl por todas las cosas que vivimos juntos, por todas las tardes, por todas las risas. Gracias Víctor por tu infinita sonrisa, por escucharme siempre y por tus consejos. Gracias Guadalupe por tu compañía y tus risas. Gracias Jesús por tus consejos, por estar conmigo en los momentos más difíciles. Gracias a todos ustedes amigos, Isabel, David, Crisalia, Thalía, Eunice y los que me faltan. ¡No crean que los he olvidado!

A la M.I. Susana Téllez, porque además de ser nuestra directora de tesis, mi jefa y mi profesora ha sabido ser una gran amiga. Gracias por cuidarme, por todos sus consejos. Gracias por escucharme tantas veces y ayudarme con mis ideas revueltas. Sepa que la aprecio mucho y la extrañare aún más. Al M.I. Ricardo Torres, por apoyarme tanto, por creer en mí y por la confianza que siempre me tuvo. Gracias por ser un ejemplo.

Al Ingeniero Enrique Lara por el entusiasmo con el que nos recibió desde la primera vez. Mantenga siempre su puerta abierta para todos aquellos que estén dispuestos a aprender.

## Dedicatorias

### Benazir

A mi familia.

A mi mamá, que es la persona que más amo en este mundo y la que ha estado siempre a mi lado. Gracias por tu apoyo en todo momento de mi vida.

A mi tía Carmen, por ser mi segunda madre y mi modelo a seguir en muchos aspectos de la vida.

A mis fantásticos hermanos Favio, Luz, Omar y Gerardo. Por estar siempre conmigo: es un privilegio tenerlos como hermanos. A todos y cada uno de ellos les agradezco profundamente todo lo que me han enseñado y dado.

A la UNAM, por ser mi segundo hogar desde que tenía 15 años.

A Estibaliz, por permitirme ser parte de este proyecto y por confiar en mí en todo momento. Además, por esta amistad que hemos fortalecido a lo largo de 5 años. ¡Muchas gracias por todo Estibaliz!

A mis amigos y compañeros de la facultad.

A Víctor por ser mi compañero de esta aventura durante tanto tiempo y uno de los mejores amigos que he tenido.

A David, por ser un excelente ser humano y escucharme siempre.

A Eunice, por todos los momentos divertidos y tristes que pasamos juntas y por siempre tener las mejores conversaciones.

A Thalía y Angélica, porque que puedo contar con ustedes en todo momento.

A Guadalupe, Crisalia, Jesús, José Carlos, Daniel, Carlos, Nancy, Ivonne y Felipe.

A la M.I. Susana Casy Téllez Ballesteros por sus consejos y su guía durante la realización de este proyecto. Por ser una de las mejores profesoras y personas que he conocido, mil gracias.

Al Ing. Enrique Lara Montiel, por permitirnos la cristalización de este proyecto. Nos abrió las puertas y compartió con nosotras su experiencia y sus ideas y apreciamos mucho todo el apoyo que nos brindó.

# TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	7
ANTECEDENTES.....	8
PROBLEMÁTICA.....	8
HIPÓTESIS.....	8
METODOLOGÍA.....	8
CAPITULO 1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	9
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	9
1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y PRODUCTOS.....	9
1.2.1 Procesos de manufactura.....	9
1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS.....	10
1.3.1 Aro de Seguridad.....	10
1.3.2 Jaladera de aluminio.....	11
1.3.3 Jaladera de acero.....	11
1.3.4 Troquelado.....	12
CAPÍTULO 2 DIAGRAMAS DE PROCESO.....	13
2.1 DEFINICIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO.....	13
2.2 TIPOS DE DIAGRAMAS DE PROCESO.....	13
2.2.1 Cursograma sinóptico.....	13
2.2.2 Cursograma analítico.....	14
2.2.3 Diagrama bimanual.....	14
2.3 PROCESO DEL ARO DE SEGURIDAD.....	14
2.4 PROCESO DE LA JALADERA DE ACERO.....	24
CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE TIEMPOS.....	39
3.1 DEFINICIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS.....	39
3.1.1 Medición de la duración trabajo.....	39
3.1.2 El estudio de tiempos y movimientos.....	39
3.1.3 Tiempo normal o básico.....	40
3.1.4 Sistema de tiempos predeterminados.....	41
3.2 CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR Y SUPLEMENTOS.....	41
3.2.1 Cálculo del tiempo corregido de una operación.....	41
3.2.2 Suplementos.....	41
3.2.3 Cálculo de suplementos.....	41

3.2.4 Suplementos por descanso .....	42
3.2.5 Otros suplementos .....	43
3.2.6 Tiempo estándar .....	43
3.3 TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO DEL ARO DE SEGURIDAD.....	44
3.3.1 Cálculo de suplementos .....	45
3.4 TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE LA JALADERA DE ACERO.....	54
3.4.1 Cálculo de suplementos .....	55
CAPÍTULO 4 BALANCEO DE LÍNEAS Y DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO....	71
4.1 DEFINICIÓN DEL BALANCEO DE LÍNEAS.....	71
4.1.1 Requerimientos para realizar el balanceo de líneas.....	71
4.1.2 Métodos heurísticos para el balanceo de líneas .....	72
4.1.3 Metodología general del balanceo de líneas .....	72
4.2 DEFINICIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	74
4.2.1 Sistema de flujo de materiales .....	75
4.2.2 Simplificación del flujo de materiales.....	75
4.2.3 El flujo dentro de las estaciones de trabajo .....	75
4.2.4 Departamentos por familia de productos .....	76
4.2.5 Tipos de arreglo basados en sistemas de flujo de materiales .....	76
4.2.6 Ventajas y limitaciones del arreglo fijo, de producto, de grupo y procesos .....	77
4.2.7 Especificación de una estación de trabajo .....	80
4.3 BALANCEO DE LÍNEA DEL ARO DE SEGURIDAD .....	81
4.3.1 Aplicación de la regla del candidato de mayor duración para el aro de seguridad .....	81
4.4 BALANCEO DE LÍNEA DE LA JALADERA DE ACERO.....	87
4.5 PROPUESTAS DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREA DE TRABAJO.....	94
4.5.1 Primera propuesta de distribución.....	97
4.5.2 Segunda propuesta de distribución .....	100
4.5.3 Tercer propuesta de distribución .....	102
4.5.4 Comparación de propuestas .....	106
CAPÍTULO 5 SIMULACIÓN DE PROCESOS.....	108
5.1 DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN DE PROCESOS .....	108
5.1.1 Etapas en el proceso de simulación .....	108
5.1.2 Ventajas y desventajas de la simulación .....	109
5.1.3 Software de simulación ProModel .....	110
5.2 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN .....	111
5.2.1 Pasos generales para la realización de la simulación .....	112

5.3 SIMULACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL ARO DE SEGURIDAD .....	115
5.3.1 Corrida de la simulación del proceso de fabricación del aro de seguridad .....	119
5.3.2 Resultados de la simulación del proceso de fabricación del aro de seguridad .....	121
5.4 SIMULACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES PROPUESTAS .....	122
5.4.1 Corrida de la simulación de la propuesta 1 para el proceso de fabricación del aro de seguridad .....	123
5.4.3 Resultados de la simulación de la propuesta 1 para el proceso de fabricación del aro de seguridad .....	123
5.4.4 Corrida y resultados de la simulación de la simulación de la propuesta 2 para el proceso de fabricación del aro de seguridad .....	125
CONCLUSIONES.....	126
REFERENCIAS.....	128
ANEXOS.....	130

## INTRODUCCIÓN

La finalidad de este trabajo es la elaboración de la redistribución de una planta metalmecánica. Para ello, es necesario redistribuir la maquinaria, herramental y todos los equipos auxiliares para fabricar los productos estudiados.

La mayoría de las pequeñas empresas en México han surgido sin planeación. La organización de las áreas de trabajo se restringe al espacio disponible. Comprender las necesidades de la micro, pequeña y mediana empresa en México, permitirá a los profesionistas crear soluciones viables para éstas, y así fortalecer al sector que provee de la mayoría de los empleos en el país.

Generalmente, el área de producción, de las pequeñas y medianas empresas, está desorganizada y no obedece a una secuencia lógica. En su mayoría, la distribución de la planta es aplicada a sistemas productivos existentes para hacerlos más eficientes.

En el caso específico de la industria metalmecánica, es importante impulsar este sector para fortalecer el mercado interno de consumo de productos. Esto se logra mediante el aumento de la productividad de las mismas.

La redistribución de la planta en este caso en particular, surge por la necesidad de replantear la ubicación de la maquinaria debido a que la actual distribución presenta problemas en su flujo de material.

El método para la redistribución de planta se basa en el balanceo de dos líneas de producción que se desean reubicar. Para utilizar dicho método, es necesario conocer el tiempo estándar de las diversas operaciones que se realizan en ambos procesos de fabricación de los productos.

Para estructurar el tiempo estándar de una operación es necesario la descripción de los procesos y de los productos, misma que se describe en el Capítulo 1.

En el caso específico de la descripción y análisis de ambos procesos, se hizo un estudio de tiempos y movimientos empleando herramientas tales como: el cursograma analítico, el cursograma sinóptico y finalmente el diagrama bimanual; este último proporciona de los elementos necesarios para identificar el tiempo estándar de cada operación. Estos temas se abordan en los Capítulos 2 y 3.

En el Capítulo 4 se desarrolla el balanceo de líneas de producción de ambos procesos, considerando el tiempo estándar de cada una de las actividades que los componen. El resultado del balanceo de líneas proporciona, además de la distribución y nueva organización de las estaciones de trabajo, el número de operarios requeridos en cada una de ellas. El balanceo de líneas dio como resultado diversas propuestas de organización de las estaciones de trabajo.

Finalmente para valorar cada una de las propuestas generadas se utilizó la simulación del aro de seguridad. El desarrollo de la simulación y los resultados obtenidos para el proceso se muestran en el Capítulo 5.

## **ANTECEDENTES**

El crecimiento de la empresa plantea la necesidad de distribuir las áreas de producción; optimizando las condiciones de trabajo y la necesidad de distribuir la maquinaria para disminuir los costos de traslado.

## **PROBLEMÁTICA**

No se aprovecha en forma eficiente la disponibilidad del espacio en las áreas de trabajo en las micro, pequeñas y medianas empresas.

## **HIPÓTESIS**

Si consideramos los tiempos de producción y los desplazamientos entre las áreas de trabajo, va a mejorar la distribución de la maquinaria en el área de producción.

## **METODOLOGÍA**

- Generación de los diagramas de procesos de las líneas de producción del aro de seguridad y de la jaladera de acero.
- Toma de tiempos de los procesos.
- Generación de tiempo estándar.
- Balanceo de actividades considerando tiempo estándar.
- Representación de la distribución actual con el simulador.
- Representación de la distribución propuesta con el simulador.
- Comparación de tiempos de traslado y porcentaje de utilización por maquinaria.

## CAPITULO 1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En este capítulo se describe brevemente la actividad productiva de la empresa, los procesos de manufactura empleados (y los nombres que se utilizan en la empresa para describirlos); así como la descripción de las cuatro unidades de negocio en las que están actualmente divididas las líneas de producción de la empresa.

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa pertenece al giro metalmecánico, y está dedicada a la producción y comercialización de jaladeras para estufas, aros de seguridad para bidones de plástico de diversos tamaños y wathorímetros, así como al maquilado de productos por medio de troquelado.

La planta matriz se ubica en el norte del Distrito Federal. Actualmente, tiene 40 empleados. La empresa emplea en total a 100 personas (ya que tiene otra planta) por lo que, dentro del marco de clasificación de empresas de la Secretaría de Economía (SE) se le considera como una pequeña empresa.

### 1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y PRODUCTOS

La empresa se dedica a la fabricación de productos metálicos elaborados mediante procesos de manufactura tales como: troquelado, doblado, desplegado, procesos de unión mecánica, soldadura, taladrado y esmerilado.

#### 1.2.1 Procesos de manufactura

A continuación se da una breve descripción de los procesos de manufactura empleados por la empresa:

##### **Troquelado**

Radica en una deformación plástica realizada en plano, tiene como principio la rotura o fractura del material lograda mediante el cizallamiento entre dos bordes afilados de corte. Dentro de la empresa se le denomina *corte*.

##### **Doblado con rodillos**

Sirve para estructurar cortes grandes de lámina metálica en secciones circulares. Es un proceso continuo de doblado donde se utilizan rodillos opuestos para producir secciones largas de material formado a partir de cintas o rollos de lámina. En la empresa se le conoce como *rolado*.

##### **Desplegado**

Es una combinación de corte y doblado, o bien corte y formado en un sólo paso. Se le denomina *rasgado*.

### **Estampado**

El metal se somete a una carga de compresión entre dos moldes. La carga puede ser una presión aplicada progresivamente o una percusión, para lo cual se utilizan prensas. En la empresa se le conoce como *conformado* o *abocinado*.

### **Procesos de unión mecánica**

Hace referencia al uso de diferentes métodos de sujeción para mantener juntas en forma mecánica dos o más piezas. En este caso particular, se trata de *remachado*.

### **Soldadura**

Consiste en la unión mecánica permanente a través de la coalescencia (fusión) de dos cuerpos metálicos. En la empresa se utiliza la soldadura por resistencia, esta tiene como particularidad la combinación de calor y presión para permitir la fusión de los cuerpos. Se le denomina *punteado*.

### **Taladrado**

Consiste en un maquinado encargado de hacer agujeros redondos en la pieza de trabajo. Se realiza con una herramienta cilíndrica que gira denominada broca.

### **Esmerilado**

Remoción de material realizada mediante el uso de abrasivos aglomerados.

## **1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS**

Actualmente la empresa está dividida en cuatro unidades de negocio: dichas unidades agrupan a las familias de productos que tienen en común la maquinaria, las herramientas y, principalmente, el proceso empleado para su fabricación.

A continuación se presenta una descripción de las unidades de negocio.

### **1.3.1 Aro de Seguridad**

Estructurada por todos los productos fabricados con cinta de acero laminada en frío y con cinta de acero laminada en caliente. Estos productos tienen como fin sellar bidones de plástico de diferentes capacidades volumétricas, así como sellar los medidores de luz (conocidos como waththorímetros). Se fabrican seis modelos distintos del aro de seguridad para bidones y dos para los medidores de luz. La figura 1 muestra los distintos modelos de aro de seguridad que se fabrican en la planta.



Figura 1. Distintos modelos del aro de seguridad que se fabrican en la empresa.

### 1.3.2 Jaladera de aluminio

Agrupada a todos los productos fabricados con perfil de aluminio y que sirven como asa para los hornos convencionales de las estufas. Actualmente se fabrican en la planta matriz siete modelos distintos. La figura 2 muestra uno de los modelos de jaladera de aluminio.

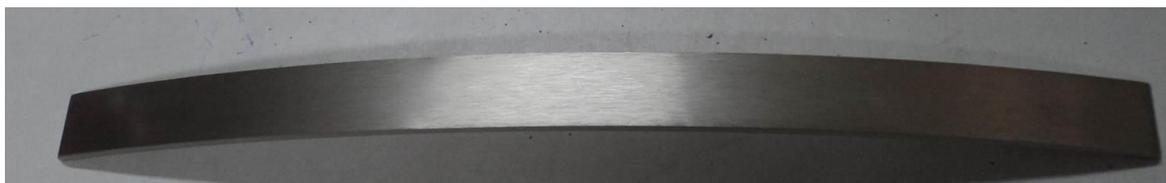


Figura 2. Detalle de una jaladera de aluminio.

### 1.3.3 Jaladera de acero

Conformada por todos los productos fabricados con perfil de acero y que sirven como asa para los hornos convencionales de las estufas. Actualmente se fabrican en la planta matriz 10 modelos distintos (figura 3).



Figura 3. Distintos modelos de jaladera de acero que se fabrican en la empresa.

#### 1.3.4 Troquelado

En esta unidad se realizan todos los procesos de corte, incluyendo operaciones de troquelado y punzonado. Los productos de esta unidad incluyen la fabricación de los dispositivos de cierre que requiere el aro de seguridad, canaletas de aluminio para conexiones eléctricas, entre otros. Una vez fabricados los dispositivos se verifica que pueden abrirse y cerrarse adecuadamente usando un gage, tal como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Detalle del gage con el que se verifican las medidas de un broche.

Las áreas que se disponen a redistribuir son las que comprenden las unidades de negocio del aro de seguridad y la jaladera de acero. Por lo que en el siguiente Capítulo, se muestra la descripción detallada de los procesos de fabricación de dichos productos.

## CAPÍTULO 2 DIAGRAMAS DE PROCESO

Describir los procesos de fabricación del aro de seguridad y de la jaladera de acero mediante el uso del estudio de tiempos y movimientos, con la realización de herramientas tales como el cursograma sinóptico, el cursograma analítico y el diagrama bimanual con el fin de conseguir los datos suficientes para poder lograr la obtención del tiempo estándar de cada actividad.

### 2.1 DEFINICIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO

Es una representación gráfica de los pasos (o actividades) necesarios para realizar un proceso. El uso de estos diagramas permite saber cómo, con qué materia prima y en cuánto tiempo se fabrica un producto, además de que permite conocer el flujo de los materiales y de los trabajadores para un proceso o producto determinado.

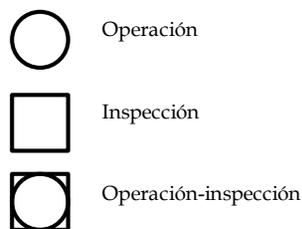
### 2.2 TIPOS DE DIAGRAMAS DE PROCESO

A continuación, se presenta una breve introducción teórica de cada técnica empleada para la elaboración de éstos diagramas.

#### 2.2.1 Cursograma sinóptico

El diagrama que permite la representación gráfica de la secuencias de todas las operaciones e inspecciones se denomina cursograma sinóptico. Este diagrama permite describir de manera sencilla la entrada de las partes y subpartes que forman el proceso.

Se auxilia de tres símbolos:



La *operación* indica cualquier transformación (física o química) de la materia prima ya sea a producto en proceso o bien a producto terminado.

La *inspección* indica que el producto en proceso o terminado sufre una examinación con el fin de corroborar que se hayan cumplido los factores cuantitativos y cualitativos del producto conforme a las especificaciones estipuladas.

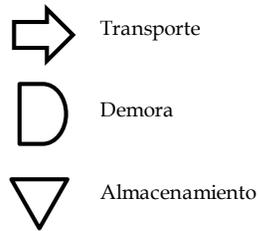
La *operación-inspección* es una actividad combinada que se toma como una sola a que la realiza el mismo empleado.

Las líneas verticales indican flujo general del proceso al realizar el trabajo, las líneas horizontales indican materiales entrantes, o subpartes que se incorporan al flujo general.

A cada operación e inspección se le asignan los tiempos observados durante el análisis de las operaciones.

### 2.2.2 Cursograma analítico

El cursograma analítico ofrece un análisis detallado del flujo que sigue el material o el operario a través del proceso de producción. Además de la simbología utilizada para las actividades antes citadas, también hace uso de los siguientes símbolos:



Se denomina *transporte* a la actividad que se realiza para trasladar un objeto de un lugar a otro. Se emplea tanto para flujo de material como traslado del operario. La *demora* se trata de un almacenamiento temporal no programado, sucede cuando existen condiciones que impide que se realice la actividad consecuente. El *almacenamiento* se trata de la retención de material con un fin en específico (minimizar el transporte de material, el control de inventarios, etc.).

### 2.2.3 Diagrama bimanual

El diagrama bimanual permite la realización del análisis de movimientos. Este diagrama describe todos los movimientos realizados por la mano izquierda y por la mano derecha.

El diseño del diagrama debe contar con un espacio adecuado para el croquis del lugar de trabajo y la información que se considere necesaria.

## 2.3 PROCESO DEL ARO DE SEGURIDAD

Para producir el aro de seguridad, se comienza con el corte de una cinta de acero que tendrá una longitud determinada por el modelo que se vaya a fabricar, después se traslada al área de rolado, donde se le da la forma de aro a la cinta. La figura 5 muestra la máquina en la cual se rolan las cintas de acero.



**Figura 5. Detalle de la roladora.**

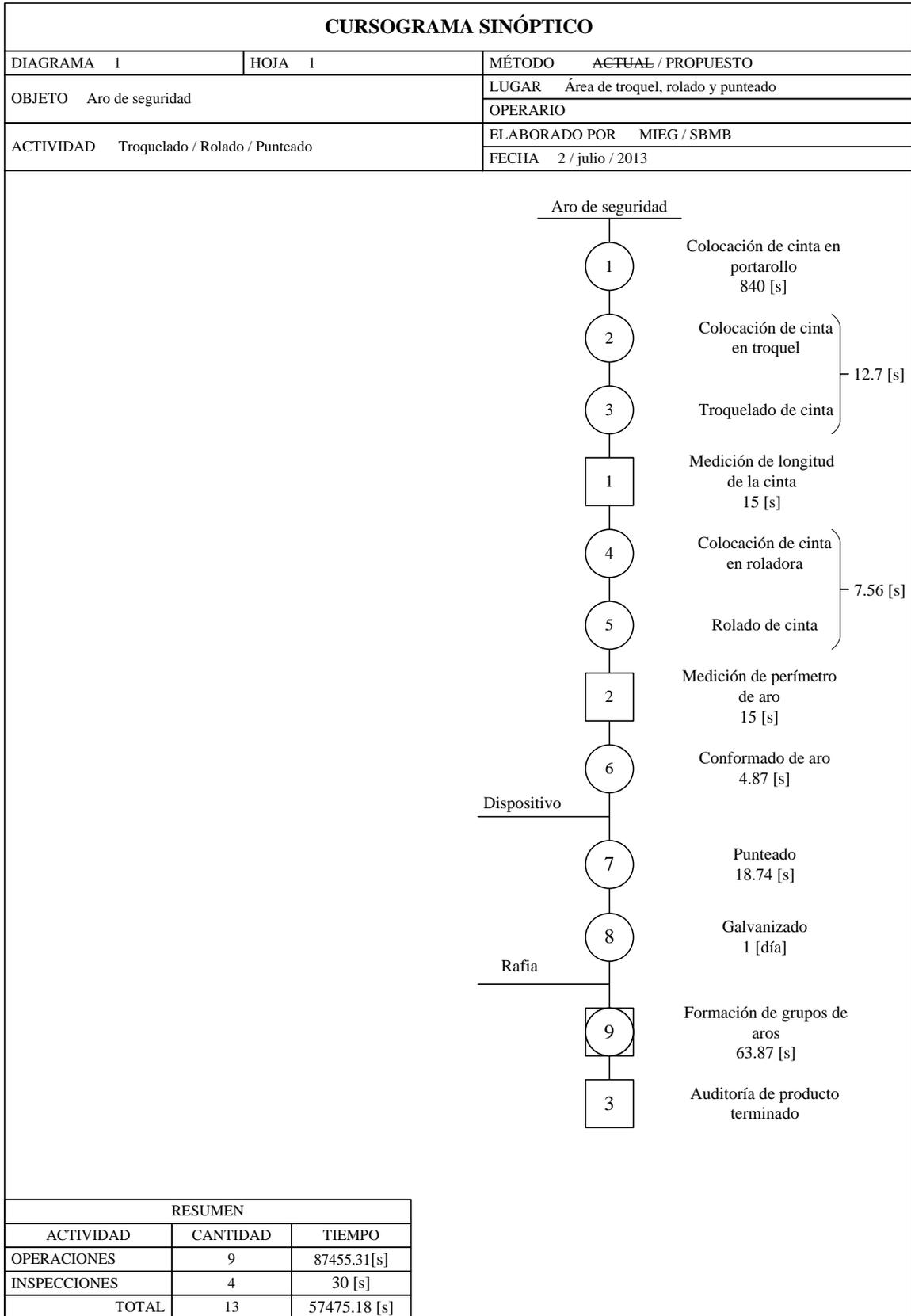
Posteriormente, el producto en proceso es llevado a una prensa donde se le realiza el conformado, un extremo del aro se le provee de una forma que permita el cierre del aro.

Una vez que está completa esta actividad, el siguiente paso es la unión del dispositivo de cierre (o broche) con el cuerpo del aro, esto mediante la técnica de punteado en una punteadora (véase figura 6).



**Figura 6. Detalle de la punteadora.**

A continuación, en el diagrama 1, se presenta el cursograma sinóptico correspondiente a la fabricación del aro de seguridad.



**Diagrama 1. Cursograma sinóptico del aro de seguridad (elaboración propia).**

Todos los procesos se llevan a cabo dentro de la fábrica, excepto el proceso de galvanizado: servicio que se subcontrata. La entrega de los aros de seguridad después del galvanizado es de aproximadamente un día.

Se puede apreciar que se trata de un proceso lineal que sólo tiene dos entradas, una de ellas es la del dispositivo, este es realizado en el área de troquelado y se suelda al cuerpo del aro, y la otra describe la llegada del pedazo de rafia con la que se amarran los aros para su envío a los clientes.

Para un mayor detalle es necesario recurrir al cursograma analítico. A continuación, en el diagrama 2, se presenta el cursograma analítico obtenido de las observaciones realizadas al proceso de fabricación del aro de seguridad.

CURSOGRAMA ANALÍTICO				OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO					
DIAGRAMA	1	HOJA	1	RESUMEN					
OBJETO	Aro de seguridad			ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	ECONO.		
ACTIVIDAD	Troquelado/Rolado/Punteado			OPERACIÓN	9				
MÉTODO ACTUAL/ PROPUESTO				TRANSPORTE	9				
LUGAR	Área de Troquel/Rolado/Punteado			DEMORA					
OPERARIO	Varios			INSPECCIÓN	4				
ELABORADO POR	MIEG/MBSB			ALMACENAMIENTO	11				
FECHA	julio 2013			DISTANCIA [m]	72.9				
				TIEMPO [s]	1097.741				
DESCRIPCION	Canti- dad	Distag- cia [m]	Tiem- po [s]	○	⇒	◯	◻	▽	OBSERVACIONES
Transporte de MP de almacén a portarollo	1	4	120	*					Se utiliza un montacargas
Se coloca rollo de metal en portarollo			840	*					Se requiere de tres personas
Colocación de cinta en troquel				*					
Troquelado de cinta			12.7	*					Corte de cinta en prensa
Almacenamiento de cinta en almacén de PP1							*		Almacenamiento en el suelo frente a prensa
Transporte de cinta a área de rolado		11.1		*					El operario carga las cintas
Almacenamiento de cinta en almacén de PP2							*		
Medición de la longitud de la cinta troquelada			15			*			Se mide la longitud al inicio, mitad y fin del
Colocación de la cinta en roladora				*					
Rolado de cinta			7.563	*					
Medición de perímetro de aro			15			*			Se mide perímetro al inicio, mitad y fin del
Almacenamiento de aro en almacén de PP3							*		Almacén colocado frente a la roladora
Transporte de aro a área de troquelado		5.6		*					
Almacenamiento de aro en almacén de PP4							*		Almacén colocado a lado de la prensa
Conformado de un extremo del aro			4.871	*					Conocido como abocinado, se realiza en prensa
Almacenamiento de aro en almacén de PP5							*		Almacén colocado a lado de la prensa
Transporte de aro a área de punteado		5.5		*					
Almacenamiento de aro en almacén de PP6							*		Se colocan fuera del área de punteado
Transporte de aro dentro de zona de punteado		2		*					
Almacenamiento de aro en almacén de PP7							*		Almacén en suelo dentro de la zona de
Punteado de dispositivo en aro			18.74	*					Se puntea el dispositivo al aro
Almacenamiento de aro en almacén de PP8							*		Almacén en suelo dentro de la zona de
Transporte de aro a área de embarque		23.6		*					
Almacenamiento de aro en almacén de PP9							*		Almacén vertical para producto
Transporte de aro a galvanizado		-		*					
Galvanizado			1 día	*					Proceso externo
Transporte de aro a planta		-		*					
Almacenamiento de aro en área de desembarque							*		Almacén temporal en la entrada de la planta
Formación de grupos de aros e inspección			63.87	*		*			Amarrado de aros con rafia, según pedido
Almacenamiento de aros en área de desembarque							*		Almacén temporal en la entrada de la planta
Transporte de aros a almacén de PT		21.1		*					
Auditoría a producto terminado							*		
TOTALES GENERALES		72.9	1098	9	9	0	4	11	

Diagrama 2. Cursograma analítico del aro de seguridad (elaboración propia).

Cabe señalar que no se tomó en cuenta el tiempo de galvanizado para el tiempo total, ya que se trata de una actividad que no se realiza dentro de las instalaciones de la planta analizada.

Como se mencionó con anterioridad, los diagramas bimanuales sirven para dar una descripción minuciosa del proceso. A partir del diagrama bimanual se puede determinar el tiempo básico, que es parte del tiempo estándar.

Analizando el proceso de fabricación del aro de seguridad, puede verse que para obtener los diagramas bimanuales, y posteriormente el tiempo estándar, es necesario dividir el proceso en actividades que describan completamente la fabricación del aro de seguridad. La tabla 1 muestra dichas actividades.

<b>Aro de Seguridad</b>		
<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
1	Corte de cinta	Colocación de extremo de cinta en troquel y corte de cinta.
2	Rolado de cinta	Doblado de cintas con rodillos (traslado de cinta a roladora, rolado y traslado a almacén).
3	Abocinado	Colocación de aro en prensa, estampado y colocación de aro en almacén.
4	Punteado	Soldadura del dispositivo al aro.

**Tabla 1. Actividades para el proceso de fabricación del aro de seguridad.**

Los diagramas bimanuales, del 1 al 4, corresponden a los diagramas bimanuales de cada una de las actividades involucradas en el proceso de fabricación del aro de seguridad.

<b>DIAGRAMA BIMANUAL</b>									
DIAGRAMA	1		HOJA	1		DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO 			
DIBUJO Y PIEZA	Cinta de metal								
	Portarollo, troqueladora y almacén de PP1								
OPERACIÓN	Corte de cinta en prensa								
FECHA	julio 2013								
LUGAR	Área de troquelado para corte de cinta metálica								
OPERARIO	-								
ELABORADO POR	MIEG / SBMB								
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◐	▽	○	➔	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por extremo de cinta a almacén		*				*			Va por extremo de cinta a almacén
Toma extremo de cinta del portarollo	*				*				Toma extremo de cinta del portarollo
Jala extremo de cinta del portarollo	*				*				Jala extremo de cinta del portarollo
Suelta extremo de cinta	*				*				Suelta extremo de cinta
Va por cinta		*				*			Va por cinta
Toma cinta	*				*				Toma cinta
Jala cinta	*				*				Jala cinta
Suelta cinta	*				*				Suelta cinta
Va por cinta		*				*			Va por cinta
Toma cinta	*				*				Toma cinta
Jala cinta	*				*				Jala cinta
Suelta cinta	*						*		Sostiene cinta antes del prensa
Espera			*				*		Sostiene cinta antes del prensa
Posiciona cinta hasta marca de corte	*						*		Sostiene cinta antes del prensa
Sostiene cinta después del prensa				*			*		Sostiene cinta después del prensa
Saca cinta del canal de corte	*				*				Saca cinta del canal de corte
Suelta cinta	*				*				Sujeta cinta
Espera			*		*				Suelta cinta en almacén de PP1
RESUMEN					OBSERVACIONES				
METODO	ACTUAL		PROPUESTO						
	IZQ	DER	IZQ	DER					
OPERACIONES	12	11			La operación de corte con prensa se realiza operando un pedal ubicado en el piso. Esta acción se realiza cuando ambas manos sostienen la cinta después de la prensa.				
TRANSPORTES	1	1							
ESPERAS	2								
SOSTENIMIENTOS	1	4							
TOTALES	16	16							

**Diagrama Bimanual 1. Corte de cinta (elaboración propia).**

# DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA 1		HOJA 1		DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO							
DIBUJO Y PIEZA		Cinta de metal									
		Almacén de PP1, PP2 y PP3. Roladora.									
OPERACIÓN		Rolado de cinta en roladora									
FECHA		julio 2013									
LUGAR		Área de rolado de cinta metálica									
OPERARIO		-									
ELABORADO POR		MIEG / SBMB									
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◐	▽	○	➔	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA		
Va por cinta a almacén de PP1		*				*			Va por cinta a almacén de PP1		
Toma cintas	*				*				Toma cintas		
Levanta cintas	*				*				Levanta cintas		
Sujeta cintas	*				*				Sujeta cintas		
Lleva cintas a almacén de PP2		*				*			Lleva cintas a almacén de PP2		
Posiciona cintas en almacén de PP2	*				*				Posiciona cintas en almacén de PP2		
Suelta cintas en almacén de PP2	*				*				Suelta cintas en almacén de PP2		
Va por tira metálica a almacén de PP2		*						*	Espera		
Toma cinta metálica	*							*	Espera		
Sostiene cinta metálica				*	*				Toma extremo de cinta metálica		
Lleva cinta a roladora		*				*			Lleva cinta a roladora		
Inserta cinta en rodillo de roladora	*							*	Sostiene cinta metálica		
Suelta cinta	*							*	Sostiene cinta metálica		
Espera				*	*				Sujeta extremo de cinta metálica		
Toma extremo de aro	*				*				Suelta cinta		
Sostiene extremo de aro				*			*		Espera		
Sostiene extremo de aro				*	*				Sujeta extremo de aro		
Sostiene aro				*	*				Suelta aro		
Lleva aro a almacén de PP3		*					*		Espera		
Suelta aro en almacén de PP3	*						*		Espera		
RESUMEN					OBSERVACIONES						
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		Las cintas cortadas en el troquel se depositan en un mesa atrás de la roladora (almacén de PP2).  El operario coloca los aros en un tubo colocado al frente de la roladora (almacén de PP3).						
	IZQ	DER	IZQ	DER							
OPERACIONES	10	10									
TRANSPORTES	5	3									
ESPERAS	1	5									
SOSTENIMIENTOS	4	2									
TOTALES	20	20									

Diagrama Bimanual 2. Rolado (elaboración propia).

## DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	1	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO					
DIBUJO Y PIEZA	aro de metal								
Prensa, almacén de PP3, PP4, PP5 y PP6.									
OPERACIÓN	Estampado (abocinado) de aro de seguridad en prensa								
FECHA	julio 2013								
LUGAR	Área de troquelado de aros de seguridad								
OPERARIO	-								
ELABORADO POR	MIEG/ SBMB								
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➡	◐	▽	○	➡	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por aros a almacén de PP3		*			*				Va por aros a almacén de PP3
Toma aros	*				*				Toma aros
Lleva aros a almacén de PP4		*				*			Lleva aros a almacén de PP4
Deposita aros en almacén de PP4	*				*				Deposita aros en almacén de PP4
Espera			*		*				Va por aro
Espera			*		*				Toma aro
Espera			*		*				Lleva aro a prensa
Toma aro	*							*	Sostiene aro
Posiciona aro en prensa	*							*	Sostiene aro
Sostiene aro				*				*	Sostiene aro
Sostiene aro				*	*				Suelta aro
Lleva aro a almacén de PP5		*						*	Espera
Suelta aro	*							*	Espera
Toma aros	*				*				Toma aros
Lleva aros a almacén de PP6		*				*			Lleva aros a almacén de PP6
Coloca aros en almacén de PP6	*				*				Coloca aros en almacén de PP6
Suelta aros	*				*				Suelta aros
RESUMEN					OBSERVACIONES				
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		El conformado (abocinado) del aro se realiza cuando el operario sostiene el aro con ambas manos.  El troquelado se realiza por la acción de un pedal en el suelo que es activado por el operario.				
	IZQ	DER	IZQ	DER					
OPERACIONES	8	7							
TRANSPORTES	4	5							
ESPERAS	3	2							
SOSTENIMIENTOS	2	3							
TOTALES	17	17							

Diagrama Bimanual 3. Conformado o abocinado (elaboración propia).

# DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA 1	HOJA 1/2	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO							
DIBUJO Y PIEZA aro metálico y dispositivo									
Almacén de PP5, punteadora y almacén de PP6									
OPERACIÓN Punteado de dispositivo de cierre en aro metálico									
FECHA julio 2013									
LUGAR Área de punteado de aros									
OPERARIO -									
ELABORADO POR MIEG/ SBMB									
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	⇒	◻	▽	○	⇒	◻	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Espera			*			*			Va por caja de plástico
Espera			*		*				Toma caja de plástico
Espera			*			*			Lleva caja de plástico por dispositivos
Espera			*		*				Coloca caja de plástico en el suelo
Va por dispositivos		*				*			Va por dispositivos
Coloca los dispositivos en la caja	*				*				Coloca dispositivos en la caja
Va por caja		*				*			Va por caja
Sujeta caja	*				*				Sujeta caja
Lleva caja a zona de punteado		*				*			Lleva caja a zona de punteado
Deposita caja a lado de punteadora	*				*				Deposita caja a lado de punteadora
Va por aros a almacén de PP6		*				*			Va por aros a almacén de PP6
Toma aros de almacén	*				*				Toma aros de almacén
Lleva aros a almacén de PP7		*				*			Lleva aros a almacén de PP7
Deposita aros en almacén	*				*				Deposita aros en almacén
Va por aro de almacén de PP7		*					*		Espera
Toma aro	*						*		Espera
Sostiene aro				*	*				Toma aro
Lleva aro a punteadora		*				*			Lleva aro a punteadora
Posiciona aro en punteadora	*				*				Posiciona aro
Suelta aro	*				*				Sujeta aro en punteadora
Va por dispositivo		*					*		Sostiene aro en punteadora
Toma dispositivo	*						*		Sostiene aro en punteadora
Lleva dispositivo a punteadora		*					*		Sostiene aro en punteadora
Sujeta dispositivo	*				*				Suelta aro
Sujeta dispositivo	*				*				Sujeta dispositivo
Sostiene dispositivo				*			*		Sostiene dispositivo
Sostiene dispositivo				*	*				Abre dispositivo
Sostiene dispositivo				*	*				Posiciona dispositivo
Posiciona dispositivo	*				*				Posiciona dispositivo
Coloca dispositivo en punteadora	*				*				Suelta dispositivo
Sujeta dispositivo	*				*				Sujeta aro en punteadora
Posiciona dispositivo	*						*		Sostiene aro en punteadora
Sujeta dispositivo	*				*				Suelta aro

CONTINÚA EN HOJA 2

## DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	2/2	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO					
DIBUJO Y PIEZA	Aro de seguridad y dispositivo								
	Almacén de PP5, punteadora y almacén de PP6								
OPERACIÓN	Punteado de dispositivo de cierre en								
	Aro de seguridad								
FECHA	julio 2013								
LUGAR	Área de punteado de aros								
OPERARIO	-								
ELABORADO POR	MIEG / SBMB								
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◐	▽	○	➔	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Suelta dispositivo	*							*	Espera
Sujeta aro en punteadora	*				*				Sujeta aro en punteadora
Sostiene aro				*	*				Suelta aro
Sostiene aro				*	*				Acomoda dispositivo
Sujeta aro en punteadora	*				*				Sujeta aro en punteadora
Recorre aro	*				*				Recorre aro
Sujeta aro en punteadora	*				*				Sujeta aro en punteadora
Recorre aro	*				*				Recorre aro
Sujeta aro en punteadora	*				*				Sujeta aro en punteadora
Sujeta aro en punteadora	*				*				Suelta aro
Suelta aro	*				*				Sujeta extremo contrario de aro
Espera			*		*				Posiciona aro en punteadora
Sujeta dispositivo	*				*				Suelta aro
Posiciona dispositivo	*				*				Posiciona dispositivo
Sostiene dispositivo				*	*				Posiciona dispositivo
Sujeta dispositivo	*				*				Sujeta aro en punteadora
Sujeta aro en punteadora	*				*				Sujeta aro en punteadora
Recorre aro	*				*				Recorre aro
Sujeta aro en punteadora	*				*				Sujeta aro en punteadora
Saca aro de punteadora	*				*				Saca aro de punteadora
Cierra dispositivo	*				*				Sujeta aro
Sujeta aro	*				*				Sujeta aro
Suelta aro	*					*			Lleva aro a almacén de PP8
Espera			*		*				Suelta aro en almacén de PP8
Va por aros a almacén de PP8		*				*			Va por aros a almacén de PP8
Toma aros de almacén	*				*				Toma aros de almacén
Lleva aros a almacén de PP9		*				*			Lleva aro a almacén de PP9
Deposita aros en almacén de PP9	*				*				Deposita aros en almacén de PP9
RESUMEN					OBSERVACIONES				
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		El punteado (soldadura por puntos o por resistencia) del dispositivo en el aro de seguridad se realiza cuando el operador sujeta con ambas manos el aro en la punteadora y acciona un pedal en el suelo.				
	IZQ	DER	IZQ	DER					
OPERACIONES	37	42							
TRANSPORTES	11	11							
ESPERAS	6	3							
SOSTENIMIENTOS	7	5							
TOTALES	61	61							

Diagrama Bimanual 4. Punteado (elaboración propia).

## 2.4 PROCESO DE LA JALADERA DE ACERO

Para la fabricación de la jaladera de acero, se realiza en primer lugar un prerrolado del perfil, que permite cambiarle el diámetro y la forma según se desea. En el rolado posterior, se logran las dimensiones y curvaturas especificadas para cada modelo, para asegurar que se conservará la forma lograda en este rolado, se realiza otra pasada con el mismo sistema de rodillos para doblado de la roladora (véase figura 7).



Figura 7. Detalle del arreglo de rodillos de la dobladora.

Posteriormente, se transportan los perfiles doblados a la sierra para cortar el perfil conforme a la longitud especificada para cada modelo. La figura 8 muestra la sierra de corte empleada.



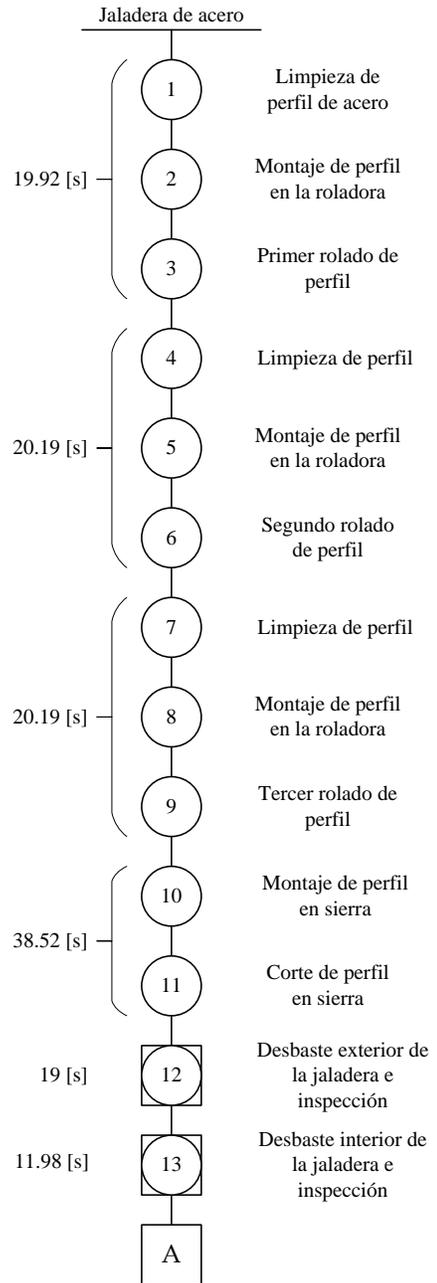
Figura 8. Vista frontal de la sierra de corte.

Al terminar este paso, se continúa con el desbaste exterior, que consiste en la eliminación de los bordes de los extremos de la jaladera provocados por el corte con sierra. Inmediatamente después, se hace el desbaste interior (evita la presencia de rebabas en el borde interno de las jaladeras). Se hace un orificio, y después se procede a reducir el espesor de las orillas de la jaladera para permitir que éstas embonen en el soporte de plástico con el cual se fijan en las estufas.

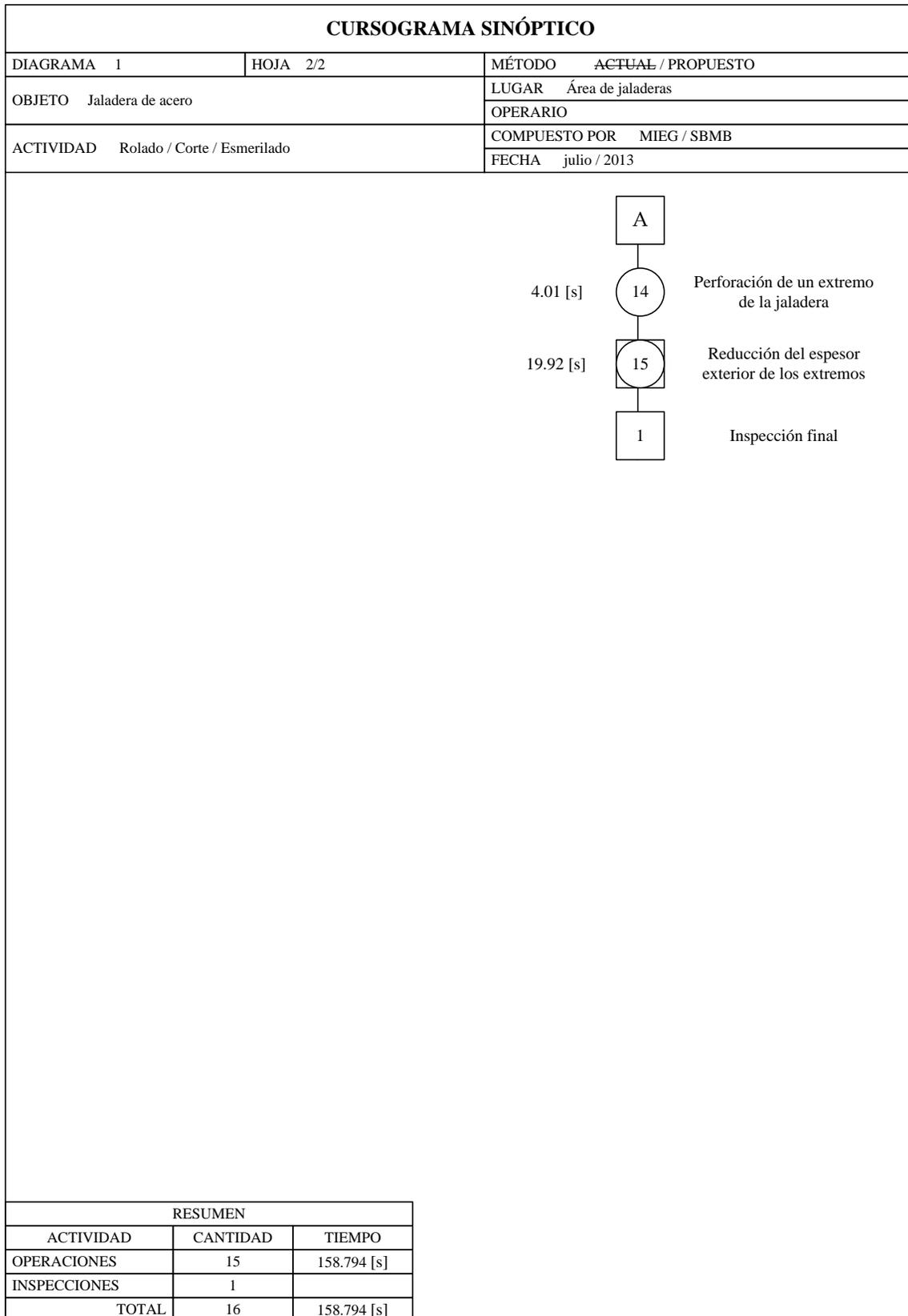
A continuación, el diagrama 3 muestra el cursograma analítico realizado para el proceso de fabricación de la jaladera de acero.

## CURSOGRAMA SINÓPTICO

DIAGRAMA 1	HOJA 1/2	MÉTODO ACTUAL / PROPUESTO
OBJETO Jaladera de acero		LUGAR Área de jaladeras
		OPERARIO
ACTIVIDAD Rolado / Corte / Esmerilado		ELABORADO POR MIEG / SBMB
		FECHA julio / 2013



RESUMEN		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
OPERACIONES	15	158.794 [s]
INSPECCIONES	1	
TOTAL	16	158.794 [s]



**Diagrama 3. Cursograma sinóptico de la jaladera de acero (elaboración propia).**

Después de la inspección final, se pintan. Este proceso no se realiza dentro de las instalaciones de la empresa.

Al igual que en el caso de la fabricación del aro de seguridad, se trata de un proceso lineal que no presenta entrada de materiales adicionales; ya que sólo sufre transformaciones sobre el cuerpo principal.

Como en el caso del análisis de la fabricación del aro de seguridad, se presenta con mayor detalle descriptivo el cursograma analítico correspondiente (véase diagrama 4).

CURSOGRAMA ANALÍTICO				OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO					
DIAGRAMA	1	HOJA	1	RESUMEN					
OBJETO	Jaladera de Acero			ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	ECONO.		
ACTIVIDAD	Rolado/Corte/Desbaste/Perforado			OPERACIÓN	16				
MÉTODO ACTUAL / PROPUESTO				TRANSPORTE	7				
LUGAR	Área de Jaladeras			DEMORA					
OPERARIO	Varios			INSPECCIÓN	4				
ELABORADO POR	EGMI/SBMB			ALMACENAMIENTO	9				
FECHA	12/05/2013			DISTANCIA [m]	16.04				
				TIEMPO [s]	158.79				
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia [m]	Tiempo [s]	○	⇨	◐	◻	▽	OBSERVACIONES
Transporte de perfil almacén de MP a roladora		1.4			*				De almacén de materia prima
Limpieza de perfil				*					Con un trapo de tela
Montaje perfil de acero en la roladora			19.9241	*					
Se realiza el primer rolado del perfil				*					Prerolado de perfil
Almacenamiento del perfil rolado en almacén de PP1							*		En almacén de producto en proceso
Transporte de perfil de acero de almacén de MP		1.4			*				
Limpieza de perfil				*					Con un trapo de tela
Montaje perfil de acero en la roladora			20.19	*					
Se realiza el segundo rolado del perfil				*					
Almacenamiento del perfil rolado en almacén de PP1							*		
Limpieza de perfil				*					
Montaje perfil de acero en la roladora			20.19	*					
Se realiza el tercer rolado del perfil				*					
Almacenamiento del perfil rolado en almacén de PP1							*		Caja plástica colocada a lado de la sierra
Montaje de perfil en sierra			38.5182	*					Caja plástica colocada a lado de la sierra
Corte de perfil en sierra				*					
Almacenamiento de jaladera en almacén de PP2							*		
Transporte de jaladera a área de desbaste		1.2			*				Se realiza en cajas de plástico o metal
Almacenamiento de jaladera en almacén de PP3							*		
Desbaste exterior de la jaladera e inspección			18.9967	*		*			Se realiza en esmeril a lo largo de la jaladera
Almacenamiento de jaladera en almacén de PP4							*		Caja plástica colocada frente al esmeril
Transporte de caja de jaladeras de PP4 a taladro		3.7			*				
Desbaste interior de la jaladera e inspección			11.9842	*		*			Se realiza con el taladro para eliminar rebabas internas
Almacenamiento de jaladera en almacén de PP5							*		Caja plástica colocada frente al esmeril
Transporte de jaladera a área de perforado		1.2			*				
Perforación en un extremo de la jaladera			4.0108	*					Se realiza en prensa
Almacenamiento de jaladera en almacén de PP6							*		Caja metálica colocada frente a prensa
Transporte de jaladera a área de desbaste		4.5			*				
Reducción del espesor exterior de ambos extremos			24.98	*					
Inspección de reducción de espesor						*			Se realiza con un gauge
Almacenamiento en almacén de PP7							*		Caja plástica colocada frente al esmeril
Transporte de jaladeras a almacén de PT		2.6			*				
Inspección final						*			Se realiza con un gauge
Empacado				*					Se acomodan las piezas en cajas de cartón
TOTALES GENERALES		16.0	158.79	16	7	0	4	9	

Diagrama 4. Cursograma analítico del proceso de fabricación de la jaladera de acero (elaboración propia).

De nueva cuenta, es necesario dividir el proceso de fabricación de la jaladera de acero en actividades que expliquen el proceso y que faciliten la obtención de los diagramas bimanuales correspondientes. La tabla 2 muestra la división en actividades del proceso de fabricación de la jaladera de acero.

<b>Jaladera de acero</b>		
<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
1	Prerrolado	Traslado de perfil de almacén, montaje en roladora, doblado con rodillos y traslado a almacén.
2	Rolado	Traslado de perfil de almacén, montaje en roladora, segundo y tercer doblado con rodillos y traslado en almacén.
3	Corte de perfil	Traslado de perfil a sierra, corte de perfil a medida y traslado a almacén.
4	Desbaste exterior	Traslado de piezas a área de esmeril, inspección y desbaste exterior de los perfiles.
5	Desbaste interior	Traslado de piezas a área de fresado, desbaste interior de perfiles y traslado a almacén.
6	Perforado	Perforación de un extremo del perfil en troquel y almacenamiento.
7	Reducción de espesor de extremos	Traslado de perfiles a área de esmeril, desbaste de extremos para reducir el espesor, inspección final y almacenamiento.

**Tabla 2. Actividades mínimas racionales para el proceso de fabricación de jaladera de acero.**

De tal forma se tienen los siguientes diagramas bimanuales, del 5 al 11, para las operaciones del proceso de fabricación de la jaladera de acero:

<b>DIAGRAMA BIMANUAL</b>									
DIAGRAMA	1		HOJA	1		DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO 			
DIBUJO Y PIEZA	Perfil de acero								
	Almacén de materia prima, roladora y almacén de PP1								
OPERACIÓN	Primer y segundo rolado de perfil de acero								
FECHA	julio 2013								
LUGAR	Área de Jaladeras de acero								
OPERARIO	-								
ELABORADO POR	MIEG / SBMB								
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◐	▽	○	➔	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Espera			*		*	*			Va por trapo de tela a almacén de MP
Espera			*		*				Toma trapo de tela
Espera			*		*				Toma perfil
Espera			*		*				Alza perfil
Espera			*		*				Coloca perfil en el suelo (vertical)
Sujeta perfil	*							*	Sostiene perfil
Sostiene perfil				*	*				Limpia extremo de perfil perfil
Sujeta perfil	*				*				Sujeta perfil
Gira perfil en posición horizontal	*				*				Gira perfil en posición horizontal
Lleva perfil a roladora		*				*			Lleva perfil a roladora
Inserta perfil en rodillo	*				*				Sujeta perfil
Empuja perfil	*				*				Empuja perfil
Suelta perfil	*				*				Empuja perfil
Espera			*		*				Limpia extremo de perfil
Espera			*		*				Suelta perfil
Espera			*		*				Avienta trapo a almacén de MP
Espera			*		*				Toma extremo de perfil rolado
Espera			*		*				Sujeta perfil
Espera			*		*	*			Lleva perfil a almacén de PP1
Espera			*		*				Acomoda perfil en almacén de PP1
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP1
RESUMEN					OBSERVACIONES				
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		El prerrolado del perfil se realiza cuando el operario empuja con ambas manos el perfil colocado en la roladora.  Cuando el tubo se rola el operario tiene que caminar para sujetar el extremo saliente del perfil.				
	IZQ	DER	IZQ	DER					
OPERACIONES	6	17							
TRANSPORTES	1	3							
ESPERAS	13								
SOSTENIMIENTOS	1	1							
TOTALES	21	21							

**Diagrama Bimanual 5. Prerrolado (elaboración propia).**

El primer rolado y segundo rolado, consiste en la misma secuencia de actividades. Por lo que sólo se realizó un diagrama.

# DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	1	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO							
DIBUJO Y PIEZA	Perfil de acero										
Almacén de materia prima, roladora y almacén de PP1											
OPERACIÓN	Prerolado de perfil de acero										
FECHA	julio 2013										
LUGAR	Área de Jaladeras de acero										
OPERARIO	-										
COMPUESTO POR	MIEG/ SBMB										
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	⇒	◻	▽	○	⇒	◻	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA		
Espera			*		*				Va por perfil a almacén		
Espera			*		*				Toma perfil		
Va por perfil		*			*				Lleva perfil a roladora		
Sujeta perfil	*				*				Inserta perfil en rodillo		
Empuja perfil	*				*				Empuja perfil		
Suelta perfil	*				*				Empuja perfil		
Espera			*		*				Suelta perfil		
Va por perfil a almacén		*			*				Va por perfil a almacén		
Toma perfil	*				*				Toma perfil		
Lleva perfil a roladora		*			*				Lleva perfil a roladora		
Inserta perfil en rodillo	*				*				Sujeta perfil		
Empuja perfil	*				*				Empuja perfil		
Suelta perfil	*				*				Empuja perfil		
Espera			*		*				Suelta perfil		
Espera			*		*				Va por perfil a roladora		
Espera			*		*				Toma perfil rolado		
Va por perfil a roladora		*			*				Lleva perfil a almacén de PP1		
Toma perfil rolado	*				*				Suelta perfil en almacén		
Lleva perfil a almacén de PP1		*					*		Espera		
Suelta perfil en almacén	*						*		Espera		
RESUMEN					OBSERVACIONES						
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		El rolado del perfil se realiza cuando el operario empuja con ambas manos el perfil colocado en la roladora.  Cuando el tubo se rola el operario tiene que caminar para sujetar el extremo saliente del perfil. Al mismo tiempo que lleva un perfil a almacén toma el siguiente.						
	IZQ	DER	IZQ	DER							
OPERACIONES	9	12									
TRANSPORTES	5	6									
ESPERAS	6	2									
SOSTENIMIENTOS											
TOTALES	20	20									

**Diagrama Bimanual 6. Primer y segundo rolado (elaboración propia).**

## DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	1/2	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO
DIBUJO Y PIEZA	Perfil de acero			
	Almacén de PP1, sierra, almacén de PP2			
OPERACIÓN	Corte de perfil de acero en sierra			
FECHA	julio 2013			
LUGAR	Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO				
ELABORADO POR	MIEG / SBMB			

DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➡	◩	▽	○	➡	◩	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por perfil a almacén de PP1		*				*			Va por perfil a almacén de PP1
Espera			*		*				Toma perfil de almacén
Sujeta extremo de perfil	*				*				Jala extremo de perfil
Lleva perfil a sierra		*				*			Lleva perfil a sierra
Posiciona perfil en sierra	*				*				Posiciona perfil en sierra
Coloca perfil en sierra	*				*				Coloca perfil en sierra
Sujeta extremo de perfil	*				*				Asegura perfil en sierra
Sostiene perfil				*		*			Va a palanca de sierra
Sostiene perfil				*	*				Sujeta palanca de sierra
Sostiene perfil				*	*				Baja palanca de sierra
Sostiene perfil				*	*				Sube palanca de sierra
Empuja perfil para recorrerlo	*				*				Suelta palanca
Sujeta perfil	*				*				Libera perfil en sierra
Suelta perfil	*				*				Sujeta extremo de perfil
Asegura perfil	*				*				Recorre extremo de perfil a marca
Va por palanca de sierra		*					*		Sujeta extremo de perfil
Sujeta palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Baja palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Sube palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	*				*				Toma jaladera
Sostiene palanca de sierra				*		*			Lleva jaladera a almacén de PP2
Sostiene palanca de sierra				*	*				Suelta jaladera en almacén de PP2
Suelta palanca de sierra	*					*			Va a seguro de sierra
Va por extremo de perfil en sierra		*			*				Toma seguro de sierra
Empuja perfil para recorrerlo	*				*				Libera perfil en sierra
Sujeta perfil	*				*				Sujeta extremo de perfil
Suelta perfil	*				*				Recorre extremo de perfil a marca
Asegura perfil	*				*				Sujeta extremo de perfil
Va por palanca de sierra		*					*		Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Baja palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Sube palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil

CONTINÚA EN LA HOJA 2

## DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	2/2	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO					
DIBUJO Y PIEZA	Perfil de acero								
Almacén de PP1, sierra, almacén de PP2									
OPERACIÓN	Corte de perfil de acero en sierra								
FECHA	julio 2013								
LUGAR	Área de Jaladeras de acero								
OPERARIO									
ELABORADO POR	MIEG / SBMB								
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◐	▽	○	➔	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Sujeta palanca de sierra	*				*				Toma jaladera
Sostiene palanca de sierra				*		*			Lleva jaladera a almacén de PP2
Sostiene palanca de sierra				*	*				Suelta jaladera en almacén de PP2
Suelta palanca de sierra	*					*			Va a seguro de sierra
Va por extremo de perfil en sierra		*			*				Toma seguro de sierra
Empuja perfil para recorrerlo	*				*				Libera perfil en sierra
Sujeta perfil	*				*				Sujeta extremo de perfil
Suelta perfil	*				*				Recorre extremo de perfil a marca
Asegura perfil	*				*				Sujeta extremo de perfil
Va por palanca de sierra		*					*		Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Baja palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Sube palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	*				*				Toma jaladera
Sostiene palanca de sierra				*		*			Lleva jaladera a almacén de PP2
Sostiene palanca de sierra				*	*				Suelta jaladera en almacén de PP2
Suelta palanca de sierra	*					*			Va a seguro de sierra
Va por extremo de perfil en sierra		*			*				Toma seguro de sierra
Empuja perfil para recorrerlo	*				*				Libera perfil en sierra
Sujeta perfil	*				*				Sujeta extremo de perfil
Suelta perfil	*				*				Recorre extremo de perfil a marca
Asegura perfil	*				*				Sujeta extremo de perfil
Va por palanca de sierra		*					*		Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Baja palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Sube palanca de sierra	*						*		Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	*					*			Lleva jaladera a almacén de PP2
Sostiene palanca de sierra				*	*				Suelta jaladera en almacén de PP2
Suelta palanca de sierra	*					*			Va a seguro de sierra
Espera				*	*				Toma seguro de sierra
Espera				*	*				Libera perfil en sierra
Espera				*	*		*		Va por sobrante de perfil
Espera				*	*				Empuja sobrante de perfil a depósito
RESUMEN					OBSERVACIONES				
METODO	ACTUAL		PROPUESTO						
	IZQ	DER	IZQ	DER					
OPERACIONES	40	38							
TRANSPORTES	9	12							
ESPERAS	5								
SOSTENIMIENTOS	12	16							
TOTALES	66	66							

**Diagrama Bimanual 7. Continuación de la operación de corte de perfil (elaboración propia).**

# DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	1	DISPOSICION DEL LUGAR DE TRABAJO						
DIBUJO Y PIEZA	Perfil de acero									
Almacén de PP3, esmeril, almacén de PP4										
OPERACIÓN	Desbaste exterior e inspección de perfiles de acero en fresadora									
FECHA	julio 2013									
LUGAR	Área de Jaladeras de acero									
OPERARIO	-									
ELABORADO POR	MIEG / SBMB									
DESCRIPCIÓN	○	➔	◐	▽	○	➔	◐	▽	DESCRIPCIÓN	
MANO IZQUIERDA									MANO DERECHA	
Va por caja de jaladeras a almacén PP2		*				*			Va por caja de jaladeras a almacén PP2	
Toma caja de jaladeras	*				*				Toma caja de jaladeras	
Lleva caja de jaladeras a almacén PP3		*				*			Lleva caja de jaladeras a almacén PP3	
Pone caja en almacén de PP3	*				*				Pone caja en almacén de PP3	
Espera			*			*			Va por perfil a almacén de PP3	
Espera			*		*				Toma perfil de almacén de PP3	
Sujeta perfil	*				*				Suelta perfil	
Sostiene perfil				*		*			Va por trapo de tela a almacén de PP3	
Sostiene perfil				*	*				Sujeta trapo de tela	
Sostiene perfil				*		*			Lleva trapo de tela a perfil	
Sostiene perfil				*	*				Limpia perfil	
Suelta perfil	*				*				Sujeta perfil	
Espera			*		*				Gira perfil	
Sujeta perfil	*				*				Suelta perfil	
Sostiene perfil				*	*				Limpia perfil	
Sostiene perfil				*		*			Lleva trapo de tela a almacén de PP3	
Sostiene perfil				*	*				Suelta trapo de tela en almacén de PP3	
Sostiene perfil				*	*				Va por perfil	
Suelta perfil	*				*				Sujeta perfil	
Espera			*		*				Posiciona perfil frente a esmeril	
Sujeta perfil frente a esmeril	*				*				Sujeta perfil frente a esmeril	
Sostiene perfil frente a esmeril				*			*		Sostiene perfil frente a esmeril	
Retira perfil de esmeril	*				*				Retira perfil de esmeril	
Suelta perfil	*				*				Gira perfil	
Sujeta perfil	*				*				Sujeta perfil	
Sostiene perfil				*	*				Posiciona perfil frente a esmeril	
Sujeta perfil frente a esmeril	*				*				Sujeta perfil frente a esmeril	
Sostiene perfil frente a esmeril				*			*		Sostiene perfil frente a esmeril	
Retira perfil de esmeril	*				*				Retira perfil de esmeril	
Suelta perfil	*				*	*			Lleva perfil a almacén de PP4	
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP4	
RESUMEN				OBSERVACIONES						
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		El tiempo que pasa el perfil en el desbaste exterior depende de la inspección visual que realiza el operario cuando limpia el perfil.  Algunas piezas pueden no requerir mas que una vez desbaste exterior.					
	IZQ	DER	IZQ	DER						
OPERACIONES	13	21								
TRANSPORTES	2	8								
ESPERAS	5									
SOSTENIMIENTOS	11	2								
TOTALES	31	31								

Diagrama Bimanual 8. Desbaste exterior (elaboración propia).

# DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA 1	HOJA 1	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO							
DIBUJO Y PIEZA									
Almacén de PP4, taladro, almacén de PP5									
OPERACIÓN									
Desbaste interior de perfiles de acero en taladro									
FECHA									
julio 2013									
LUGAR		Área de Jaladeras de acero							
OPERARIO		-							
ELABORADO POR		MIEG / SBMB							
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◐	▽	○	➔	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por caja con jaladeras a almacén PP4		*				*			Va por caja con jaladeras a almacén PP4
Toma caja con jaladeras	*				*				Toma caja de jaladeras
Lleva caja a lado de taladro		*				*			Lleva caja a lado de taladro
Coloca caja a lado del taladro	*				*				Coloca caja a lado del taladro
Va por perfil de acero a caja de PP4		*				*			Espera
Toma perfil de acero	*					*			Espera
Lleva perfil de acero a taladro		*				*			Espera
Posiciona perfil frente a taladro	*				*				Sujeta perfil de acero
Inserta perfil en taladro	*				*				Sujeta perfil de acero
Sostiene perfil de acero				*			*		Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	*				*				Rota perfil de acero
Sostiene perfil de acero				*			*		Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	*				*				Rota perfil de acero
Sostiene perfil de acero				*			*		Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	*				*				Rota perfil de acero
Sujeta perfil	*				*				Sujeta perfil
Retira perfil del taladro	*				*				Retira perfil del taladro
Gira perfil de acero	*				*				Gira perfil de acero
Posiciona perfil frente a taladro	*				*				Posiciona perfil frente a taladro
Inserta perfil en taladro	*				*				Inserta perfil en taladro
Sostiene perfil de acero				*			*		Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	*				*				Rota perfil de acero
Sostiene perfil de acero				*			*		Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	*				*				Rota perfil de acero
Sostiene perfil de acero				*			*		Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	*				*				Rota perfil de acero
Sujeta perfil	*				*				Sujeta perfil
Retira perfil de taladro	*				*				Retira perfil de taladro
Suelta perfil	*					*			Lleva perfil a almacén de PP5
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP5
RESUMEN					OBSERVACIONES				
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		El desbaste interior del perfil se realiza cuando el operario sostiene y rota el perfil con ambas manos.				
	IZQ	DER	IZQ	DER					
OPERACIONES	19	18							
TRANSPORTES	4	3							
ESPERAS	1	3							
SOSTENIMIENTOS	6	6							
TOTALES	30	30							

Diagrama Bimanual 9. Desbaste interior (elaboración propia).

# DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	1/2	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO
DIBUJO Y PIEZA	Perfil de acero			
Troqueladora, almacén de PP5 y PP6				
OPERACIÓN	Perforado en troquel de perfil cortado de acero			
FECHA	julio 2013			
LUGAR	Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO	-			
ELABORADO POR	MIEG / SBMB			

DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➡	◐	▽	○	➡	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por 6 perfiles a caja plástica PP5		*				*			Va por 6 perfiles a caja plástica PP5
Toma 6 perfiles de caja plástica	*				*				Toma 6 perfiles de caja plástica
Lleva perfiles a soporte de troqueladora		*				*			Lleva perfiles a soporte de troqueladora
Posiciona perfiles en soporte	*				*				Posiciona perfiles en soporte
Suelta perfiles en soporte	*				*				Suelta perfiles en soporte
Espera			*			*			Va por perfil a soporte
Espera			*		*				Toma perfil de soporte
Espera			*		*				Posiciona perfil al frente de troquel
Espera			*		*				Inserta perfil en guía de troquel
Espera			*				*		Sostiene perfil
Espera			*		*				Libera perfil de guía de troquel
Espera			*			*			Lleva perfil a almacén de PP6
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP6
Espera			*			*			Va por perfil a soporte
Espera			*		*				Toma perfil de soporte
Espera			*		*				Posiciona perfil al frente de troquel
Espera			*		*				Inserta perfil en guía de troquel
Espera			*				*		Sostiene perfil
Espera			*		*				Libera perfil de guía de troquel
Espera			*			*			Lleva perfil a almacén de PP6
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP6
Espera			*			*			Va por perfil a soporte
Espera			*		*				Toma perfil de soporte
Espera			*		*				Posiciona perfil al frente de troquel
Espera			*		*				Inserta perfil en guía de troquel
Espera			*				*		Sostiene perfil
Espera			*		*				Libera perfil de guía de troquel
Espera			*			*			Lleva perfil a almacén de PP6
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP6
Espera			*			*			Va por perfil a soporte
Espera			*		*				Toma perfil de soporte
Espera			*		*				Posiciona perfil al frente de troquel
Espera			*		*				Inserta perfil en guía de troquel

CONTINÚA EN LA HOJA 2

## DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA 1		HOJA 2/2		DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO					
DIBUJO Y PIEZA		Perfil de acero							
Prensadora, almacén de PP5 y PP6									
OPERACIÓN		Perforado en prensa de perfil cortado de acero							
FECHA		julio 2013							
LUGAR		Área de Jaladeras de acero							
OPERARIO		-							
ELABORADO POR		MIEG / SBMB							
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◻	▽	○	➔	◻	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Espera			*					*	Sostiene perfil
Espera			*		*				Libera perfil de guía de prensa
Espera			*		*	*			Lleva perfil a almacén de PP6
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP6
Espera			*		*	*			Va por perfil a soporte
Espera			*		*				Toma perfil de soporte
Espera			*		*				Posiciona perfil al frente de prensa
Espera			*		*				Inserta perfil en guía de prensa
Espera			*		*		*		Sostiene perfil
Espera			*		*				Libera perfil de guía de prensa
Espera			*		*	*			Lleva perfil a almacén de PP6
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP6
Espera			*		*	*			Va por perfil a soporte
Espera			*		*				Toma perfil de soporte
Espera			*		*				Posiciona perfil al frente de prensa
Espera			*		*				Inserta perfil en guía de prensa
Espera			*		*		*		Sostiene perfil
Espera			*		*				Libera perfil de guía de prensa
Espera			*		*	*			Lleva perfil a almacén de PP6
Espera			*		*				Suelta perfil en almacén de PP6
RESUMEN					OBSERVACIONES				
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		El prerolado del perfil se realiza cuando el operario empuja con ambas manos el perfil colocado en la roladora.  Cuando el tubo se rola el operario tiene que caminar para sujetar el extremo saliente del perfil.				
	IZQ	DER	IZQ	DER					
OPERACIONES	3	33							
TRANSPORTES	2	14							
ESPERAS	48								
SOSTENIMIENTOS		6							
TOTALES	53	53							

Diagrama Bimanual 10. Perforado en troquel (elaboración propia).

# DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	1/2	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO
DIBUJO Y PIEZA	Perfil de acero			
	Almacén de PP6, esmeril, almacén de PP7			
OPERACIÓN	Reducción de espesor de ambos extremos del perfil de acero			
FECHA	julio 2013			
LUGAR	Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO				
ELABORADO POR	MIEG / SBMB			

DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◐	▽	○	➔	◐	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por jaladeras a almacén de PP6		*				*			Va por jaladeras a almacén de PP6
Toma caja plástica de almacén de PP6	*				*				Toma caja plástica de almacén de PP6
Lleva caja plástica frente a esmeril		*				*			Lleva caja plástica frente a esmeril
Coloca caja plástica frente a esmeril	*				*				Coloca caja plástica frente a esmeril
Va por jaladera a caja plástica		*					*		Espera
Toma jaladera de caja plástica	*						*		Espera
Lleva jaladera a esmeril		*					*		Espera
Sujeta jaladera	*				*				Sujeta jaladera
Posiciona jaladera frente a esmeril	*				*				Posiciona jaladera frente a esmeril
Acerca jaladera a esmeril	*				*				Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera				*				*	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	*				*				Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	*				*				Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril				*				*	Sostiene jaladera frente a esmeril
Gira a posición inicial	*				*				Gira a posición inicial
Acerca jaladera a esmeril	*				*				Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera				*				*	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	*				*				Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	*				*				Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril				*				*	Sostiene jaladera frente a esmeril
Gira a posición inicial	*				*				Gira a posición inicial
Acerca jaladera a esmeril	*				*				Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera				*				*	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 180° la jaladera	*				*				Gira 180° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	*				*				Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril				*				*	Sostiene jaladera frente a esmeril
Acerca jaladera a esmeril	*				*				Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera				*				*	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	*				*				Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	*				*				Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril				*				*	Sostiene jaladera frente a esmeril
Sujeta extremo de jaladera	*				*				Suelta jaladera
Suelta jaladera	*				*				Sujeta extremo de jaladera

CONTINÚA EN HOJA 2

## DIAGRAMA BIMANUAL

DIAGRAMA	1	HOJA	2/2	DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO							
DIBUJO Y PIEZA	Perfil de acero										
	Almacén de PP6, esmeril, almacén de PP7 y PT										
OPERACIÓN	Reducción de espesor de ambos extremos del perfil de acero										
FECHA	julio 2013										
LUGAR	Área de Jaladeras de acero										
OPERARIO											
ELABORADO POR	MIEG / SBMB										
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	○	➔	◩	▽	○	➔	◩	▽	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA		
Espera			*		*				Gira jaladera		
Sujeta extremo de jaladera	*				*				Sujeta cuerpo de jaladera		
Posiciona jaladera frente a esmeril	*				*				Posiciona jaladera frente a esmeril		
Acerca jaladera a esmeril	*				*				Acerca jaladera a esmeril		
Sostiene extremo de jaladera				*				*	Sostiene cuerpo de la jaladera		
Gira 90° la jaladera	*				*				Gira 90° la jaladera		
Aleja jaladera de esmeril	*				*				Aleja jaladera de esmeril		
Sostiene jaladera frente a esmeril				*				*	Sostiene jaladera frente a esmeril		
Gira a posición inicial	*				*				Gira a posición inicial		
Acerca jaladera a esmeril	*				*				Acerca jaladera a esmeril		
Sostiene extremo de jaladera				*				*	Sostiene cuerpo de la jaladera		
Gira 90° la jaladera	*				*				Gira 90° la jaladera		
Aleja jaladera de esmeril	*				*				Aleja jaladera de esmeril		
Sostiene jaladera frente a esmeril				*				*	Sostiene jaladera frente a esmeril		
Gira a posición inicial	*				*				Gira a posición inicial		
Acerca jaladera a esmeril	*				*				Acerca jaladera a esmeril		
Sostiene extremo de jaladera				*				*	Sostiene cuerpo de la jaladera		
Gira 180° la jaladera	*				*				Gira 180° la jaladera		
Aleja jaladera de esmeril	*				*				Aleja jaladera de esmeril		
Sostiene jaladera frente a esmeril				*				*	Sostiene jaladera frente a esmeril		
Acerca jaladera a esmeril	*				*				Acerca jaladera a esmeril		
Sostiene extremo de jaladera				*				*	Sostiene cuerpo de la jaladera		
Gira 90° la jaladera	*				*				Gira 90° la jaladera		
Aleja jaladera de esmeril	*				*				Aleja jaladera de esmeril		
Sostiene jaladera frente a esmeril				*				*	Sostiene jaladera frente a esmeril		
Suelta jaladera	*				*				Sujeta jaladera		
Espera			*		*				Lleva jaladera a almacén de PP7		
Espera			*		*				Suelta jaladera en almacén de PP7		
Va por caja a almacén de PP7		*			*				Va por caja a almacén de PP7		
Toma caja de jaladeras	*				*				Toma caja de jaladeras		
Lleva caja de jaladeras a almacén de PT			*		*				Lleva caja de jaladeras a almacén de PT		
Coloca caja en almacén de PT	*				*				Coloca caja en almacén de PT		
Reordena jaladeras en almacén de PT	*				*				Reordena jaladeras en almacén de PT		
RESUMEN					OBSERVACIONES						
METODO	ACTUAL		PROPUESTO		La reducción del espesor en ambos extremos de la pieza se realiza cuando el operario sostiene con ambas manos la jaladera frente al esmeril y la gira.						
	IZQ	DER	IZQ	DER							
OPERACIONES	41	42									
TRANSPORTES	6	5									
ESPERAS	3	3									
SOSTENIMIENTOS	16	16									
TOTALES	66	66									

**Diagrama Bimanual 11. Reducción de espesor (elaboración propia).**

## CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE TIEMPOS

En este capítulo se describen los estudios de tiempos realizados, sus bases teóricas y su aplicación técnica con el fin de obtener el tiempo estándar necesario para realizar el balanceo de las líneas de producción del aro de seguridad y la jaladera de acero.

### 3.1 DEFINICIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

#### 3.1.1 Medición de la duración trabajo

La medición del trabajo está basada en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según un proceso definido con anterioridad. Las técnicas se pueden utilizar de manera conjunta o bien de manera independiente.

La medición de la duración trabajo tiene objetivos específicos:

- Sirve para investigar, reducir y finalmente eliminar el tiempo improductivo; es decir, el tiempo durante el cual no se ejecuta trabajo productivo, por cualquier causa que sea.
- Sirve para fijar tiempos tipo de ejecución del trabajo, medidas o normas de rendimientos para la ejecución de una tarea.

La medición de la duración del trabajo puede provocar una reacción en cadena en toda la empresa, ya que se trata de mejorar la forma en que se realiza el trabajo y el tiempo en el cual se ejecutan las operaciones, todo ello involucra fuertemente a los trabajadores y a los directivos.

#### 3.1.2 El estudio de tiempos y movimientos

Los estudios de tiempos y movimientos son simuladores de la realidad y tratan de plasmar todas las causas involucradas en el proceso para cuantificar el tiempo de trabajo necesario.

El estudio de tiempos se lleva a cabo en las etapas descritas en la figura 9:

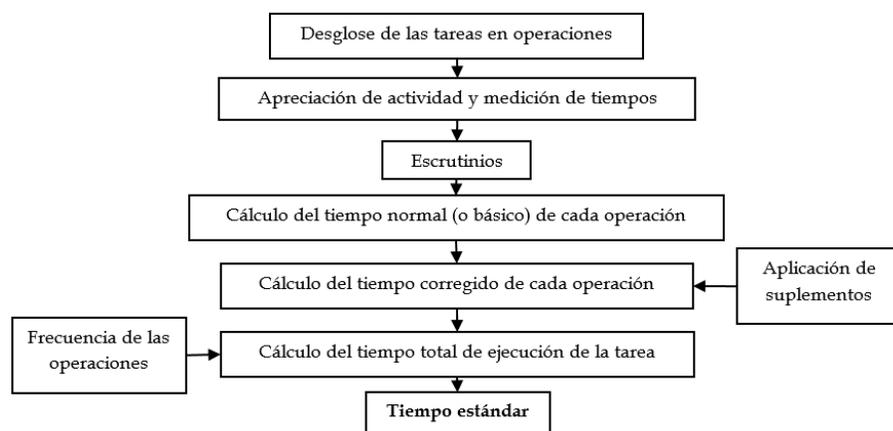


Figura 9. Etapas del estudio de tiempos para el cálculo del tiempo estándar. Fuente Cruelles [2013], pp. 23.

Una tarea está compuesta por un conjunto de operaciones que pueden tener distinta naturaleza. Después de su plena identificación, su duración se medirá con un cronometro quedando registrado el tiempo.

Para cada operación se deberá tomar un número determinado de mediciones en función de su complejidad, dimensión, repetición e importancia (se usan herramientas estadísticas para determinar el número de mediciones).

Después de tomar el número necesario de mediciones, se realizará un recuento para cada operación que compone la tarea, con el objetivo de obtener el tiempo normal de esta. El analista debe ser lo más detallista posible para ser justo y evitar que se produzcan desviaciones. El objetivo es que los tiempos calculados sean equitativos tanto para la empresa como para el trabajador.

A cada tiempo normal se le aplicarán sus correspondientes suplementos, obteniendo así el tiempo corregido de cada operación. El siguiente paso será calcular cual es la frecuencia normal de cada operación; es decir, las veces que se repite. Esta frecuencia, será variable en función de una serie de fórmulas y parámetros estadísticos.

### 3.1.3 Tiempo normal o básico

El tiempo normal (también conocido como básico) de una operación puede obtenerse analizando directamente la operación y tomando tiempos con cronometro o del análisis de un sistema de tiempos predeterminados, este sistema comprende un procedimiento que analiza cualquier operación manual o método por los movimientos básicos necesarios para ejecutarlos.

De acuerdo a la naturaleza de las operaciones puede decidirse entre un método u otro, en este trabajo se dará un énfasis especial al sistema de tiempos predeterminados.

### 3.1.4 Sistema de tiempos predeterminados

Un sistema de tiempos predeterminados (MTM por las siglas en inglés de *Methods Time Measurement*), es una colección de tiempos tipo predeterminados de movimientos básicos. Se asignan a los movimientos fundamentales (como alcanzar, girar, agarrar, posicionar, soltar y dejar) y a grupos de movimientos que no es posible evaluar con precisión mediante los procedimientos normales de estudio de tiempos con cronometro.

La utilización de MTM para la obtención de los tiempos de ejecución de las operaciones limita la observación de las mismas al registro de los movimientos necesarios para realizarlos sin el uso de ninguna toma de tiempos.

A partir de tablas en las que se cuantifica el tiempo de ejecución de cada movimiento, según el tipo del mismo y ciertas características, se obtienen los tiempos estándar para cada operación compleja. El valor de cada tiempo normal no incluye suplementos personales, lógicamente deberán agregarse.

Las unidades utilizadas, en el sistema MTM, son los tmu (en inglés *time measurement unit*, unidades de medida de tiempos), cuya equivalencia en segundos es:

$$1 \text{ tmu} = 1/28 \text{ segundo}$$

Estas tablas, de la tabla I a la tabla X, están disponibles en el Anexo en el apartado del Sistema de tiempos predeterminados.

## 3.2 CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR Y SUPLEMENTOS

### 3.2.1 Cálculo del tiempo corregido de una operación

Después de calcular el tiempo normal de cada operación, debe realizarse un paso más para alcanzar un tiempo estándar justo. El proceso consiste en agregar un suplemento para tener en cuenta las necesidades personales, la fatiga, imprevistos, etc. El tiempo resultante tras aplicar los suplementos se denomina *tiempo estándar de la operación*.

### 3.2.2 Suplementos

Al hacer un estudio de método es necesario considerar que la energía que necesite invertir el trabajador para ejecutar la operación debe reducirse al mínimo. Sin embargo, incluso cuando se ha ideado el método más práctico, económico y eficaz, la tarea continuará exigiendo un esfuerzo humano, por lo que hay que prever ciertos suplementos para compensar la fatiga y descansar.

### 3.2.3 Cálculo de suplementos

No existe una sola clase de suplementos que deban adicionarse al tiempo básico. La figura 10 muestra las categorías de suplementos para adicionar. Los suplementos por descanso (destinados a reponerse de la fatiga) son la única parte esencial del tiempo que se añade al tiempo básico.

Los demás suplementos, los causados por contingencias o por razones de política de la empresa y especiales, solamente se aplican bajo ciertas circunstancias.

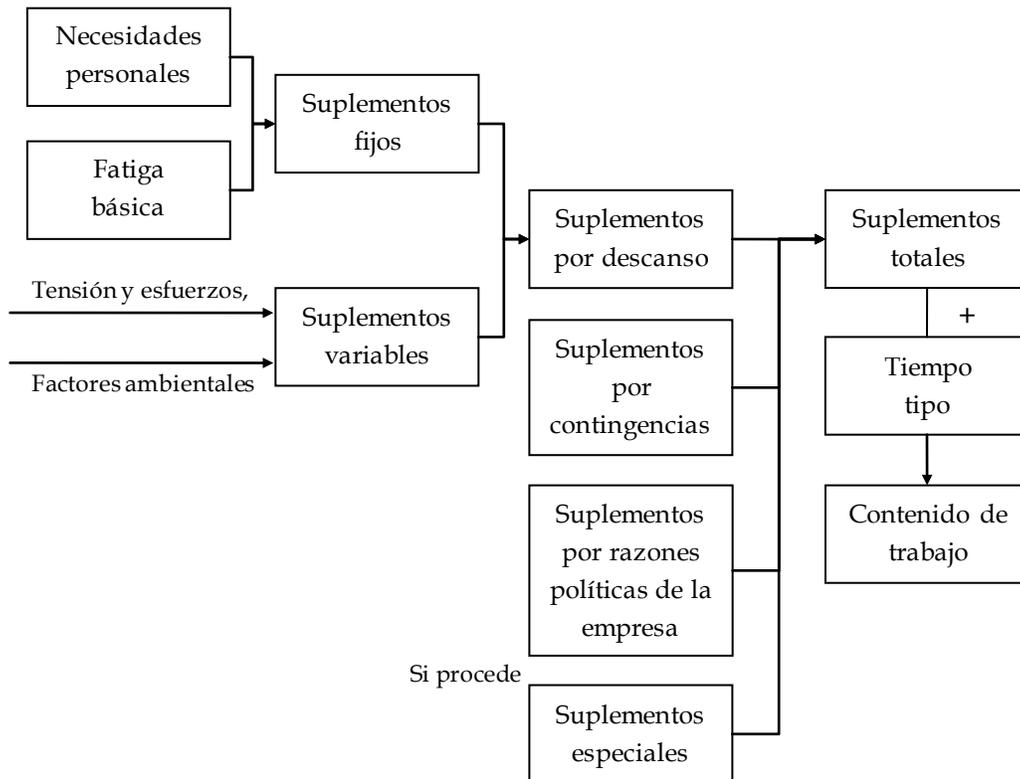


Figura 10. Suplementos a considerar para la determinación del tiempo estándar y el contenido de trabajo.  
Fuente Kanawaty [2004], pp. 338.

### 3.2.4 Suplementos por descanso

El objetivo principal de cualquier suplemento de descanso es dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales. Su valor depende de la naturaleza del trabajo.

Los *suplementos por descanso* tienen dos componentes principales: los *suplementos fijos* y los *suplementos variables*.

Los *suplementos fijos*, a su vez, se dividen en los siguientes:

- *Suplemento por necesidades personales*, que se aplica a los casos inevitables de abandono del puesto de trabajo, por ejemplo ir a beber algo, a lavarse o al sanitario; en la mayoría de las empresas que lo aplican, suele oscilar entre el cinco y el siete por ciento del tiempo básico.
- *Suplemento por fatiga básica*, que es siempre una cantidad constante y se aplica para compensar la energía consumida en la ejecución de un trabajo y para aliviar la monotonía. Es común que se fije en cuatro por ciento del tiempo básico.

Los *suplementos variables* se añaden cuando las condiciones de trabajo difieren mucho de las indicadas; por ejemplo, cuando las condiciones ambientales son malas y no se pueden mejorar, cuando aumentan el esfuerzo y la tensión para ejecutar determinada tarea, etc.

Se estudian los suplementos de descanso de forma individual para cada operación. Después de obtener el tiempo normalizado, se aplicará el correspondiente suplemento, obteniendo, así el tiempo corregido, que será el utilizado para la determinación de las capacidades de trabajo. La expresión 1 corresponde al cálculo del suplemento por descanso.

$$\text{Suplemento descanso} = \text{suplementos descanso fijo} + \text{suplemento adicional} \quad (1)$$

### 3.2.5 Otros suplementos

Algunas veces, al calcular el tiempo tipo es preciso incorporar otros suplementos además del suplemento por descanso. Cabe señalar que estos suplementos no pertenecen realmente al estudio de tiempo y deberían aplicarse con sumo cuidado, únicamente en circunstancias muy bien definidas.

A continuación se describen dos de estos suplementos.

- *Suplementos por contingencias.* Es el pequeño margen que se incluye en el tiempo estándar para prever añadidos de trabajo o demora que no es necesario medir exactamente porque aparecen sin frecuencia ni regularidad.
- *Suplementos por razones de política de la empresa.* Este suplemento es una cantidad, no ligada a las primas laborales, que se añade al tiempo estándar para que en circunstancias excepcionales, a un nivel definido de desempeño corresponda un nivel satisfactorio de ganancias.

Otra clase de suplementos que pueden considerarse son los suplementos especiales, los cuales normalmente no forman parte del ciclo de trabajo, pero sin los cuales éste no se podría efectuar debidamente. Algunos de estos suplementos son los suplementos por comienzo, suplementos por cierre, suplementos por limpieza, suplementos por herramientas entre otros.

Las tablas de suplementos, de la A a la C, y la manera de calcularlos se encuentran en el Anexo en el apartado de Tablas utilizadas para calcular suplementos por descanso.

### 3.2.6 Tiempo estándar

*Tiempo estándar* es el tiempo necesario (incluyendo suplementos de descanso) para realizar una determinada tarea desempeñada a actividad normal. Después de que se ha obtenido el tiempo normal de la operación y se tienen considerados los suplementos correspondientes puede determinarse el tiempo estándar de la operación con la expresión 2:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} \times (1 + \text{Suplemento descanso}) \quad (2)$$

El cálculo del tiempo estándar de una tarea dependerá de la naturaleza de esa tarea; es decir, si es un trabajo libre o está limitado; si los operarios trabajan en una línea de montaje donde el ritmo está definido por la cadena, etc. La figura 11 muestra el proceso para la obtención del tiempo estándar.

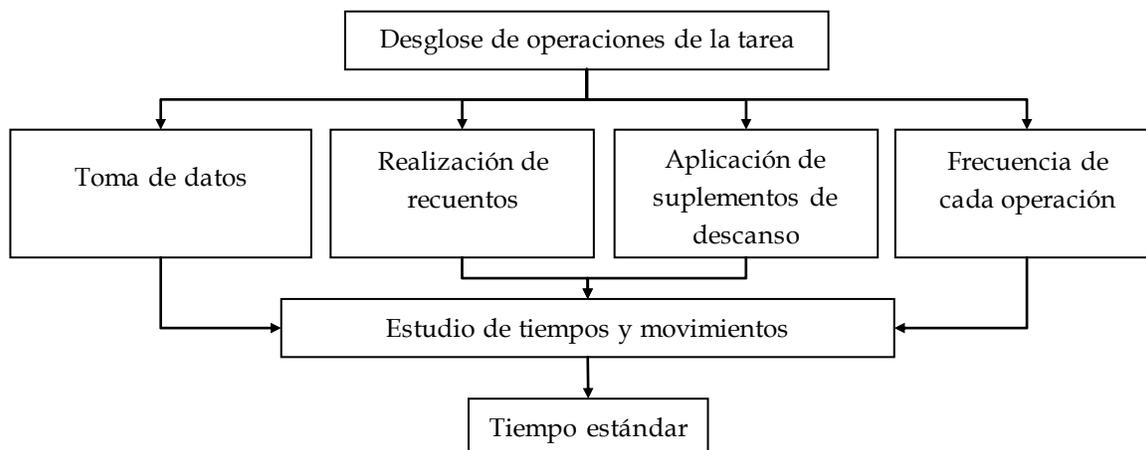


Figura 11. Esquema de proceso para la formulación del tiempo estándar. Fuente Cruelles [2013], pp. 55.

### 3.3 TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO DEL ARO DE SEGURIDAD

A continuación, en el diagrama 5, se presenta la información requerida para la obtención del tiempo básico de los procesos para la fabricación del aro de seguridad.

Los procesos analizados se encuentran en la tabla 3.

Aro de Seguridad		
No.	Actividad	Descripción
1	Corte de cinta	Colocación de extremo de cinta en troquel y corte de cinta.
2	Rolado de cinta	Doblado de cintas con rodillos (traslado de cinta a roladora, rolado y traslado a almacén).
3	Abocinado	Colocación de aro en prensa, estampado y colocación de aro en almacén.
4	Punteado	Soldadura del dispositivo al aro.

Tabla 3. Procesos analizados para la fabricación del aro de seguridad.

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Aro de seguridad			
OPERACIÓN		Corte de cinta			
LUGAR		Área de troquelado para corte de cinta metálica			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Estira brazo para tomar cinta	RC45.454	18.33	18.33	RC45.454	Estira brazo para tomar cinta
Toma extremo de cinta del portarollo	GIB	3.5	3.5	GIB	Toma extremo de cinta del portarollo
Jala extremo de cinta del portarollo	MA40	15.8	15.8	MA40	Jala extremo de cinta del portarollo
Suelta extremo de cinta	RL1	2	2	RL1	Suelta extremo de cinta
Va por cinta	RC45.454	18.33	18.33	RC45.454	Va por cinta
Toma cinta	GIB	3.5	3.5	GIB	Toma cinta
Jala cinta	MA40	15.8	15.8	MA40	Jala cinta
Suelta cinta	RL1	2	2	RL1	Suelta cinta
Va por cinta	RC45.454	18.33	18.33	RC45.454	Va por cinta
Toma cinta	GIB	3.5	3.5	GIB	Toma cinta
Jala cinta	MA40	15.8	15.8	MA40	Jala cinta
Suelta cinta	RL1	2	-	-	Sostiene cinta antes de la prensa
Espera	-	-	-	-	Sostiene cinta antes de la prensa
Va por cinta	RC45.454	18.33	-	-	Sostiene cinta antes de la prensa
Toma cinta	GIB	3.5	-	-	Sostiene cinta antes de la prensa
Posiciona cinta hasta marca de corte	P3SF	43	-	-	Sostiene cinta antes de la prensa
Sostiene cinta en marca de corte	-	-	3.5	RL1	Suelta cinta
Sostiene cinta en marca de corte	-	-	18.33	RC45.454	Va a cinta después de prensa
Sostiene cinta en marca de corte	-	-	3.5	GIB	Sujeta cinta
Sostiene cinta en marca de corte	-	-	-	-	Sostiene cinta después de la prensa
Saca cinta del canal de corte	D2F	7.5	7.5	D2F	Saca cinta del canal de corte
Suelta cinta	-	-	3.5	GIB	Sujeta cinta
Espera	-	-	25.32	MB	Lleva cinta a almacén de PP1
Espera	-	-	2	RL1	Suelta cinta en almacén de PP1
TOTAL[tmu]=		247.37			
TOTAL [s]=		8.83			

Diagrama 5. Tiempo básico para corte de cinta (elaboración propia).

### 3.3.1 Cálculo de suplementos

A continuación se presentan los criterios que se utilizaron para obtener los suplementos asociados al corte de cinta, en la referencias bibliográficas se puede encontrar la fuente de donde se tomaron las tablas de referencia.

Se describirá las tensiones físicas, mentales asociadas a los trabajadores; así como las tensiones físicas derivadas de las condiciones del espacio de trabajo.

El corte de cinta es una operación que se realiza de pie. Las vibraciones asociadas al corte de cinta son las propias del trabajo realizado con prensa (al sujetar el material). Se considera un ciclo breve dado que su tiempo básico es igual a 8.93 [s] (14.72 [centiminutos]). No requiere de equipo de seguridad especializado.

Dentro de las tensiones mentales, se puede considerar que el trabajo exige que el operador tenga que alimentar una prensa (troquel) sin tener que acercarse a la máquina. Además, es un trabajo que realiza de manera repetitiva durante toda la jornada. No se exige una

concentración visual específica, pero las condiciones de ruido son las propias de un taller metalmecánico con proximidad a troqueles que trabajan todo el tiempo.

La temperatura promedio es de 23 hasta 32 [°C], con humedad relativa menor a 75%, esta actividad se realiza en un área que no está completamente cerrada y por lo cual hay corrientes de aire.

Hay presencia de polvo metálico porque está cerca de área de pulido.

Todas las condiciones descritas y sus puntuaciones, obtenidas de la tabla IV de la sección de Tablas utilizadas para el calcular suplementos por descanso en el anexo, se muestran en la tabla 4.

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	0
	Postura	Trabajo de pie	4
	Vibraciones	Operación con prensa (troquel)	2
	Ciclo breve	14.72 [centiminutos]	3
	Ropa molesta	Sin ropa molesta	0
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar prensa sin tener que aproximarse	2
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante toda la jornada	11
	Tensión visual	Inspeccionar defectos fácilmente visibles	0
	Ruido	Taller metalmecánico (Cercanía a prensas en continuo uso)	4
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 23 a 25 [°C] con humedad menor al 75%	6
	Ventilación	Taller con corrientes de aire	3
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Polvo proveniente del área de pulido	2
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Trabajo al aire libre	1
TOTAL			40
VALOR EN TABLA			0.19
SUPLEMENTOS FIJOS			0.09
TIEMPO ESTÁNDAR			11.31

**Tabla 4. Resumen de suplementos asociados al corte de cinta.**

En este caso, la suma de suplementos es (.28), el tiempo estándar se obtiene de la siguiente manera, empleando la expresión 2:

$$\text{Tiempo estándar} = 8.83 \times (1 + .28) = 11.31[s]$$

En las siguientes operaciones del proceso de fabricación del aro de seguridad, solamente se incluyen los diagramas de tiempo básico, del 6 al 8, y las tablas resumen de los suplementos, correspondientes a las tablas 5, 6 y 7.

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Aro de seguridad			
OPERACIÓN		Rolado de cinta en roladora			
LUGAR		Área de rolado de cinta metálica			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por cintas a almacén de PP1	RA63.9	15.4	15.4	RA63.9	Va por cinta a almacén de PP1
Toma cintas	GIB	3.5	3.5	GIB	Toma cintas
Levanta cintas	MB80	25.7	25.7	MB80	Levanta cintas
Sujeta cintas	GIB	3.5	3.5	GIB	Sujeta cintas
Lleva cintas a almacén de PP2					Lleva cintas a almacén de PP2
Posiciona cintas en almacén de PP2	P1SF	5.6	5.6	P1SF	Posiciona cintas en almacén de PP2
Suelta cintas en almacén de PP2	RL1	2	2	RL1	Suelta cintas en almacén de PP2
Va por tira metálica a almacén de PP2	RC45.454	18.33	-	-	Espera
Toma cinta metálica	GIB	3.5	-	-	Espera
Sostiene cinta metálica	-	-	18.33	RC45.454	Va por extremo de cinta
Sostiene cinta metálica	-	-	3.5	GIB	Toma extremo de cinta metálica
Lleva cinta a roladora	MC40	18.5	18.5	MC40	Lleva cinta a roladora
Inserta cinta en rodillo de roladora	P3SF	43	-	-	Sostiene cinta metálica
Suelta cinta	RL1	2	-	-	Sostiene cinta metálica
Espera	-	-	3.5	GIB	Sujeta extremo de cinta metálica
Toma extremo de aro	GIB	3.5	2	RL1	Suelta cinta
Sostiene extremo de aro	-	-	-	-	Espera
Sostiene extremo de aro	-	-	3.5	GIB	Sujeta extremo de aro
Sostiene aro	-	-	2	RL1	Suelta aro
Lleva aro a almacén de PP3					Espera
Suelta aro en almacén de PP3	RL1	2	-	-	Espera
TOTAL[tmu]		177.36			
=					
TOTAL[s] =		6.33			

Diagrama 6. Tiempo básico para rolado (elaboración propia).

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	0
	Postura	Trabajo de pie	4
	Vibraciones	Operación con prensa (troquel)	2
	Ciclo breve	10.55 [centiminutos]	5
	Ropa molesta	Botas de caucho	2
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar prensa sin tener que aproximarse	2
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante una parte de la jornada	5
	Tensión visual	Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle Taller metalmecánico (Cercanía a prensas en continuo uso)	4
	Ruido		4
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 23 a 25 [°C] con humedad menor al 75%	6
	Ventilación	Taller con ventilación aceptable	1
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Polvo proveniente del área de pulido	0
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Taller normal	0
TOTAL			37
VALOR EN TABLAS			0.18
SUPLEMENTOS FIJOS			0.09
TIEMPO ESTANDAR			8.04

**Tabla 5. Resumen de suplementos asociados al rolado.**

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Aro de seguridad			
OPERACIÓN		Troquelado (abocinado) de aro			
LUGAR		Área de troquelado de aros de seguridad			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCION MANO DERECHA
Va por aros a almacén de PP3	W-M	98.55	98.55	W-M	Va por aros a almacén de PP3
Estira brazo para tomar aros	RC43	17.64	17.64	RC43	Estira brazo para tomar aros
Toma aros	G4A	7.3	7.3	G4A	Toma aros
Recoge brazo con aros	MB43	16.3	16.3	MB43	Recoge brazos con aros
Lleva aros a almacén de PP4					Lleva aros a almacén de PP4
Posiciona aros en almacén de PP4	P2SF	16.2	16.2	P2SF	Posiciona aros en almacén de PP4
Suelta aros	RL1	2	2	RL1	Suelta aros
Espera	-	-	18.33	RC45.454	Va por aro
Espera	-	-	2	G1A	Toma aro
Espera	-	-	20.25	MC45.454	Lleva aro a prensa
Va por aro	RC45.454	18.33	-	-	Sostiene aro
Toma aro	G1A	2	-	-	Sostiene aro
Posiciona aro en prensa	P3SF	43	-	-	Sostiene aro
Sostiene aro	-	-	-	-	Sostiene aro
Sostiene aro	-	-	2	RL1	Suelta aro
Lleva aro a almacén de PP5	MC45.454	20.25	-	-	Espera
Suelta aro	RL1	2	-	-	Espera
Estira brazo para tomar aros	RC45.454	18.33	18.33	RC45.454	Estira brazo para tomar aros
Toma aros	G4A	7.3	7.3	G4A	Toma aros
Lleva aros a almacén de PP6	MC45.454	20.25	20.25	MC45.454	Lleva aros a almacén de PP6
Coloca aros en almacén de PP6	P2SF	16.2	16.2	P2SF	Coloca aros en almacén de PP6
Suelta aros	RL1	2	2	RL1	Suelta aros
TOTAL[tmu]		251.68			
=					
TOTAL[s] =		8.99			

Diagrama 7. Tiempo básico para abocinado (elaboración propia).

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	0
	Postura	Sentado incómodamente	2
	Vibraciones	Operación con prensa (troquel)	2
	Ciclo breve	14.98 [centiminutos]	2
	Ropa molesta	Botas de caucho y guantes	2
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar prensa sin tener que aproximarse	6
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante una parte de la jornada	5
	Tensión visual	Inspeccionar defectos fácilmente visibles Taller metalmecánico (Cercanía a prensas en continuo uso)	2
	Ruido		4
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 23 a 25 [°C] con humedad menor al 75%	6
	Ventilación	Taller con ventilación aceptable	1
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Sin polvo	0
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Taller normal	0
TOTAL			34
VALOR EN TABLAS			0.17
SUPLEMENTOS FIJOS			0.09
TIEMPO ESTANDAR			11.33

**Tabla 6. Resumen de suplementos asociados al abocinado.**

# TIEMPO BÁSICO

PRODUCTO		Aro de seguridad			
OPERACIÓN		Punteado de dispositivo de cierre en Aro de seguridad			
LUGAR		Área de punteado de aros			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Espera	-	-	-	-	Va por caja de plástico
Espera	-	-	2	GIA	Toma caja de plástico
Espera	-	-	-	-	Lleva caja de plástico por dispositivos
Espera	-	-	5.6	PISF	Coloca caja de plástico en el suelo
Va por dispositivos	RC45.454	18.33	18.33	RC45.454	Va por dispositivos
Coloca los dispositivos en la caja	RL1	2	2	RL1	Coloca dispositivos en la caja
Va por caja	RA63.9	15.4	15.4	RA63.9	Va por caja
Sujeta caja	GIA	2	2	GIA	Sujeta caja
Lleva caja a zona de punteado					Lleva caja a zona de punteado
Deposita caja a lado de punteadora	RL1	2	2	RL1	Deposita caja a lado de punteadora
Va por aros a almacén de PP6	RC45.454	18.33	18.33	RC45.454	Va por aros a almacén de PP6
Toma aros de almacén	G4A	7.3	7.3	G4A	Toma aros de almacén
Lleva aros a almacén de PP7	MA42.9	16.73	16.73	MA42.9	Lleva aros a almacén de PP7
Deposita aros en almacén	RL1	2	2	RL1	Deposita aros en almacén
Va por aro de almacén de PP7	RC45.454	18.33	-	-	Espera
Toma aro	GIA	2	-	-	Espera
Eleva aro	MC45.454	20.25	-	-	Espera
Sostiene aro	-	-	18.33	RC45.454	Va por aro
Lleva aro a punteadora	MC45.454	20.25	20.25	MC45.454	Lleva aro a punteadora
Posiciona aro en punteadora	P3SF	43	43	P3SF	Posiciona aro en punteadora
Suelta aro	RL1	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Va por dispositivo	RC45.454	18.33	-	-	Sostiene aro en punteadora
Toma dispositivo	GIA	2	-	-	Sostiene aro en punteadora
Lleva dispositivo a punteadora	MC45.454	20.25	-	-	Sostiene aro en punteadora
Sujeta dispositivo	GIA	2	2	RL1	Suelta aro
Sujeta dispositivo	GIA	2	2	GIA	Sujeta dispositivo
Sostiene dispositivo	-	-	10.6	APA	Abre dispositivo
Sostiene dispositivo	-	-	47.8	P3NSF	Posiciona dispositivo
Posiciona dispositivo	P3NSF	47.8	47.8	P3NSF	Posiciona dispositivo
Coloca dispositivo en punteadora	P3NSF	47.8	2	RL1	Suelta dispositivo
Sujeta dispositivo	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Posiciona dispositivo	P3NSF	47.8	-	-	Sostiene aro en punteadora
Sujeta dispositivo	GIA	2	2	RL1	Suelta aro
Suelta dispositivo	RL1	2	-	-	Espera
Sujeta aro en punteadora	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Sostiene aro	-	-	2	RL1	Suelta aro
Sostiene aro	-	-	47.8	P3NSF	Acomoda dispositivo
Sujeta aro en punteadora	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Recorre aro	MA9.159	9.16	9.16	MA9.159	Recorre aro
Sujeta aro en punteadora	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Recorre aro	MA9.159	9.16	9.16	MA9.159	Recorre aro
Sujeta aro en punteadora	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Sujeta aro en punteadora	GIA	2	2	RL1	Suelta aro
Sujeta aro	RL1	2	2	GIA	Sujeta extremo contrario de aro
Espera	-	-	43	P3SF	Posiciona aro en punteadora
Sujeta dispositivo	GIA	2	2	RL1	Suelta aro
Posiciona dispositivo	P3NSF	47.8	47.8	P3NSF	Posiciona dispositivo
Sostiene dispositivo	-	-	47.8	P3NSF	Posiciona dispositivo

Continúa en hoja 2

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Aro de seguridad			
OPERACIÓN		Punteado de dispositivo de cierre en Aro de seguridad			
LUGAR		Área de punteado de aros			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Sujeta dispositivo	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Sujeta aro en punteadora	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Recorre aro	MA9.159	9.16	9.16	MA9.159	Recorre aro
Sujeta aro en punteadora	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro en punteadora
Saca aro de punteadora	D2F	7.5	7.5	D2F	Saca aro de punteadora
Cierra dispositivo	APA	10.6	2	GIA	Sujeta aro
Sujeta aro	GIA	2	2	GIA	Sujeta aro
Suelta aro	RL1	2	20.25	MC45.454	Lleva aro a almacén de PP8
Espera	-	-	2	RL1	Suelta aro en almacén de PP8
Va por aros a almacén de PP8	RC45.454	18.33	18.33	RC45.454	Va por aros a almacén de PP8
Toma aros de almacén	G4A	7.3	7.3	G4A	Toma aros de almacén
Lleva aros a almacén de PP9	-	-	-	-	Lleva aro a almacén de PP9
Deposita aros en almacén de PP9	RL1	2	2	RL1	Deposita aros en almacén de PP9
TOTAL[tmu]		774.09			
=					
TOTAL[s] =		27.65			

Diagrama 8. Tiempo básico para punteado (elaboración propia).

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	0
	Postura	Sentado incómodamente	2
	Vibraciones	Operación con planta soldadora	2
	Ciclo breve	No aplicable	0
	Ropa molesta	Guantes de piel de uso industrial, oberol	5
Mentales	Concentración / Ansiedad	Trabajo complejo que no puede ser automatizado	10
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante toda la jornada	11
	Tensión visual	Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle	4
	Ruido	Taller metalmecánico (Cercanía a prensas en continuo uso)	4
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 23 a 32 [°C] con humedad menor al 75%	9
	Ventilación	Trabajo sin ventilación adecuada	3
	Emanaciones de gases	Soldadura por resistencia	1
	Polvo	Sin polvo	0
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Taller normal	0
TOTAL			53
VALOR EN TABLAS			0.19
SUPLEMENTOS FIJOS			0.09
TIEMPO ESTANDAR			11.31

**Tabla 7. Resumen de suplementos asociados al punteado.**

### 3.4 TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE LA JALADERA DE ACERO

A continuación se presenta el diagrama 9, que muestra las actividades para la obtención del tiempo estándar de los procesos para la fabricación de la jaladera de acero.

Los procesos analizados se muestran en la tabla 8.

<b>Jaladera de acero</b>		
<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
1	Prerrolado	Traslado de perfil de almacén, montaje en roladora, doblado con rodillos y traslado a almacén.
2	Rolado	Traslado de perfil de almacén, montaje en roladora, segundo y tercer doblado con rodillos y traslado en almacén.
3	Corte de perfil	Traslado de perfil a sierra, corte de perfil a medida y traslado a almacén.
4	Desbaste exterior	Traslado de piezas a área de esmeril, inspección y desbaste exterior de los perfiles.
5	Desbaste interior	Traslado de piezas a área de fresado, desbaste interior de perfiles y traslado a almacén.
6	Perforado	Perforación de un extremo del perfil en troquel y almacenamiento.
7	Reducción de espesor de extremos	Traslado de perfiles a área de esmeril, desbaste de extremos para reducir el espesor, inspección final y almacenamiento.

**Tabla 8. Procesos analizados para la fabricación de la jaladera de acero.**

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Prerolado del perfil de acero			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Espera	-	-	18.4	RA80	Va por trapo de tela a almacén de MP
Espera	-	-	2	GIA	Toma trapo de tela
Espera	-	-	7.3	G4A	Toma perfil
Espera	-	-	25.7	MB80	Alza perfil
Va por perfil	RA45.454	12.18	5.6	PISF	Coloca perfil en el suelo (vertical)
Sujeta perfil	GIA	2	-	-	Sostiene perfil
Sostiene perfil	-	-	10.6	APA	Limpia extremo de perfil
Sujeta perfil	GIA	2	2	GIA	Sujeta perfil
Gira perfil en posición horizontal	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira perfil en posición horizontal
Lleva perfil a roladora	MC45.454	20.25	20.25	MC45.454	Lleva perfil a roladora
Inserta perfil en rodillo	P3SF	43	2	GIA	Sujeta perfil
Empuja perfil	APA	10.6	10.6	APA	Empuja perfil
Suelta perfil	RL1	2	10.6	APA	Empuja perfil
Espera	-	-	10.6	APA	Limpia extremo de perfil
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil
Espera	-	-	2	RLA	Avienta trapo a almacén de MP
Espera	-	-	2	GIA	Toma extremo de perfil rolado
Espera	-	-	2	GIA	Sujeta perfil
Espera	-	-	25.32	MB78.883	Lleva perfil a almacén de PP1
Espera	-	-	5.6	PISF	Acomoda perfil en almacén de PP1
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP1
		TOTAL[tmu]	221.55		
		=			
		TOTAL [s] =	7.91		

Diagrama 9. Tiempo básico para prerolado (elaboración propia).

### 3.4.1 Cálculo de suplementos

En esta sección se describen las tensiones físicas, mentales asociadas a los trabajadores, así como las tensiones físicas derivadas de las condiciones del espacio de trabajo.

El prerolado es una operación que se realiza de pie. No hay presencia de vibraciones. Se considera un ciclo breve dado que su tiempo básico es igual a 7.91 [s] (13.18 [centiminutos]). Es necesario usar guantes de uso industrial.

Dentro de las tensiones mentales, se puede considerar que el trabajo exige que el operador tenga que alimentar una máquina (roladora) sin tener que aproximarse.

Además, es un trabajo que realiza de manera repetitiva durante toda la jornada. Se requiere inspeccionar defectos fácilmente visibles. En este caso, las condiciones de ruido son las propias de un taller con un compresor que trabaja de manera intermitente. La temperatura promedio es de 23 hasta 32 [°C], con humedad relativa menor a 75%, el taller está cerrado, pero por su estructura presenta temperaturas elevadas.

La tabla 9 presenta un resumen de las tensiones así como su valoración de acuerdo a la tabla IV de la sección de Tablas utilizadas para el calcular suplementos por descanso en el anexo.

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	
	Postura	Trabajo de pie	4
	Vibraciones	Sin presencia de vibraciones considerables	0
	Ciclo breve	13.18 [centiminutos]	3
	Ropa molesta	Guantes industriales	5
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar máquina sin tener que aproximarse	2
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante toda la jornada	11
	Tensión visual	Inspeccionar defectos fácilmente visibles	2
	Ruido	Cercanía con un compresor que trabaja de manera intermitente	5
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 25 a 32 [°C] con humedad menor al 75 %	9
	Ventilación	Taller con ventilación aceptable	1
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Sin presencia de polvo	0
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Operaciones normales de fábrica	0
TOTAL			44
VALOR EN TABLAS			0.21
SUPLEMENTOS FIJOS			0.09
TIEMPO ESTÁNDAR			10.29

**Tabla 9. Resumen de suplementos asociados al rolado.**

Al igual que en el caso del tiempo estándar de las operaciones para fabricar el aro de seguridad, a continuación se presentarán solamente los diagramas de tiempo básico (ver diagramas del 10 al 15) y las tablas resumen de complementos (ver tablas de la 10 a la 15).

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Rolado del perfil de acero			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Espera	-	-	18.4	RA80	Va por perfil a almacén
Espera	-	-	7.3	G4A	Toma perfil
Va por perfil	RA45.454	12.18	20.25	MC45.454	Lleva perfil a roladora
Sujeta perfil	GIA	2	43	P3SF	Inserta perfil en rodillo
Empuja perfil	APA	10.6	10.6	APA	Empuja perfil
Suelta perfil	RL1	2	10.6	APA	Empuja perfil
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil
Va por perfil a almacén	RA80	18.4	18.2	RA80	Va por perfil a almacén
Toma perfil	G4A	7.3	7.3	G4A	Toma perfil
Lleva perfil a roladora	MC45.454	20.25	20.25	MC45.454	Lleva perfil a roladora
Inserta perfil en rodillo	P3SF	43	2	GIA	Sujeta perfil
Empuja perfil	APA	10.6	10.6	APA	Empuja perfil
Suelta perfil	RL1	2	10.6	APA	Empuja perfil
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil
Espera	-	-	12.18	RA45.454	Va por perfil a roladora
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil rolado
Va por perfil a roladora	RA45.454	12.18	25.32	MB78.883	Lleva perfil a almacén de PP1
Toma perfil rolado	GIA	2	2	RL1	Suelta perfil en almacén
Lleva perfil a almacén de PP1	MB78.883	25.32	-	-	Espera
Suelta perfil en almacén	RL1	2	-	-	Espera
		TOTAL[tmu]	293.12		
		=			
		TOTAL [s] =	10.47		

Diagrama 10. Tiempo básico para rolado (elaboración propia).

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	
	Postura	Trabajo de pie	4
	Vibraciones	Sin presencia de vibraciones considerables	0
	Ciclo breve	No aplicable	0
	Ropa molesta	Guantes industriales	5
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar máquina sin tener que aproximarse	2
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante toda la jornada	11
	Tensión visual	Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle	2
	Ruido	Cercanía con un compresor que trabaja de manera intermitente	5
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 25 a 32 [°C] con humedad menor al 75%	9
	Ventilación	Taller con ventilación aceptable	1
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Sin presencia de polvo	0
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Operaciones normales de fábrica	0
TOTAL			41
VALOR EN TABLAS			0.19
SUPLEMENTOS FIJOS			0.09
TIEMPO ESTÁNDAR			13.40

**Tabla 10. Resumen de suplementos asociados al rolado.**

# TIEMPO BÁSICO

PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Corte de perfil en sierra			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por perfil a almacén de PP1	RA80	18.2	18.2	RA80	Va por perfil a almacén de PP1
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil de almacén
Sujeta extremo de perfil	GIA	2	10.6	APA	Jala extremo de perfil
Lleva perfil a sierra	MC80	37	37	MC80	Lleva perfil a sierra
Posiciona perfil en sierra	P2SF	16.2	16.2	P2SF	Posiciona perfil en sierra
Coloca perfil en sierra	P2SF	16.2	16.2	P2SF	Coloca perfil en sierra
Sujeta extremo de perfil	GIA	2	43	P3SF	Asegura perfil en sierra
Sostiene perfil	-	-	18.02	RA79.001	Va a palanca de sierra
Sostiene perfil	-	-	2	GIA	Sujeta palanca de sierra
Sostiene perfil	-	-	27.98	MA79.001	Baja palanca de sierra
Sostiene perfil	-	-	27.98	MA79.001	Sube palanca de sierra
Sostiene perfil	-	-	2	RL1	Suelta palanca
Empuja perfil para recorrerlo	MA20	9.6	2	RL1	Libera perfil en sierra
Sujeta perfil	GIA	2	2	GIA	Sujeta extremo de perfil
Suelta perfil	RL1	2	9.6	MA20	Recorre extremo de perfil a marca
Asegura perfil	APA	10.6	2	GIA	Sujeta extremo de perfil
Va por palanca de sierra	RA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	GIA	2	-	-	Sostiene perfil
Baja palanca de sierra	MA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sube palanca de sierra	MA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	GIA	2	2	GIA	Toma jaladera
Sostiene palanca de sierra	-	-	13.59	MB31.2	Lleva jaladera a almacén de PP2
Sostiene palanca de sierra	-	-	2	RL1	Suelta jaladera en almacén de PP2
Suelta palanca de sierra	RL1	2	12.18	RA45.454	Va a seguro de sierra
Va por extremo de perfil en sierra	RA45.454	12.18	2	GIA	Toma seguro de sierra
Empuja perfil para recorrerlo	MA20	9.6	16.2	APB	Libera perfil en sierra
Sujeta perfil	GIA	2	2	GIA	Sujeta extremo de perfil
Suelta perfil	RL1	2	9.6	MA20	Recorre extremo de perfil a marca
Asegura perfil	APA	10.6	2	GIA	Sujeta extremo de perfil
Va por palanca de sierra	RA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	GIA	2	-	-	Sostiene perfil
Baja palanca de sierra	MA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sube palanca de sierra	MA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	GIA	2	2	GIA	Toma jaladera
Sostiene palanca de sierra	-	-	13.59	MB31.2	Lleva jaladera a almacén de PP2
Sostiene palanca de sierra	-	-	2	RL1	Suelta jaladera en almacén de PP2
Suelta palanca de sierra	RL1	2	12.18	RA45.454	Va a seguro de sierra
Va por extremo de perfil en sierra	RA45.454	12.18	2	GIA	Toma seguro de sierra
Empuja perfil para recorrerlo	MA20	9.6	16.2	APB	Libera perfil en sierra
Sujeta perfil	GIA	2	2	GIA	Sujeta extremo de perfil
Suelta perfil	RL1	2	9.6	MA20	Recorre extremo de perfil a marca
Asegura perfil	APA	10.6	2	GIA	Sujeta extremo de perfil
Va por palanca de sierra	RA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	GIA	2	-	-	Sostiene perfil
Baja palanca de sierra	MA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sube palanca de sierra	MA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	GIA	2	2	GIA	Toma jaladera
Sostiene palanca de sierra	-	-	13.59	MB31.2	Lleva jaladera a almacén de PP2

Continúa en hoja 2

TIEMPO BÁSICO					
PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Corte de perfil en sierra			
LUGAR		Área de rolado de cinta metálica			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Sostiene palanca de sierra	-	-	2	RL1	Suelta jaladera en almacén de PP2
Suelta palanca de sierra	RL1	2	12.18	RA45.454	Va a seguro de sierra
Va por extremo de perfil en sierra	RA45.454	12.18	2	GIA	Toma seguro de sierra
Empuja perfil para recorrerlo	MA20	9.6	2	RL1	Libera perfil en sierra
Sujeta perfil	GIA	2	2	GIA	Sujeta extremo de perfil
Suelta perfil	RL1	2	9.6	MA20	Recorre extremo de perfil a marca
Asegura perfil	APA	10.6	2	GIA	Sujeta extremo de perfil
Va por palanca de sierra	RA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	GIA	2	-	-	Sostiene perfil
Baja palanca de sierra	MA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sube palanca de sierra	MA79.001	18.02	-	-	Sostiene perfil
Sujeta palanca de sierra	GIA	2	13.59	MB31.2	Lleva jaladera a almacén de PP2
Sostiene palanca de sierra	-	-	2	RL1	Suelta jaladera en almacén de PP2
Suelta palanca de sierra	RL1	2	12.18	RA45.454	Va a seguro de sierra
Espera	-	-	2	GIA	Toma seguro de sierra
Espera	-	-	16.2	APB	Libera perfil en sierra
Espera	-	-	12.18	RA45.454	Va por sobrante de perfil
Espera	-	-	10.6	APA	Empuja sobrante de perfil a depósito
TOTAL =		780.42			
TOTAL =		27.87			

Diagrama 11. Tiempo básico para corte de perfil (elaboración propia).

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	
	Postura	Trabajo de pie	4
	Vibraciones	Sin presencia de vibraciones considerables	4
	Ciclo breve	No aplicable	
	Ropa molesta	Guantes industriales	5
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar sierra	6
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante una parte de la jornada	11
	Tensión visual	Inspeccionar defectos fácilmente visibles	2
	Ruido	Cercanía con un compresor que trabaja de manera intermitente	5
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 25 a 32 [°C] con humedad menor al 75%	9
	Ventilación	Taller con ventilación aceptable	1
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Presencia de polvo metálico (viruta por corte)	2
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Operaciones normales de fábrica	0
		TOTAL	51
		VALOR EN TABLAS	0.24
		SUPLEMENTOS FIJOS	0.09
		TIEMPO ESTÁNDAR	37.07

**Tabla 11. Resumen de suplementos asociados al corte de perfil.**

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Desbaste exterior e inspección de perfiles de acero en esmeril			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCION MANO DERECHA
Va por caja de jaladeras a almacén PP2	RA45.454	12.18	12.18	RA45.454	Va por caja de jaladeras a almacén PP2
Toma caja de jaladeras	GIA	2	2	GIA	Toma caja de jaladeras
Lleva caja de jaladeras a almacén PP3					Lleva caja de jaladeras a almacén PP3
Pone caja en almacén de PP3	P1SF	5.6	5.6	P1SF	Pone caja en almacén de PP3
Espera	-	-	27.7	RC80	Va por perfil a almacén de PP3
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil de almacén de PP3
Sujeta perfil	GIA	2	2	RL1	Suelta perfil
Sostiene perfil	-	-	27.7	RC80	Va por trapo de tela a almacén de PP3
Sostiene perfil	-	-	2	GIA	Sujeta trapo de tela
Sostiene perfil	-	-	28.3	MA80	Lleva trapo de tela a perfil
Sostiene perfil	-	-	10.6	APA	Limpia perfil
Suelta perfil	RL1	2	2	GIA	Sujeta perfil
Espera	-	-	9.4	TP180	Gira perfil
Sujeta perfil	GIA	2	2	RL1	Suelta perfil
Sostiene perfil	-	-	10.6	APA	Limpia perfil
Sostiene perfil	-	-	28.3	MA80	Lleva trapo de tela a almacén de PP3
Sostiene perfil	-	-	2	RL1	Suelta trapo de tela en almacén de PP3
Sostiene perfil	-	-	2	RL1	Va por perfil
Suelta perfil	RL1	2	2	GIA	Sujeta perfil
Espera	-	-	5.6	P1SF	Posiciona perfil frente a esmeril
Sujeta perfil frente a esmeril	GIA	2	2	GIA	Sujeta perfil frente a esmeril
Sostiene perfil frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene perfil frente a esmeril
Retira perfil de esmeril	MB4	4	4	MB4	Retira perfil de esmeril
Suelta perfil	RL1	2	9.4	TP180	Gira perfil
Sujeta perfil	GIA	2	2	GIA	Sujeta perfil
Sostiene perfil	-	-	5.6	P1SF	Posiciona perfil frente a esmeril
Sujeta perfil frente a esmeril	GIA	2	2	GIA	Sujeta perfil frente a esmeril
Sostiene perfil frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene perfil frente a esmeril
Retira perfil de esmeril	MB4	4	4	MB4	Retira perfil de esmeril
Suelta perfil	RL1	2	20.25	MC45.454	Lleva perfil a almacén de PP4
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP4
TOTAL [tmu] =		235.23			
TOTAL [s] =		8.40			

Diagrama 12. Tiempo básico para desbaste exterior (elaboración propia).

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	
	Postura	De pie	4
	Vibraciones	Sujetar material en esmeriladora	2
	Ciclo breve	14[centiminutos]	3
	Ropa molesta	Guantes de piel de uso industrial	5
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar máquina a mano	6
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante toda la jornada	11
	Tensión visual	Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle	4
		Cercanía con un compresor que trabaja de manera intermitente	5
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 25 a 32 [°C] con humedad menor al 75%	9
	Ventilación	Taller con ventilación aceptable	1
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Presencia de polvo metálico (viruta por corte)	1
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Operaciones normales de fábrica	0
TOTAL			53
VALOR EN TABLAS			0.26
SUPLEMENTOS FIJOS			0.09
TIEMPO ESTÁNDAR			11.34

**Tabla 12. Resumen de suplementos asociados al desbaste exterior.**

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Desbaste interior de perfiles de acero en taladro			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por caja con jaladeras a almacén PP4					Va por caja con jaladeras a almacén PP4
Toma caja con jaladeras	GIA	2	2	GIA	Toma caja de jaladeras
Lleva caja a lado de taladro					Lleva caja a lado de taladro
Coloca caja a lado del taladro	P1SF	5.6	5.6	P1SF	Coloca caja a lado del taladro
Va por perfil de acero a caja de PP4	RC80	27.7	-	-	Espera
Toma perfil de acero	GIA	2	-	-	Espera
Lleva perfil de acero a taladro	MC24	10.8	-	-	Espera
Posiciona perfil frente a taladro	P2SF	16.2	2	GIA	Sujeta perfil de acero
Inserta perfil en taladro	P3SF	43	2	GIA	Sujeta perfil de acero
Sostiene perfil de acero	-	-	-	-	Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	TP120	6.8	6.8	TP120	Rota perfil de acero
Sostiene perfil de acero	-	-	-	-	Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	TP120	6.8	6.8	TP120	Rota perfil de acero
Sostiene perfil de acero	-	-	-	-	Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	TP120	6.8	6.8	TP120	Rota perfil de acero
Sujeta perfil	GIA	2	2	GIA	Sujeta perfil
Retira perfil de taladro	MC24	10.8	10.8	MC24	Retira perfil de taladro
Gira perfil de acero	TP180	9.4	9.4	TP180	Gira perfil de acero
Posiciona perfil frente a taladro	P2SF	16.2	16.2	P2SF	Posiciona perfil frente a taladro
Inserta perfil en taladro	P3SF	43	43	P3SF	Inserta perfil en taladro
Sostiene perfil de acero	-	-	-	-	Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	TP120	6.8	6.8	TP120	Rota perfil de acero
Sostiene perfil de acero	-	-	-	-	Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	TP120	6.8	6.8	TP120	Rota perfil de acero
Sostiene perfil de acero	-	-	-	-	Sostiene perfil de acero
Rota perfil de acero	TP120	6.8	6.8	TP120	Rota perfil de acero
Sujeta perfil	GIA	2	2	GIA	Sujeta perfil
Retira perfil de taladro	MC24	10.8	10.8	MC24	Retira perfil de taladro
Suelta perfil	RL1	2	25.7	MB80	Lleva perfil a almacén de PP5
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP5
TOTAL		270			
[tmu]=					
TOTAL [s]=		9.64			

Diagrama 13. Tiempo básico para desbaste interior (elaboración propia)

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	
	Postura	Sentado incómodamente	2
	Vibraciones	Sujetar material en esmeriladora	4
	Ciclo breve	16.06 [centiminutos]	1
	Ropa molesta	Guantes de piel de uso industrial	5
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar máquina a mano	6
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante toda la jornada	11
	Tensión visual	Lograr acabados superficiales casi finales	8
	Ruido	Cercanía con un compresor que trabaja de manera intermitente	5
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 25 a 32 [°C] con humedad menor al 75%	9
	Ventilación	Taller con ventilación aceptable	1
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Presencia de polvo metálico (viruta por corte)	2
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Operaciones normales de fábrica	0
			TOTAL
		VALOR EN TABLAS	0.27
		SUPLEMENTOS FIJOS	0.09
		TIEMPO ESTÁNDAR	13.11

Tabla 13. Resumen de suplementos asociados al desbaste interior.

# TIEMPO BÁSICO

PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Perforado en prensa de perfil cortado de acero			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por 6 perfiles a caja plástica PP5	RC80	27.7	27.7	RC80	Va por 6 perfiles a caja plástica PP5
Toma 6 perfiles de caja plástica	GIA	2	2	GIA	Toma 6 perfiles de caja plástica
Lleva perfiles a soporte de prensa	MB80	25.7	25.7	MB80	Lleva perfiles a soporte de prensa
Posiciona perfiles en soporte	P2SF	16.2	16.2	P2SF	Posiciona perfiles en soporte
Suelta perfiles en soporte			2	RL1	Suelta perfiles en soporte
Espera	-	-	11.1	RB24	Va por perfil a soporte
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil de soporte
Espera	-	-	16.2	P2SF	Posiciona perfil al frente de prensa
Espera	-	-	10.6	APA	Inserta perfil en guía de prensa
Espera	-	-	-	-	Sostiene perfil
Espera	-	-	4	D1F	Libera perfil de guía de prensa
Espera	-	-	20.25	MC45.454	Lleva perfil a almacén de PP6
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP6
Espera	-	-	11.1	RB24	Va por perfil a soporte
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil de soporte
Espera	-	-	16.2	P2SF	Posiciona perfil al frente de prensa
Espera	-	-	10.6	APA	Inserta perfil en guía de prensa
Espera	-	-	-	-	Sostiene perfil
Espera	-	-	4	D1F	Libera perfil de guía de prensa
Espera	-	-	20.25	MC45.454	Lleva perfil a almacén de PP6
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP6
Espera	-	-	11.1	RB24	Va por perfil a soporte
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil de soporte
Espera	-	-	16.2	P2SF	Posiciona perfil al frente de prensa
Espera	-	-	10.6	APA	Inserta perfil en guía de prensa
Espera	-	-	-	-	Sostiene perfil
Espera	-	-	4	D1F	Libera perfil de guía de prensa
Espera	-	-	20.25	MC45.454	Lleva perfil a almacén de PP6
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP6
Espera	-	-	11.1	RB24	Va por perfil a soporte
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil de soporte
Espera	-	-	16.2	P2SF	Posiciona perfil al frente de prensa
Espera	-	-	10.6	APA	Inserta perfil en guía de prensa
Espera	-	-	-	-	Sostiene perfil
Espera	-	-	4	D1F	Libera perfil de guía de prensa
Espera	-	-	20.25	MC45.454	Lleva perfil a almacén de PP6
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP6
Espera	-	-	11.1	RB24	Va por perfil a soporte
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil de soporte
Espera	-	-	16.2	P2SF	Posiciona perfil al frente de prensa
Espera	-	-	10.6	APA	Inserta perfil en guía de prensa
Espera	-	-	-	-	Sostiene perfil
Espera	-	-	4	D1F	Libera perfil de guía de prensa
Espera	-	-	20.25	MC45.454	Lleva perfil a almacén de PP6
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP6
Espera	-	-	11.1	RB24	Va por perfil a soporte
Espera	-	-	2	GIA	Toma perfil de soporte
Espera	-	-	16.2	P2SF	Posiciona perfil al frente de prensa

Continúa en la hoja 2

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Perforado en prensa de perfil cortado de acero			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO					
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Espera	-	-	10.6	APA	Inserta perfil en guía de prensa
Espera	-	-	-	-	Sostiene perfil
Espera	-	-	4	DIF	Libera perfil de guía de prensa
Espera	-	-	20.25	MC45.454	Lleva perfil a almacén de PP6
Espera	-	-	2	RL1	Suelta perfil en almacén de PP6
		TOTAL[tmu]	470.5		
		=			
		TOTAL[s] =	16.80		

Diagrama 14. Tiempo básico para perforado (elaboración propia).

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	
	Postura	Sentado incómodamente	2
	Vibraciones	Trabajo con una sola mano en troquel	4
	Ciclo breve	No aplicable	0
	Ropa molesta	Guantes de piel de uso industrial	5
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar troquel sin tener que aproximarse	2
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante toda la jornada	11
	Tensión visual	Inspeccionar defectos fácilmente visibles	2
	Ruido	Cercanía con un compresor que trabaja de manera intermitente	5
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 25 a 32 [°C] con humedad menor al 75%	6
	Ventilación	Trabajo sin ventilación adecuada	3
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Sin presencia de polvo	0
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Operaciones normales de fábrica	0
		TOTAL	42
		VALOR EN TABLAS	0.2
		SUPLEMENTOS FIJOS	0.09
		TIEMPO ESTÁNDAR	21.68

Tabla 14. Resumen de suplementos asociados al perforado.

# TIEMPO BÁSICO

PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Reducción de espesor de ambos extremos del perfil de acero			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Va por jaladeras a almacén de PP6	RA45.454	12.18	12.18	RA45.454	Va por jaladeras a almacén de PP6
Toma caja plástica de almacén de PP6	GIA	2	2	GIA	Toma caja plástica de almacén de PP6
Lleva caja plástica frente a esmeril					Lleva caja plástica frente a esmeril
Coloca caja plástica frente a esmeril	PISF	5.6	5.6	PISF	Coloca caja plástica frente a esmeril
Va por jaladera a caja plástica	RC45.454	18.33	-	-	Espera
Toma jaladera de caja plástica	GIA	2	-	-	Espera
Lleva jaladera a esmeril	MB78.883	25.32	-	-	Espera
Sujeta jaladera	GIA	2	2	GIA	Sujeta jaladera
Posiciona jaladera frente a esmeril	P2SF	16.2	16.2	P2SF	Posiciona jaladera frente a esmeril
Acerca jaladera a esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera	-	-	-	-	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene jaladera frente a esmeril
Gira a posición inicial	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira a posición inicial
Acerca jaladera a esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera	-	-	-	-	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene jaladera frente a esmeril
Gira a posición inicial	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira a posición inicial
Acerca jaladera a esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera	-	-	-	-	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 180° la jaladera	TP180	9.4	9.4	TP180	Gira 180° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene jaladera frente a esmeril
Acerca jaladera a esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera	-	-	-	-	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene jaladera frente a esmeril
Sujeta extremo de jaladera	GIA	2	2	RL1	Suelta jaladera
Suelta jaladera	RL1	2	2	GIA	Sujeta extremo de jaladera
Espera	-	-	9.4	TP180	Gira jaladera
Sujeta extremo de jaladera	GIA	2	2	GIA	Sujeta cuerpo de jaladera
Posiciona jaladera frente a esmeril	P2SF	16.2	16.2	P2SF	Posiciona jaladera frente a esmeril
Acerca jaladera a esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera	-	-	-	-	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene jaladera frente a esmeril
Gira a posición inicial	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira a posición inicial
Acerca jaladera a esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera	-	-	-	-	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene jaladera frente a esmeril
Gira a posición inicial	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira a posición inicial

Continúa en hoja 2

<b>TIEMPO BÁSICO</b>					
PRODUCTO		Jaladera de acero			
OPERACIÓN		Reducción de espesor de ambos extremos del perfil de acero			
LUGAR		Área de Jaladeras de acero			
OPERARIO		-			
ELABORADO POR		MIEG/SBMB			
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	TIPO DE MOV.	tmu	tmu	TIPO DE MOV.	DESCRIPCIÓN MANO DERECHA
Acerca jaladera a esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera	-	-	-	-	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 180° la jaladera	TP180	9.4	9.4	TP180	Gira 180° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene jaladera frente a esmeril
Acerca jaladera a esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Acerca jaladera a esmeril
Sostiene extremo de jaladera	-	-	-	-	Sostiene cuerpo de la jaladera
Gira 90° la jaladera	TP90	5.4	5.4	TP90	Gira 90° la jaladera
Aleja jaladera de esmeril	MC6	5.8	5.8	MC6	Aleja jaladera de esmeril
Sostiene jaladera frente a esmeril	-	-	-	-	Sostiene jaladera frente a esmeril
Suelta jaladera	RL1	2	2	GIA	Sujeta jaladera
Espera	-	-	20.25	MC45.454	Lleva jaladera a almacén de PP7
Espera	-	-	2	RL1	Suelta jaladera en almacén de PP7
Va por caja a almacén de PP7	RC45.454	18.33	18.33	RC45.454	Va por caja a almacén de PP7
Toma caja de jaladeras	GIA	2	2	GIA	Toma caja de jaladeras
Lleva caja de jaladeras a almacén de PT					Lleva caja de jaladeras a almacén de PT
Coloca caja en almacén de PT	PISF	5.6	5.6	PISF	Coloca caja en almacén de PT
Reordena jaladeras en almacén de PT	PISF	5.6	5.6	PISF	Reordena jaladeras en almacén de PT
TOTAL		336.61			
[tmu]=					
TOTAL [s]=		12.02			

Diagrama 15. Tiempo básico de reducción de espesor.

Tensiones	Tipo de Tensiones	Descripción	Valor en Tablas
Físicas	Fuerza ejercida en promedio	No aplicable	0
	Postura	De pie	4
	Vibraciones	Sujetar material en esmeriladora	4
	Ciclo breve	No aplicable	0
	Ropa molesta	Guantes de piel de uso industrial	5
Mentales	Concentración / Ansiedad	Alimentar máquina a mano	6
	Monotonía	Trabajo repetitivo durante toda la jornada	11
	Tensión visual	Lograr acabados superficiales casi finales	8
	Ruido	Cercanía con un compresor que trabaja de manera intermitente	5
Ambientales	Temperatura y Humedad	De 25 a 32 [°C] con humedad menor al 75%	9
	Ventilación	Trabajo sin ventilación adecuada	1
	Emanaciones de gases	Sin emanaciones de gases	0
	Polvo	Presencia de polvo metálico (viruta por corte)	2
	Suciedad	Barrido de polvo o basura	2
	Presencia de agua	Operaciones normales de fábrica	0
			TOTAL
		VALOR EN TABLAS	0.28
		SUPLEMENTOS FIJOS	0.09
		TIEMPO ESTÁNDAR	16.47

**Tabla 11. Resumen de suplementos asociados a la reducción de espesor.**

## **CAPÍTULO 4 BALANCEO DE LÍNEAS Y DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

Este capítulo tiene como objetivo realizar el balanceo de ambas líneas de producción con el fin de obtener las relaciones existentes entre las actividades que componen cada proceso analizado y de esta manera se puedan elaborar propuestas de distribución de la maquinaria tanto del proceso de fabricación del aro de seguridad como de la jaladera de acero.

### **4.1 DEFINICIÓN DEL BALANCEO DE LÍNEAS**

El balanceo de líneas es el análisis de las líneas de producción que divide prácticamente por igual el trabajo a realizar entre estaciones, de forma que sea mínima la cantidad de estaciones de trabajo requeridas en la línea de producción.

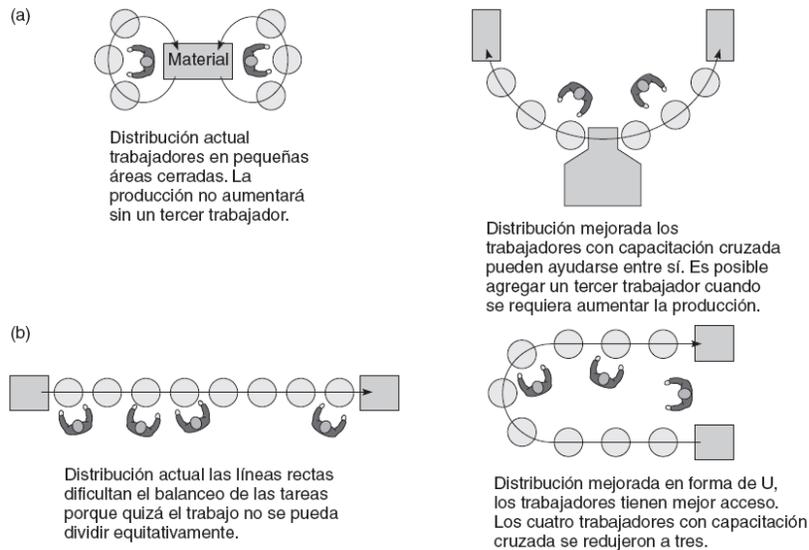
El balanceo de líneas también cumple otros objetivos:

- Minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal al mismo tiempo que se cumple con la producción que se requiere de cada línea.
- Establecer y otorgar a cada operador una cantidad de trabajo lo más equitativo posible.
- Identificar la operación que constituya el cuello de botella.
- Establecer la velocidad de la línea.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Calcular el costo de la mano de obra de producción y empaque.
- Auxiliar en la distribución de planta.
- Reducir el costo de producción.

Las líneas de producción tienen estaciones y centros de trabajo organizados en secuencia a lo largo de una línea recta o curva. La meta del análisis de las líneas de producción es definir cuántas estaciones de trabajo se deben de tener y cuántas tareas asignar a cada una de ellas, de forma que se utilice el mínimo número de trabajadores y de máquinas al proporcionar la capacidad requerida.

#### **4.1.1 Requerimientos para realizar el balanceo de líneas**

Con el fin de producir a una tasa específica la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajo empleados. Después debe determinar los requerimientos de tiempo para cada tarea de ensamble (los tiempos de cada actividad mínima racional que pueden provenir de un estudio de tiempos y movimientos). La administración también necesita conocer la relación de precedencia entre las actividades; es decir, la secuencia en que deben realizarse las diferentes tareas con el fin de mejorar las distribuciones físicas de las células de trabajo.



**Figura 12. Mejora de las distribuciones físicas mediante el cambio al concepto de células de trabajo. Tanto en (a) como en (b) la célula de trabajo en forma de U puede reducir el movimiento de materiales y personal. La forma de U también puede disminuir los requerimientos de espacio, mejorar la comunicación, reducir el número de trabajadores, y facilitar la inspección. Fuente Render [2009], pp. 362.**

#### 4.1.2 Métodos heurísticos para el balanceo de líneas

Los métodos heurísticos; es decir métodos basados en reglas simples, se han utilizado para desarrollar buenas soluciones al problema de balanceo de líneas.

La mejor estrategia para estructurar una línea de producción es considerando una tasa de producción deseada y determinar una configuración de estaciones que minimicen el tiempo improductivo.

#### 4.1.3 Metodología general del balanceo de líneas

Aunque cada método heurístico tiene sus propias características, de manera general, todos siguen el mismo razonamiento:

1. Identificar las operaciones que deben hacerse para completar una unidad de un producto particular. Dichas operaciones serán unidades de trabajo mínimo racional.
2. Determinar la duración de las operaciones y su relación de procedencia con las otras operaciones.
3. Construir una red de operaciones de la línea donde se señalen las relaciones de precedencia de las operaciones.

4. Considerando la tasa de producción deseada ( $T_{pd}$ ) y el factor de pérdida de disponibilidad ( $f_{dp}$ ), determinar la máxima duración del ciclo<sup>1</sup> ( $C_{max}$ ), mediante la expresión 3.

$$C_{max} = \frac{1 - f_{pd}}{T_{pd}} \quad (3)$$

5. Balancear la línea asignando tareas de ensamble específicas a cada estación de trabajo.

Un balanceo eficiente permite completar el ensamble requerido, seguir la secuencia especificada y mantener al mínimo el tiempo muerto en cada estación de trabajo. Siguiendo la metodología señalada el paso final será usar una de las técnicas heurísticas que se describen en la tabla 16.

Método heurístico	Descripción
1. <i>Tiempo más largo para una tarea (operación)</i>	De las tareas disponibles, elegir la que tome más tiempo en realizarse
2. <i>Más tareas subsecuentes</i>	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el mayor número de tareas subsecuentes.
3. <i>Ponderación de la posición</i>	De las tareas disponibles, elegir la tarea cuya suma de tiempos para las tareas subsecuentes sea la mayor.
4. <i>Tiempo más corto para una tarea (operaciones)</i>	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el tiempo más corto.
5. <i>Menor número de tareas subsecuentes</i>	De las tareas disponibles, elegir la que tenga el menor número de tareas subsecuentes.

Tabla 16. Técnicas heurísticas para balanceo de líneas. Fuente Render [2008], pp. 368.

Puede además calcularse la eficiencia del balanceo de una línea dividiendo el tiempo total de las tareas entre el producto del número de estaciones de trabajo requeridas por el tiempo del ciclo asignado (real) de la estación de trabajo más larga (expresión 4):

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{Tiempo de las tareas}}{(\text{Número real de las estaciones de trabajo}) \times (\text{Tiempo de ciclo más grande asignado})} \quad (4)$$

Los administradores de operaciones contrastan los diferentes niveles de eficiencia para diferente número de estaciones de trabajo. De esta forma, una empresa puede determinar la sensibilidad de la línea a los cambios en la tasa de producción y en las asignaciones a las estaciones de trabajo.

Como se mencionó en la tabla anterior existen diversos métodos heurísticos para balancear una línea de producción. Debido a la naturaleza de las operaciones de ambos procesos

<sup>1</sup> El tiempo del ciclo es el tiempo real que se invierte para completar un paso de la tarea o del proceso. Algunos pasos del proceso son necesarios para terminar el producto.

(pocas operaciones para un proceso de producción en línea), sólo se tomarán en cuenta dos métodos heurísticos que por sus características resultan adecuados para los procesos.

*Regla del candidato de mayor duración.* Agrega una tarea a la vez a una estación de trabajo, en el orden de precedencia de las tareas. Si debe elegirse entre dos o más tareas, se agregará aquella que tenga el tiempo de tarea más largo. Agregar las tareas de esta forma tiene el efecto de asignar muy rápidamente las tareas más difíciles de ajustar dentro de una estación. Las tareas con tiempos más cortos se guardan para afinar la solución.

Este método plantea que no hay estaciones de trabajo duplicadas; lo que conlleva a un reducido número de herramientas y equipo requerido para la fabricación del producto.

Sin embargo, esta condición disminuye la flexibilidad, si el enfoque principal del análisis de las líneas de producción es minimizar la cantidad de estaciones de trabajo y de herramientas y equipo requerido, entonces esta heurística es apropiada.

*La heurística de la utilización incremental* simplemente va agregando tareas a una estación de trabajo según su orden de precedencia (una a la vez), hasta que se observe una utilización de 100% o ésta se vea reducida. Entonces se repite el procedimiento con la siguiente estación de trabajo con las tareas restantes.

Este tipo de técnica es apropiada cuando uno o más tiempos de las operación es igual o mayor que el tiempo del ciclo. Una ventaja importante de esta heurística es que es capaz de resolver problemas de balanceo de líneas independientemente de la duración de los tiempos de las tareas en relación con el tiempo de ciclo.

Bajo ciertas circunstancias, sin embargo, este método crea la necesidad de herramientas y equipo adicional. Esta heurística es apropiada si el enfoque principal del análisis es minimizar la cantidad de estaciones de trabajo o si las herramientas y el equipo utilizados en las líneas de producción son abundantes o poco costosos.

## **4.2 DEFINICIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA**

La distribución de planta está basada en la organización de espacios necesarios para el movimiento de material, ubicación de maquinaria, servicios y áreas administrativas.

Al determinar los requerimientos de una planta, se deben tomar en cuenta tres consideraciones importantes: el flujo, espacio y las relaciones existentes entre las actividades.

Un proceso de flujo se puede describir en términos de:

- El sujeto de flujo: que es el artículo que sobrellevará una transformación.
- Los recursos que originan el flujo: los medios físicos para lograr la transformación de la materia prima.
- Las comunicaciones que coordinan los recursos.

Los sistemas de flujo pueden categorizarse de acuerdo a las etapas de suministro, fabricación y ciclos de distribución, las tres categorías son:

- Sistema de administración de materiales.
- Sistema de flujo de materiales.
- Sistema de distribución física.

El caso que se analiza en este documento sistema de flujo de materiales, por ser el que se adecúa al estudio realizado para elaborar las propuestas de distribución de planta.

#### **4.2.1 Sistema de flujo de materiales**

Este sistema considera que el sujeto del proceso de flujo son los materiales, las piezas y los suministros dentro de una planta de fabricación. Entre los recursos de los sistemas de flujo de materiales se pueden encontrar:

- Los departamentos de control de la producción y control de calidad.
- Los departamentos de fabricación, ensamblado y almacenamiento.
- El equipo de manejo de materiales requerido para mover materiales, piezas y suministros.
- El almacén.

#### **4.2.2 Simplificación del flujo de materiales**

El principio de minimización del costo del flujo puede ser visto desde cualquiera de las siguientes perspectivas:

- Eliminar movimientos innecesarios de material con la reducción del número de pasos de fabricación.
- Minimizar el manejo de material al reducir las distancias de transporte.
- Eliminar el manejo de material mecanizando o automatizando el flujo.
- Minimizar el manejo de material reduciendo la densidad de flujo a través del empleo de contenedores.

#### **4.2.3 El flujo dentro de las estaciones de trabajo**

Los estudios de tiempos y movimientos; así como las consideraciones ergonómicas son importantes al establecer el flujo dentro de las estaciones de trabajo.

La trayectoria de flujo dentro de los departamentos depende del tipo de departamento.

El flujo dentro de un departamento por productos ocurre cuando existe un departamento por producto y/o familia de productos: el flujo del trabajo sigue el flujo del producto.

El flujo entre los departamentos es un criterio empleado para evaluar el flujo general dentro de una planta. Un aspecto importante al analizar las condiciones de flujo es la ubicación de las zonas de recepción y salida de material en cada departamento.

Para hacer un correcto análisis del flujo de materiales, se requiere conocer y considerar lo siguiente:

- El pico de demanda.
- La capacidad de traslado.
- La capacidad de la maquinaria.
- La capacidad de almacenamiento en proceso.
- El diagrama de producción.
- Las reglas establecidas para el transporte.

#### **4.2.4 Departamentos por familia de productos**

Los departamentos por familia de productos se caracterizan porque agrupan piezas cuya fabricación implica un lote mediano y fundamentalmente comparten operaciones y maquinaria de fabricación; así como un diseño de manufactura similar.

El análisis de flujo de producción más usado propone analizar las secuencias de operación y la ruta de producción de una parte o componente a través de la planta. Las metodologías de agrupamiento se usan para integrar las partes de modo que se puedan procesar como una familia.

#### **4.2.5 Tipos de arreglo basados en sistemas de flujo de materiales**

El tipo de sistema de flujo de material está determinado por el acoplamiento de las actividades o la estructuración de los departamentos entre los cuales fluirá el material.

Existen cuatro tipos de planeación de los departamentos de producción:

1. Departamentos de producción en línea.
2. Departamentos de materiales con ubicación fija.
3. Departamento de familias de productos.
4. Departamentos por procesos.

Las siguientes tablas, de la 17 a la 20, muestran las ventajas y limitaciones del arreglo fijo, del arreglo por producto, por grupo o agrupación y por procesos. Asimismo se presentan figuras que ilustran cada uno de los arreglos (véanse figuras 13, 14, 15 y 16).

#### 4.2.6 Ventajas y limitaciones del arreglo fijo, de producto, de grupo y procesos

Arreglo fijo	
Ventajas	Limitaciones
1. El movimiento de material es reducido. 2. Se plantea una continuidad entre la responsabilidad y la operación. 3. Proporciona oportunidades de mejorar el trabajo. 4. Promueve la satisfacción con el trabajo y la calidad al permitir que una persona realice el trabajo por completo. 5. Es susceptible de aceptar cambios en el diseño del producto y el volumen de producción. Altamente flexible.	1. Se incrementa el movimiento de personal y equipo. 2. Puede resultar en duplicidad de equipo. 3. Requiere de gran habilidad del personal. 4. Requiere de supervisión general. 5. Puede resultar en un incremento del espacio y un mayor proceso de trabajo. 6. Requiere de un control muy cercano y de coordinación en el esquema de producción.

Tabla 17. Ventajas y limitaciones del arreglo fijo.

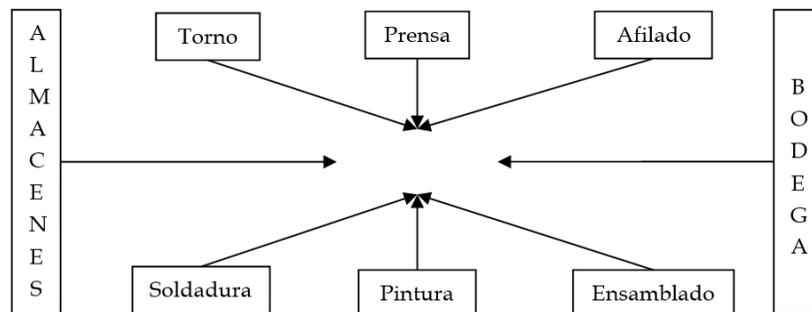
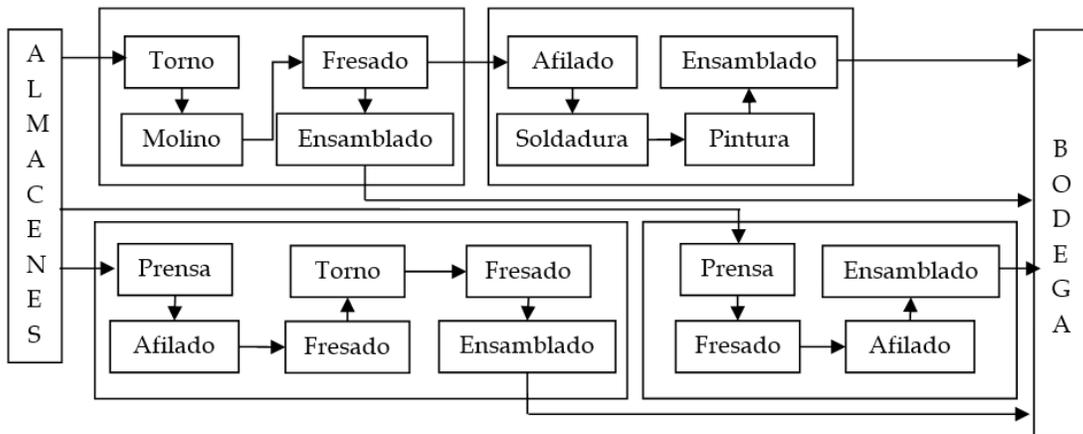


Figura 13. Ejemplo de departamentos de producción ordenados por arreglo fijo.

<b>Arreglo por producto</b>	
<i>Ventajas</i>	<i>Limitaciones</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El resultado son líneas de producto suaves, sencillas, lógicas y directas.</li> <li>2. Pueden resultar pequeños inventarios del producto en proceso.</li> <li>3. El tiempo de producción total por unidad es corto.</li> <li>4. Los requerimientos de manejo de material son reducidos.</li> <li>5. Se necesita personal con menos habilidades.</li> <li>6. Es posible un control de producción simple.</li> <li>7. Puede utilizarse equipo para propósitos especiales.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El paro de las máquinas detiene la línea.</li> <li>2. Cambios en el diseño de producto vuelven obsoleto el arreglo.</li> <li>3. Una estación lenta marca el ritmo de la línea.</li> <li>4. Se requiere de supervisión general.</li> <li>5. El resultado es usualmente una alta inversión en equipos.</li> </ol>

**Tabla 18. Ventajas y limitaciones del arreglo de producto.**



**Figura 14. Ejemplo de departamentos de producción ordenados por arreglo por producto.**

Arreglo por grupo	
Ventajas	Limitaciones
<p>1. Propicia un uso alto del equipo con el que se cuenta.</p> <p>2. Se espera que para un arreglo de proceso líneas de producción suaves y transportes cortos.</p> <p>3. Como beneficio puede traer una buena atmósfera de trabajo para el equipo.</p> <p>4. Algunos de los beneficios de un arreglo de productos y uno de procesos es el compromiso que construye entre los dos.</p>	<p>1. Se requiere de supervisión general.</p> <p>2. Se requiere de un equipo de trabajo con habilidades altamente desarrolladas para capacitarlos en todas las operaciones.</p> <p>3. Depende totalmente del control de la producción para balancear el flujo a través de celdas individuales.</p> <p>4. Si el flujo no se balancea en cada celda, se requieren topes y procesos de almacenamiento para eliminar la necesidad de agregar manejo de material desde y hacia la celda.</p> <p>5. Compromiso.</p> <p>6. Disminuye la oportunidad de usar equipo para propósito especial.</p>

Tabla 12. Ventajas y limitaciones del arreglo por grupo.

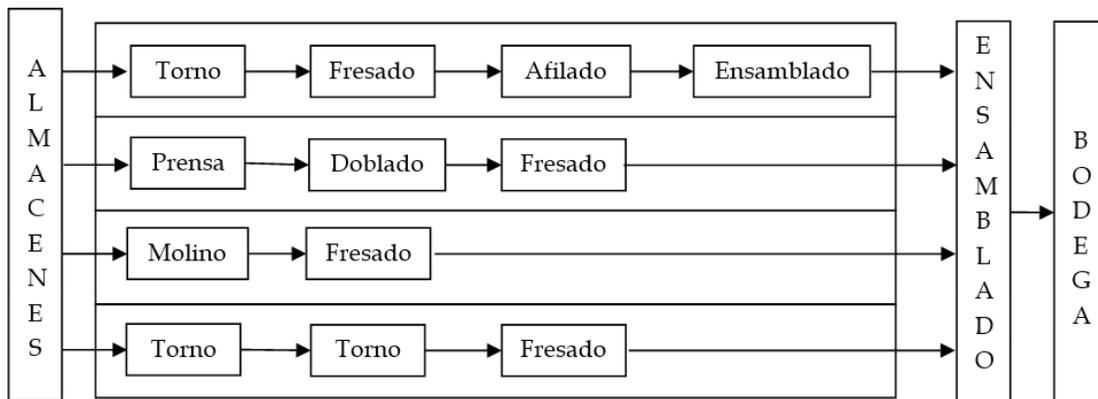


Figura 15. Ejemplo de departamentos de producción ordenados por arreglo por grupo.

Arreglo por proceso	
Ventajas	Limitaciones
1. Incrementa la utilización del equipo.	1. Incrementa las necesidades de manejo de material.
2. Puede utilizar equipo de uso general.	2. Por su naturaleza, se necesita un control de producción más sofisticado.
3. Es altamente flexible con la ubicación del personal y del equipo.	3. Incrementa el proceso de trabajo.
4. Permite, al personal, diversificar las tareas.	4. Líneas de producción largas.
5. Se puede lograr una supervisión especializada.	5. Son necesitan habilidades bien desarrolladas para conjuntar la variedad de tareas requeridas.

Tabla 13. Ventajas y limitaciones del arreglo por proceso.

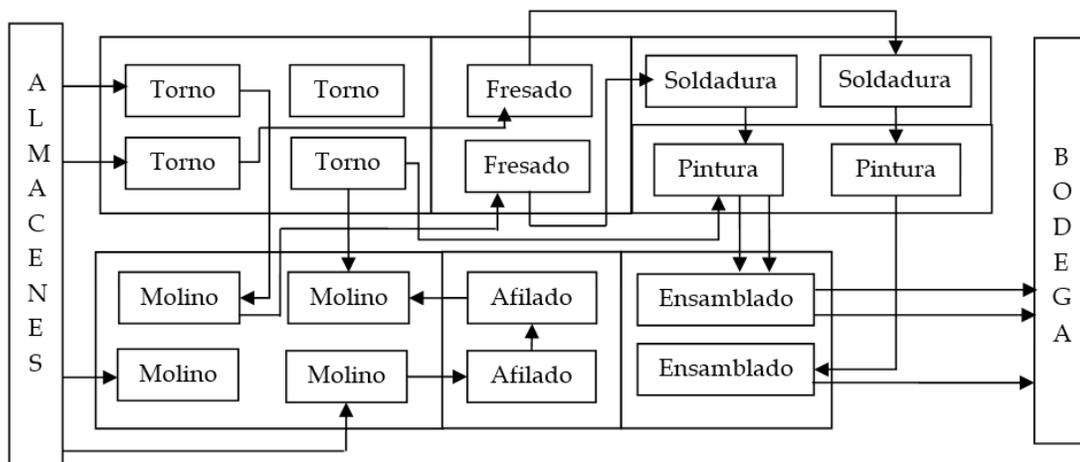


Figura 16. Ejemplo de departamentos de producción ordenados por arreglo por proceso.

#### 4.2.7 Especificación de una estación de trabajo

Se debe considerar que una estación de trabajo incluirá espacio para el equipo, materiales y para el personal. Por ello deberá tener espacio suficiente para el desplazamiento de las máquinas y su mantenimiento además de los servicios de la planta.

Dentro del espacio que debe considerarse para una estación de trabajo, se encuentran las áreas de materiales. Dichas áreas consisten en el espacio para:

- La recepción y el almacenamiento de los materiales que arriban.
- Los materiales en proceso de transformación.
- El almacenamiento de los materiales que salen y que se embarcan.
- El almacenamiento y el envío de los desechos y desperdicios.
- Las herramientas, los soportes, los portapiezas, los dados, y los materiales de mantenimiento.

Los requerimientos de espacio para el operario y para el manejo de materiales dependen del método utilizado para efectuar la operación. Se ofrecen los siguientes lineamientos generales para ilustrar los factores que deben tomarse en cuenta en el diseño de las estaciones de trabajo:

Las estaciones de trabajo deben diseñarse:

- De modo que el operario levanta y retira los materiales sin caminar o hacer flexiones prolongadas o complicadas.
- Para que el operario las utilice de manera eficaz y eficiente.
- Para maximizar el tiempo dedicado a la transformación de la materia prima en producto en proceso.
- Considerando principios ergonómicos.
- Siguiendo lineamientos básicos de seguridad industrial y para minimizar la fatiga del personal.

### **4.3 BALANCEO DE LÍNEA DEL ARO DE SEGURIDAD**

Como anteriormente se ha señalado, para el balanceo de líneas es necesario dividir el proceso en actividades mínimas racionales, que van desde la recepción de materia prima hasta la inspección del producto final.

Puesto que se desea obtener una tasa de producción determinada, se decidió usar el método heurístico del candidato de mayor duración.

#### **4.3.1 Aplicación de la regla del candidato de mayor duración para el aro de seguridad**

A continuación, en la tabla 21, se presentan las actividades que componen el proceso de fabricación del aro de seguridad y una breve descripción.

Aro de seguridad		
Actividades mínimas racionales		
No.	Actividad	Descripción
1	Corte de cinta	Colocación de extremo de cinta en troquel y corte de cinta.
2	Rolado de cinta	Doblado de cintas con rodillos (traslado de cinta a roladora, rolado y traslado a almacén).
3	Abocinado	Colocación de aro en prensa, estampado y colocación de aro en almacén.
4	Punteado	Soldadura del dispositivo al aro.

Tabla 21. Actividades mínimas racionales para el proceso de fabricación del aro de seguridad.

La tabla 22 se obtuvo a partir de los tiempos estándar que se obtuvieron en el capítulo anterior para cada actividad.

Aro de seguridad		
Operación	Tiempo (s)	Predecesor inmediato
1	11.31	-
2	8.04	1
3	11.33	2
4	37.32	3

Tabla 22. Relación de precedencia para las actividades mínimas racionales en el proceso de producción del aro de seguridad.

Como se había mencionado con anterioridad el proceso de fabricación del aro de seguridad es un proceso lineal. La red de operaciones, numeradas de acuerdo a la tabla anterior, de este proceso se muestra en la figura 17.

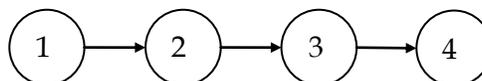


Figura 17. Red de operaciones en el proceso de producción del aro de seguridad

Tomando en cuenta las metas establecidas por el área pertinente, se desea una tasa de producción de 2000 aros por día.

Para comenzar con la metodología del balanceo, se obtendrá la máxima duración del ciclo, de acuerdo a la expresión 3, mostrada con anterioridad.

$$C_{max} = \frac{1 - f_{pd}}{T_{pd}} \quad (3)$$

Se usará un factor de pérdida de disponibilidad de 5% dado que en el cálculo del tiempo estándar ya se consideraron los suplementos básicos y los variables consecuentes de las condiciones del área de trabajo y de las operaciones realizadas. Por consiguiente se obtiene de la expresión 3:

$$f_{pd} = 5\% \quad T_{pd} = 2000 \frac{\text{aros}}{\text{día}}$$

$$C_{max} = \frac{1 - f_{pd}}{T_{pd}} = \frac{1 - 0.05}{2000 \frac{\text{aros}}{\text{día}}} = 0.000475 \frac{\text{día}}{\text{aro}}$$

La jornada laboral por día es de 8 horas y sólo se trabaja un turno dentro de la planta, por lo que obteniendo la equivalencia para las 8 horas se tiene:

$$\left(0.000475 \frac{\text{día}}{\text{aro}}\right) \left(\frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}}\right) \left(\frac{3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}}\right) = 13.68 \frac{\text{segundos}}{\text{aro}}$$

El tiempo máximo de ciclo resultante es de:

$$C_{max} = 13.68 \frac{\text{segundos}}{\text{aro}}$$

Como la operación 4 (punteado del dispositivo en el aro de seguridad), tiene una duración mayor a la  $C_{max}$ , se usará el tiempo de duración de dicha operación el cual corresponde a 37.32 segundos.

El siguiente paso dentro de la metodología consiste en la asignación de operaciones en las estaciones hasta llegar a su capacidad. Para realizar dicho procedimiento se realizaron las tablas que lo explican.

La tabla del balanceo de líneas para la fabricación del aro de seguridad se estructurará con los siguientes puntos:

- *Estación*: indica la estación de trabajo a la cual se asignará la operación.
- *Operación asignable*: es la operación que se incluirá en la estación analizada dependiendo de su tiempo de duración.
- *Duración disponible en la estación*: se refiere al tiempo que le resta a la estación que puede ser utilizado para la asignación de más actividades u operaciones.
- *El porcentaje no asignado* permite identificar el tiempo ocioso que tendrá cada estación considerando la máxima duración de ciclo obtenida al inicio de esta metodología.

A continuación se analizará el balanceo de líneas del aro de seguridad paso a paso. Se omitirá la columna de operaciones asignables debido a que el proceso es lineal y no se realizan procesos simultáneos que requieran *desempates*.

En primer lugar, se asignará la operación de corte de cinta, debido a que no tiene precedentes.

En este caso, la duración disponible de la estación se determina con la expresión 5:

$$\text{Duración disponible en la estación} = C_{max} - \text{duración operación asignada} \quad (5)$$

Es decir, utilizando la expresión 5:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 37.32 - 11.31 = 26.01[s]$$

El porcentaje no asignado se obtiene de la expresión 6.

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left( \frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}} \right) (100) \quad (6)$$

Siendo así se obtiene el porcentaje no asignado utilizando la expresión 6:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left( \frac{26.01}{37.32} \right) (100)$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 69.69\%$$

Para fines prácticos, los porcentajes se redondearon.

Entonces, la tabla 23, con los primeros resultados queda de esta manera:

<i>Aro de seguridad</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Corte de cinta	26.01	70

**Tabla 14. Asignación de la primera operación en la primera estación para la fabricación del aro de seguridad.**

Se continúa el proceso con la actividad 2, que es el rolado de la cinta. Para esta actividad se tiene un tiempo estándar de 8.04 [s], por lo que puede ser incluida en la misma estación de trabajo.

En este caso, la duración disponible de la estación, empleando la expresión 5 es:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 26.01 - 8.04 = 17.97 [s]$$

El porcentaje no asignado, de acuerdo a la expresión 6, es:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left( \frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}} \right) (100) = \left( \frac{17.97}{37.32} \right) (100)$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 48.15\%$$

La tabla 24 muestra el avance de los cálculos del balanceo de la línea.

<i>Aro de seguridad</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Corte de cinta	26.01	70
	2	Rolado de cinta	17.97	48

**Tabla 154. Asignación de la segunda operación en la primera estación para la fabricación del aro de seguridad.**

Siguiendo el orden del proceso, se prosigue con el abocinado: cuya duración es de 11.33 [s]. La duración disponible en la estación 1 es de 17.97 [s], por lo que se asigna a ésta.

En este caso, la duración disponible de la estación, de acuerdo con la expresión 5 es:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 17.97 - 11.33 = 6.64 \text{ [s]}$$

El porcentaje no asignado, empleando la expresión 6, es:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left( \frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}} \right) (100) = \left( \frac{6.64}{37.32} \right) (100)$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 17.79\%$$

La tabla 25 muestra el avance de los cálculos de asignación del balanceo de la línea.

<i>Aro de seguridad</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Corte de cinta	26.01	70
	2	Rolado de cinta	17.97	48
	3	Abocinado	6.64	18

**Tabla 25. Asignación de la tercera operación en la primera estación para la fabricación del aro de seguridad.**

La siguiente actividad, que es el punteado, tiene una duración de 37.32 [s]. La duración disponible en la estación una es de sólo 6.64 [s] por lo que es necesario estructurar una segunda estación de trabajo, la asignación de las actividades se muestran en la tabla 26.

<i>Aro de seguridad</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Corte de cinta	26.01	70
	2	Rolado de cinta	17.97	48
	3	Abocinado	6.64	18
2	4	Punteado	0	0

Tabla 26. Asignación de la cuarta operación en la segunda estación para la fabricación del aro de seguridad.

Ya que la máxima duración del ciclo se basó en el tiempo en que se realiza el punteado, el porcentaje de utilización de la estación 2 es del 100%.

Se han asignado todas las operaciones del proceso de fabricación del aro de seguridad, originando dos estaciones de trabajo.

Las estaciones quedarían como se muestra en la figura 18.

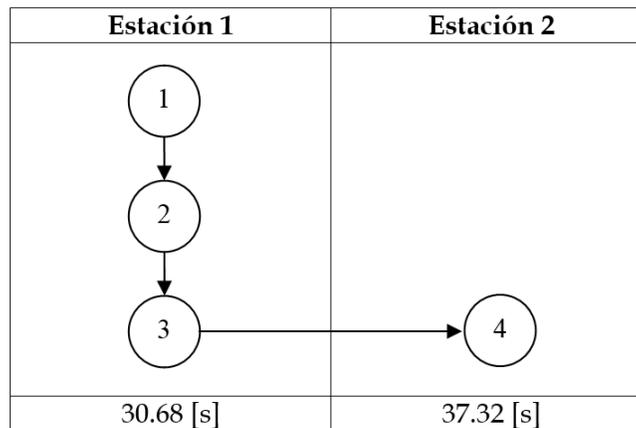


Figura 18. Estaciones de trabajo para el proceso de fabricación del aro de seguridad.

El tiempo máximo por estación es de 37.32 [s], que corresponde a la máxima duración del ciclo.

La eficiencia teórica de la línea de producción está dada por la expresión 4, por ello se tiene:

$$\text{Eficiencia} = \left( \frac{30.68 + 37.32}{2(37.32)} \right) (100) = 91.1\%$$

Y por consecuencia tiene un retraso de 8.89%.

Tanto la operación de corte, rolado como de abocinado requieren ser agrupadas dentro de una estación de trabajo, las tres operaciones pueden ser realizadas por un sólo trabajador.

Actualmente, para la realización de estas tres actividades se requiere el trabajo de dos personas. En el caso del área de punteado, esta actividad es realizada por un sólo

trabajador. Como ya se había mencionado, la operación de punteado es el cuello de botella de la producción.

Con la actual maquinaria, la tasa de producción se obtiene de la siguiente manera:

El tiempo de preparación de la producción es de 30.68 [s], después se va a producir un artículo cada  $C_{max} = 37.32$  [s]

Para determinar la producción en una hora:

Segundos sin  $f_{dp} = 3600$  segundos

Segundos con  $f_{dp} = 3600(1 - 0.05) = 3420$  segundos

Segundos con  $f_{dp}$  y tiempo de preparación  $3420 - 30.68 = 3389.32$  [s]

$$\text{Producción en 1 hora} = \frac{3389.32 \text{ [s]}}{37.32 \frac{\text{segundos}}{\text{aro}}} = 90.81 \text{ aros por hora}$$

Lo que da como resultado un total de 726 aros de seguridad por jornada laboral.

La producción meta de 2000 aros en el mismo tiempo no es posible con la maquinaria con la que se cuenta actualmente, por lo que es necesario plantear propuestas para poder aligerar la carga del cuello de botella presentado en la operación de punteado.

#### **4.4 BALANCEO DE LÍNEA DE LA JALADERA DE ACERO**

Como en el caso del aro de seguridad, se presenta la tabla 27 donde se indican las actividades mínimas racionales que conforman el proceso de fabricación de la jaladera de acero.

<b>Jaladera de acero</b>		
<i>Actividades mínimas racionales</i>		
<i>No.</i>	<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
1	Prerrolado	Traslado de perfil de almacén, montaje en roladora, doblado con rodillos y traslado a almacén.
2	Rolado	Traslado de perfil de almacén, montaje en roladora, segundo y tercer doblado con rodillos y traslado en almacén.
3	Corte de perfil	Traslado de perfil a sierra, corte de perfil a medida y traslado a almacén.
4	Desbaste exterior	Traslado de piezas a área de esmeril, inspección y desbaste exterior de los perfiles.
5	Desbaste interior	Traslado de piezas a área de fresado, desbaste interior de perfiles y traslado a almacén.
6	Perforado	Perforación de un extremo del perfil en troquel y almacenamiento.
7	Reducción de espesor de extremos	Traslado de perfiles a área de esmeril, desbaste de extremos para reducir el espesor, inspección final y almacenamiento.

**Tabla 27. Actividades mínimas racionales para el proceso de producción de la jaladera de acero.**

Los tiempos estándar de cada operación y las relaciones de precedencia, se muestran en la tabla 28.

<b>Jaladera de acero</b>		
Operación	Tiempo (s)	Predecesor inmediato
1	10.29	-
2	26.80	1
3	37.07	2
4	11.34	3
5	13.11	4
6	21.68	5
7	16.47	6

**Tabla 28. Relación de precedencia para las actividades mínimas racionales en el proceso de la jaladera de acero.**

Al igual que en el caso del aro de seguridad, el proceso es completamente lineal. A continuación se presenta la red de operaciones para la jaladera de acero, (véase figura 19).

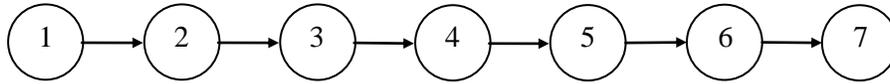


Figura 19. Red de operaciones en el proceso de producción de jaladera de acero.

La tasa de producción deseada es de 450 jaladeras de acero por jornada laboral. Por ello se empleará la expresión 3:

$$C_{max} = \frac{1 - f_{pd}}{T_{pd}} \quad (3)$$

Se utilizará un factor de pérdida de disponibilidad del 5% debido a que los suplementos básicos y los asociados a las características medio ambientales y físicas de cada actividad ya fueron consideradas dentro del cálculo del tiempo estándar. Siendo así empleando la expresión 3 se obtiene:

$$f_{pd} = 5\% \quad T_{pd} = 450 \frac{\text{jaladeras}}{\text{día}}$$

$$C_{max} = \frac{1 - f_{pd}}{T_{pd}} = \frac{1 - 0.05}{450 \frac{\text{jaladeras}}{\text{día}}} = 0.00211 \frac{\text{día}}{\text{jaladera}}$$

La jornada laboral es de 8 horas por día natural, además de que sólo se cuenta con un turno dentro de la planta, por lo que:

$$\left(0.00211 \frac{\text{día}}{\text{jaladera}}\right) \left(\frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}}\right) \left(\frac{3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}}\right) = 60.8 \frac{\text{segundos}}{\text{jaladera}}$$

El tiempo máximo de ciclo es:

$$C_{max} = 60.8 \frac{\text{segundos}}{\text{jaladera}}$$

Ninguna de las operaciones analizadas tiene mayor duración que el ciclo máximo, por lo que se proseguirá con la metodología.

Primeramente, se asignará la operación de prerrolado, la cual no tiene operaciones precedentes.

En este caso, la duración disponible de la estación, empleando la expresión 5, es:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 60.8 - 10.29 = 50.51 \text{ [s]}$$

El porcentaje no asignado, correspondiente a la expresión 6, es:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left(\frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}}\right) (100) = \left(\frac{50.51}{60.8}\right) (100)$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 83.08\%$$

Para fines prácticos, los porcentajes se redondearon.

Entonces, la tabla 29 del balanceo de la línea queda de esta manera:

<i>Jaladera de acero</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Prerrolado	50.51	83

Tabla 29. Asignación de la primera operación en la primera estación para la fabricación de la jaladera de acero.

Se continúa el proceso con la actividad 2, que es el rolado de perfil. Con un tiempo estándar de 26.8 [s], se incluye en la estación 1.

En este caso, la duración disponible de la estación, de acuerdo con la expresión 5, es:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 50.51 - 26.8 = 23.71 \text{ [s]}$$

El porcentaje no asignado, empleando la expresión 6, es:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left( \frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}} \right) (100) = \left( \frac{23.71}{60.8} \right) (100)$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 39\%$$

La tabla 30 muestra el avance de asignación de las actividades en la primera estación.

<i>Jaladera de acero</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Prerrolado	50.51	83
	2	Rolado	23.71	39

Tabla 30. Asignación de la segunda operación en la primera estación para la fabricación de la jaladera de acero.

Siguiendo el orden del proceso, se prosigue con el corte de perfil, cuya duración es de 37.07 [s]. La duración disponible en la estación 1 es de 23.71 [s], se debe considerar otra estación de trabajo.

En este caso, la duración disponible de la estación, empleando la expresión 5, es:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 60.8 - 37.07 = 23.73 \text{ [s]}$$

El porcentaje no asignado, como se ha obtenido a partir de la expresión 6, es:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left( \frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}} \right) (100) = \left( \frac{23.73}{60.8} \right) (100)$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 39\%$$

La tabla 31 muestra el avance de asignación del corte de perfil en la segunda estación de trabajo.

<i>Jaladera de acero</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Prerrolado	50.51	83
	2	Rolado	23.71	39
2	3	Corte de perfil	23.73	39

Tabla 161. Asignación de la tercera operación en la segunda estación para la fabricación de la jaladera de acero.

La operación subsecuente es el desbaste interior, actividad que toma 11.34 segundos, por lo que se le puede incluir en la estación de trabajo 2.

En este caso, la duración disponible de la estación, de acuerdo a la expresión 5, es:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 23.73 - 11.34 = 12.39 \text{ [s]}$$

El porcentaje no asignado, obtenido a partir de la expresión 6, es:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left( \frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}} \right) (100) = \left( \frac{12.39}{60.8} \right) (100)$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 20.38\%$$

La tabla 32 muestra la asignación de la actividad de desbaste exterior en la segunda estación de trabajo.

<i>Jaladera de acero</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Prerrolado	50.51	83
	2	Rolado	23.71	39
2	3	Corte de perfil	23.73	39
	4	Desbaste exterior	12.39	20

Tabla 32. Asignación de la cuarta operación en la segunda estación para la fabricación de la jaladera de acero.

La siguiente operación, desbaste interior, requiere de 13.11 [s], tiempo que rebasa la duración disponible en la estación 2, por lo que se considera una nueva estación de trabajo:

En este caso, la duración disponible de la estación, empleando la expresión 5, es la siguiente:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 60.8 - 13.11 = 47.69 \text{ [s]}$$

El porcentaje no asignado correspondiente, empleando la expresión 6, es:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}} \times 100 = \frac{47.69}{60.8} \times 100$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 78.44\%$$

La tabla 33 muestra la asignación de la actividad desbaste interior en la tercera estación de trabajo.

<i>Jaladera de acero</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Prerrolado	50.51	83
	2	Rolado	23.71	39
2	3	Corte de perfil	23.73	39
	4	Desbaste exterior	12.39	20
3	5	Desbaste interior	47.69	78

**Tabla 33. Asignación de la quinta operación en la tercer estación para la fabricación de la jaladera de acero.**

La siguiente actividad es el perforado. Dado que su tiempo estándar es de 21.68 [s], puede ser incluida en la estación de trabajo 3.

En este caso, la duración disponible de la estación, de acuerdo a la expresión 5, es:

$$\text{Duración disponible en la estación} = 47.69 - 21.68 = 26.01 \text{ [s]}$$

El porcentaje no asignado, empleando la expresión 6, es:

$$\text{Porcentaje no asignado} = \left( \frac{\text{Duración disponible en la estación}}{C_{max}} \right) (100) = \left( \frac{26.01}{60.8} \right) (100)$$

$$\text{Porcentaje no asignado} = 42.78\%$$

De tal forma, la tabla 34 muestra la asignación de la actividad de perforado en la tercera estación de trabajo.

<i>Jaladera de acero</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Prerrolado	50.51	83
	2	Rolado	23.71	39
2	3	Corte de perfil	23.73	39
	4	Desbaste exterior	12.39	20

3	5	Desbaste interior	47.69	78
	6	Perforado	26.01	43

Tabla 34. Asignación de la sexta operación en la tercera estación para la fabricación de la jaladera de acero.

Por último, se realiza la reducción de espesor de los extremos. Al tener un tiempo de ejecución de 16.47 [s], puede ser incluida dentro de la tercera estación de trabajo.

Quedando finalmente las asignaciones como se muestran en la tabla 35:

<i>Jaladera de acero</i>				
Estación	No.	Operación asignada	Duración disponible en la estación [s]	Porcentaje no asignado %
1	1	Prerrolado	50.51	83
	2	Rolado	23.71	39
2	3	Corte de perfil	23.73	39
	4	Desbaste exterior	12.39	20
3	5	Desbaste interior	47.69	78
	6	Perforado	26.01	43
	7	Reducción de espesor de extremos	9.54	16

Tabla 17. Asignación de la séptima operación en la tercera estación para la fabricación de la jaladera de acero.

Se han asignado todas las operaciones del proceso de fabricación de la jaladera de acero, el proceso puede dividirse en tres estaciones de trabajo con un trabajador por cada una.

En la figura 20, se muestran las estaciones de trabajo con las operaciones que están interrelacionadas y que exigen estar dentro de una misma estación de trabajo.

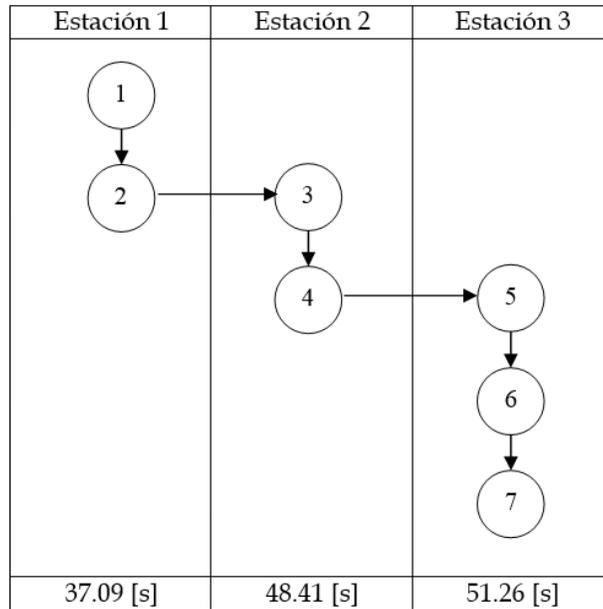


Figura 20. Estaciones de trabajo para el proceso de fabricación de la jaladera de acero.

Tiempo máximo por estación 51.26 [s].

La eficiencia teórica de la línea de producción está dada por la expresión 4 de la siguiente forma:

$$\text{Eficiencia} = \left( \frac{37.09 + 48.41 + 51.26}{3(51.26)} \right) (100) = 88.93\%$$

Y por consecuencia tiene un retraso de: 11.06%

Se puede observar que el cuello de botella del proceso de fabricación de la jaladera de acero es la operación de corte de perfil.

Cabe destacar que la actividad de desbaste exterior y de reducción de espesor de extremos se realiza con la misma maquinaria, por lo que la interrelación entre la estación de trabajo 2 y 3 es mayor que la que presenta cualquiera de estas dos con la estación 1.

#### 4.5 PROPUESTAS DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREA DE TRABAJO

Antes de analizar las propuestas que se generaron después el balanceo de líneas es importante conocer la distribución actual de la planta. La figura siguiente muestra, mediante un diagrama de hilos, la distribución con la que actualmente cuenta la planta productiva, en donde se pone especial énfasis en el espacio que ocupa el proceso de fabricación del aro de seguridad y la jaladera de acero.

El diagrama de hilos muestra el recorrido que sigue el material de cada proceso, desde los almacenes de materia prima hasta los almacenes de producto terminado. Dentro del diagrama de hilos los almacenes de producto en proceso, se representan con las figuras sombreadas con numeración PP. Las figuras con inscripción representan la maquinaria y

el proceso donde se transforma la materia prima. Finalmente, se representa la posición que ocupan los operarios frente a las máquinas.

Puede observarse en la distribución actual, mostrada en la figura 21, que cada proceso, el del aro de seguridad y el de la jaladera de acero, ocupa espacios separados dentro de la planta. El único espacio que comparten corresponde a destinado a la camioneta que trae la materia prima y que se lleva el producto terminado.

En cuando a las zonas de acceso de la planta, en la distribución puede verse existen dos de ellas. Cada una de las salidas desemboca en una calle distinta y es fácil meter o sacar material por cualquiera de ellas, sin embargo actualmente solo se utiliza una.

Después del diagrama de hilos de la distribución actual, se indica un resumen de las distribuciones de las dos áreas de trabajo: aro de seguridad y jaladera de acero. Esto se hace con el objetivo de resumir el funcionamiento de las líneas de producción.

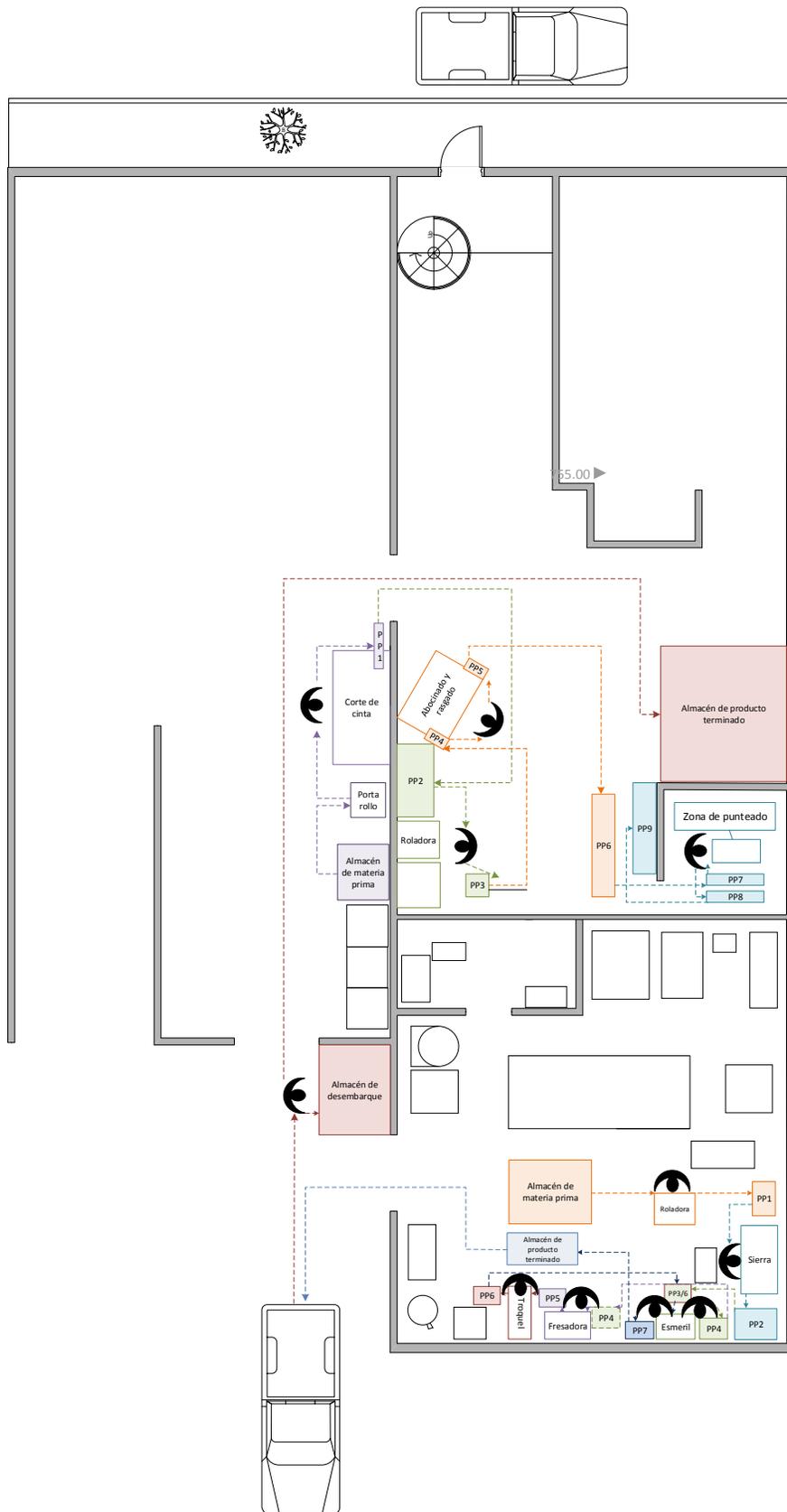


Figura 21. Distribución actual de la planta (representación mediante diagrama de hilos).

Después de realizado el balanceo de las líneas de producción se realizaron tres propuestas de redistribución de la planta. Como consideraciones generales en las tres propuestas se proponen:

- Actualmente, además de los procesos del aro de seguridad y la jaladera de acero se fabrica la jaladera de aluminio, compartiendo el espacio con la jaladera de acero. Sin embargo, el proceso de la jaladera de aluminio no se encuentra operando en su totalidad y las máquinas para dicho proceso están siendo trasladadas a la otra planta con la que cuenta la empresa en el Estado de México. Es por ello que no se tomarán en cuenta dentro de las propuestas las máquinas de dicho proceso y todo el espacio que ocupan actualmente se considerará disponible para las propuestas.
- La redistribución de ambos procesos se realizó de manera simultánea.
- La existencia de una segunda área de soldadura. Sabiendo que se cuenta con el equipo necesario para instalarla, sin embargo para su operación es necesario que el nuevo operario consiga mediante capacitación la misma habilidad que el soldador actual.
- El uso de las dos entradas de acceso a la planta. De acuerdo a la observación directa en la planta, se sabe que la camioneta que generalmente lleva y trae el material cabe perfectamente en ambas calles. Además la entrada que no ha sido ocupada tiene una puerta con la anchura suficiente para permitir el paso de los trabajadores con material.
- El cambio en la posición y las dimensiones de los almacenes de producto terminado. Las dimensiones que se consideran pueden cambiar de una propuesta a otra, esto es debido al espacio con el que se dispone. En cuanto a la posición de dichos almacenes, se colocaron de forma que quedaran más cerca de la salida correspondiente y que no afectaran el recorrido del material dentro del proceso.

#### **4.5.1 Primera propuesta de distribución**

La figura 22 muestra la primera propuesta de distribución. En esta propuesta para el proceso del aro de seguridad se considera, además de la existencia de la segunda área de soldadura, un cambio de posición del proceso de rolado de las cintas en la roladora y el proceso de abocinado (troquelado para dar la forma al aro en donde se coloca el dispositivo) en la prensa. Para el proceso de la jaladera de acero, el proceso se plantea que comienza en la esquina inferior derecha y que se distribuya en línea recta. Se utilizan ambos accesos de la planta, un acceso diferente para cada producto.

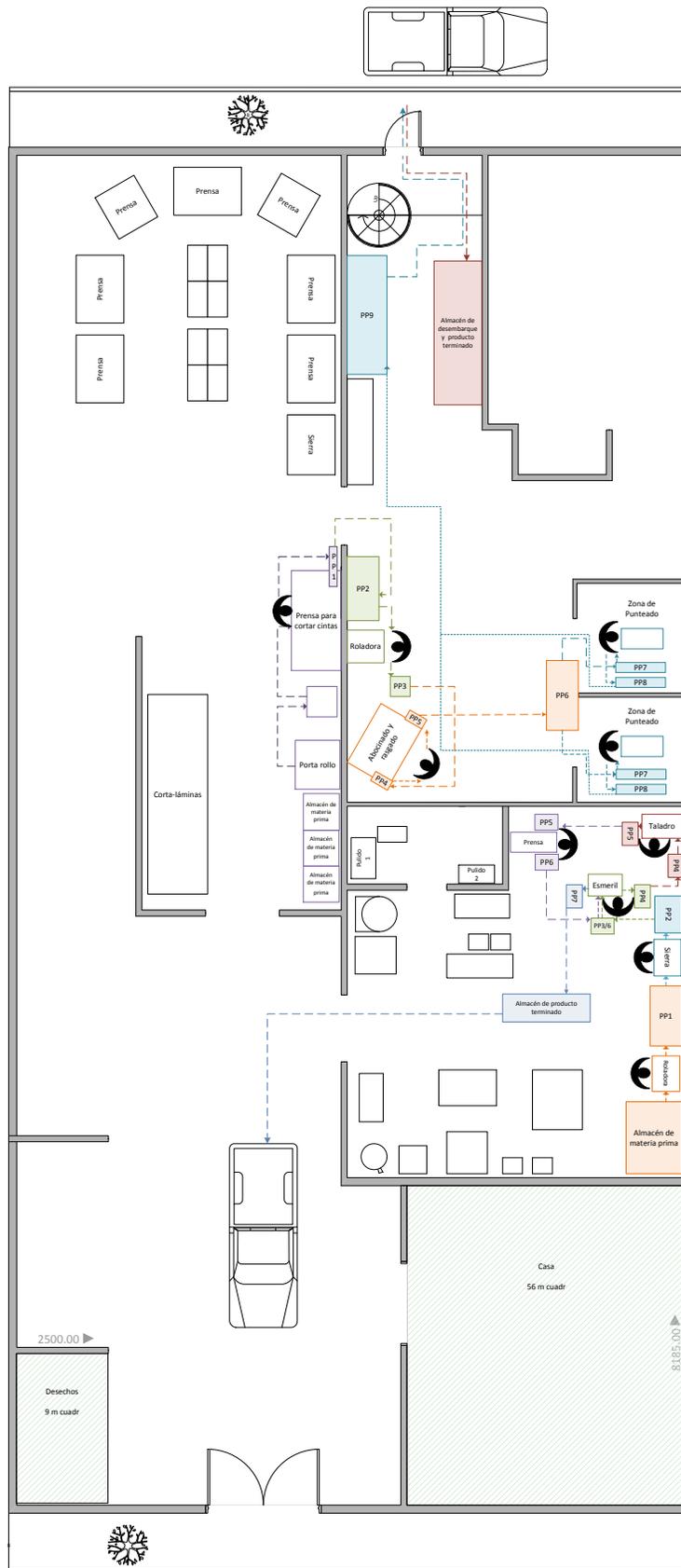


Figura 22. Distribución de la propuesta 1 de la planta (representación mediante diagrama de hilos).



Para la jaladera de acero la metodología determina que deben existir tres estaciones de trabajo. La primera debe agrupar las operaciones de rolado y prerrolado, la segunda las operaciones de corte y desbaste exterior, finalmente la tercera debe agrupar las operaciones de desbaste interior, perforado y reducción de espesor (véase figura 24). En este proceso la entrada y salida de material se realizará por el mismo acceso de la distribución actual.

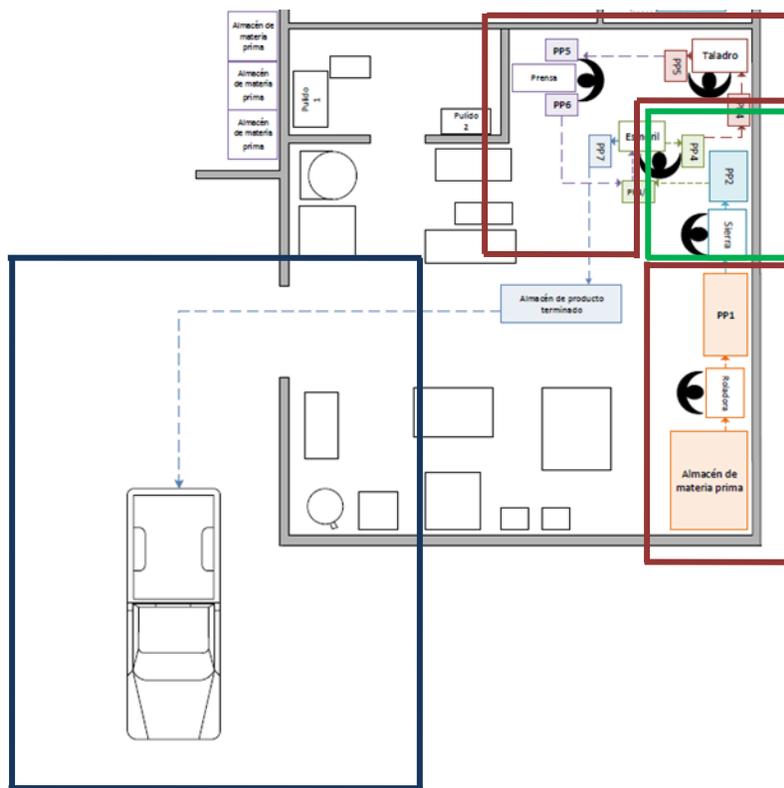


Figura 24. Detalle de la distribución del proceso de la jaladera de acero en la propuesta 1. En rojo y verde se señalan las estaciones de trabajo y en azul la entrada que será utilizada para el arribo y salida de material.

#### 4.5.2 Segunda propuesta de distribución

En esta propuesta de distribución, el proceso del aro de seguridad se redistribuye de manera lineal a lo largo de la nave. Se utiliza el segundo acceso para la entrada y salida de material. En esta propuesta, los aros que saldrán para el galvanizado se colocaran en dos almacenes de producto en proceso (PP9), cada soldador dispondrá de un espacio para colocar dichos aros (véase figura 25).

En el caso de las jaladera de acero, se considera la misma distribución que en la propuesta uno (véase figura 26).

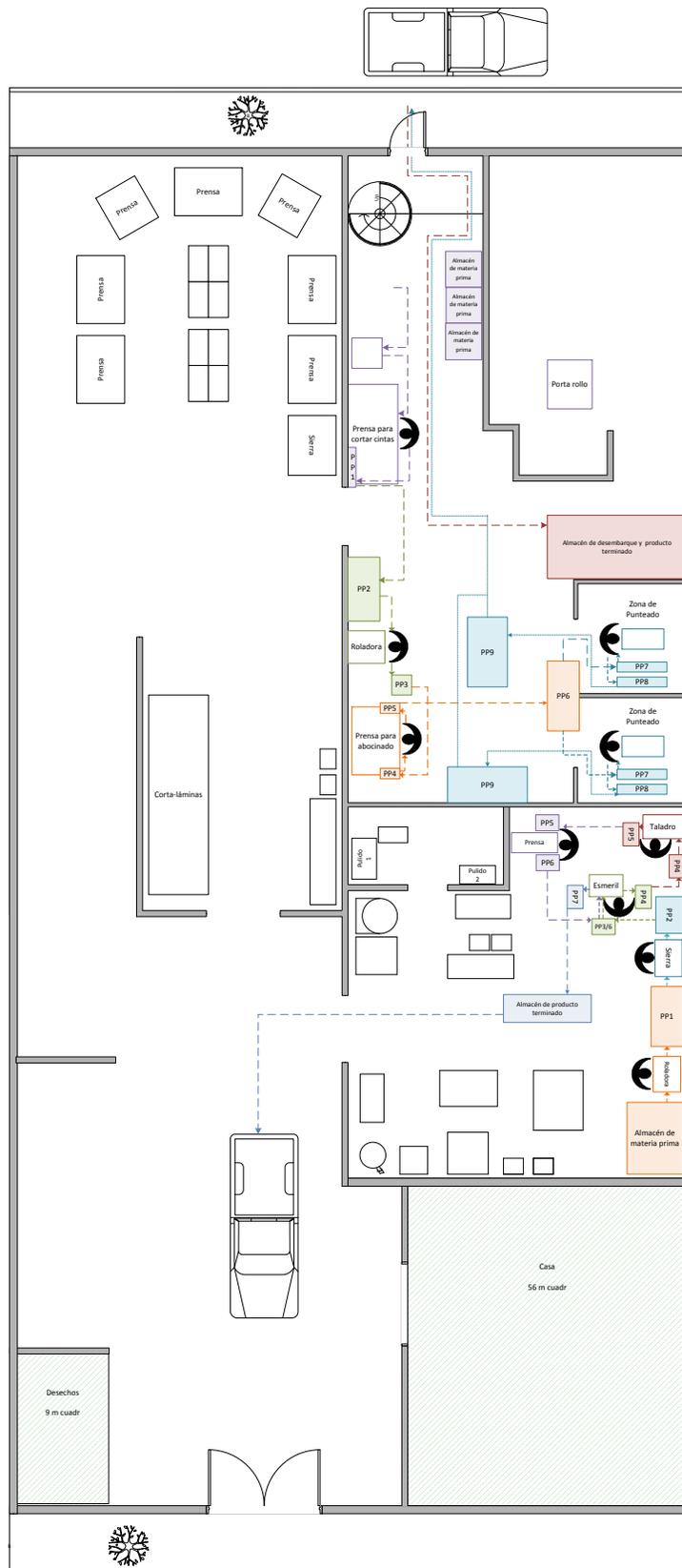


Figura 25. Distribución de la segunda propuesta de la planta (representación mediante diagrama de hilos).

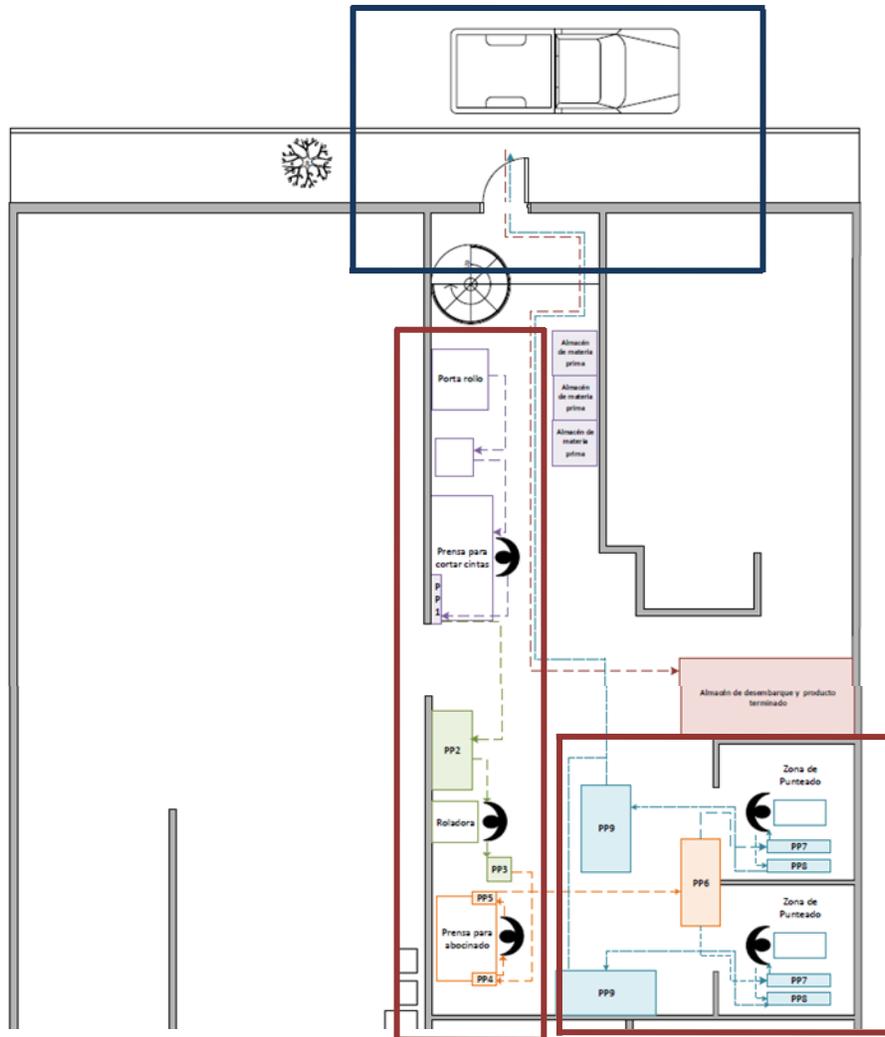


Figura 26. Detalle de la distribución del proceso del aro de seguridad en la segunda propuesta. En rojo se señalan las estaciones de trabajo y en azul la entrada que será utilizada para el arribo y salida de material.

#### 4.5.3 Tercer propuesta de distribución

Para la tercera propuesta de distribución se considera que el muro que separa las dos naves de la distribución actual será removido permitiendo que se lleven a cabo de manera conjunta el proceso de fabricación del aro de seguridad y el de la jaladera de acero (véase figura 29).

En cuanto al aro de seguridad, el proceso se traslada a la zona que ocupaba la jaladera de acero, comenzando en la esquina inferior derecha y en forma lineal a lo largo hasta la zona de soldadura. Existe un único almacén de aros que saldrán para galvanizado (PP9) y junto

con el almacén de producto terminado, tendrán el acceso por la entrada original de la planta (véase figura 27).

Para el caso de la jaladera de acero, el proceso se traslada al espacio que ocupaba el aro de seguridad en la distribución actual. Se realiza una distribución lineal a lo largo de la nave contando con el segundo acceso como la entrada y salida de material (véase figura 28).

Cabe señalar que esta propuesta requiere de un análisis estructural, ya que es indispensable determinar si la pared que separa las dos naves no es un muro de carga, si es el caso, no podría ser derribado. El análisis de carga del muro queda fuera del alcance de este trabajo.

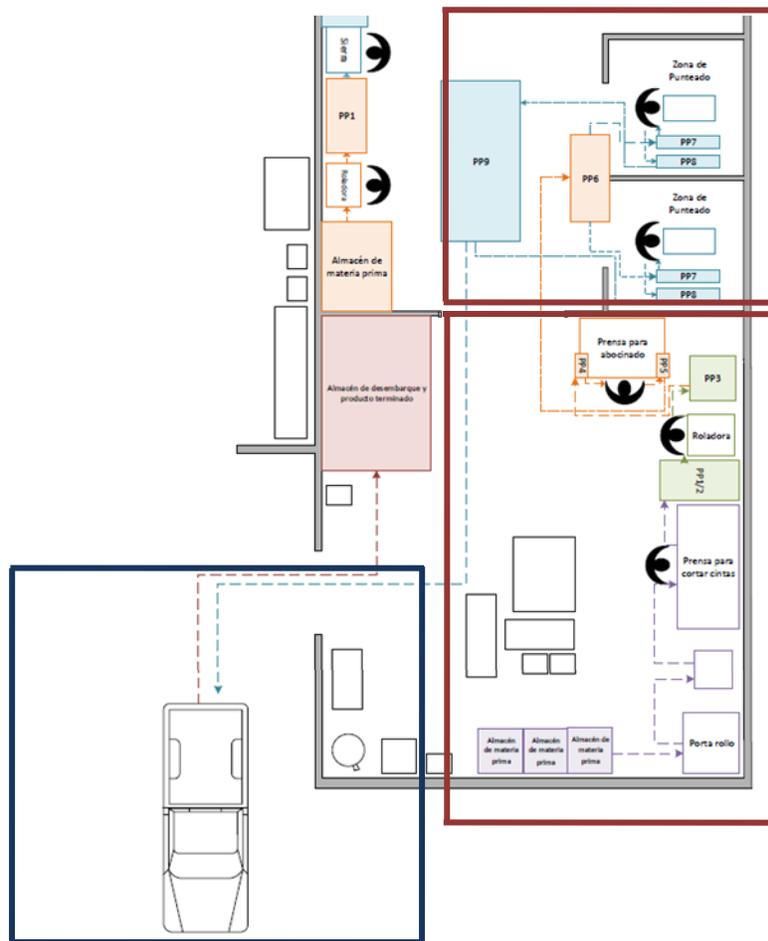


Figura 27. Detalle de la distribución del proceso del aro de seguridad en la tercera propuesta. En rojo se señalan las estaciones de trabajo y en azul la entrada que será utilizada para el arribo y salida de material.

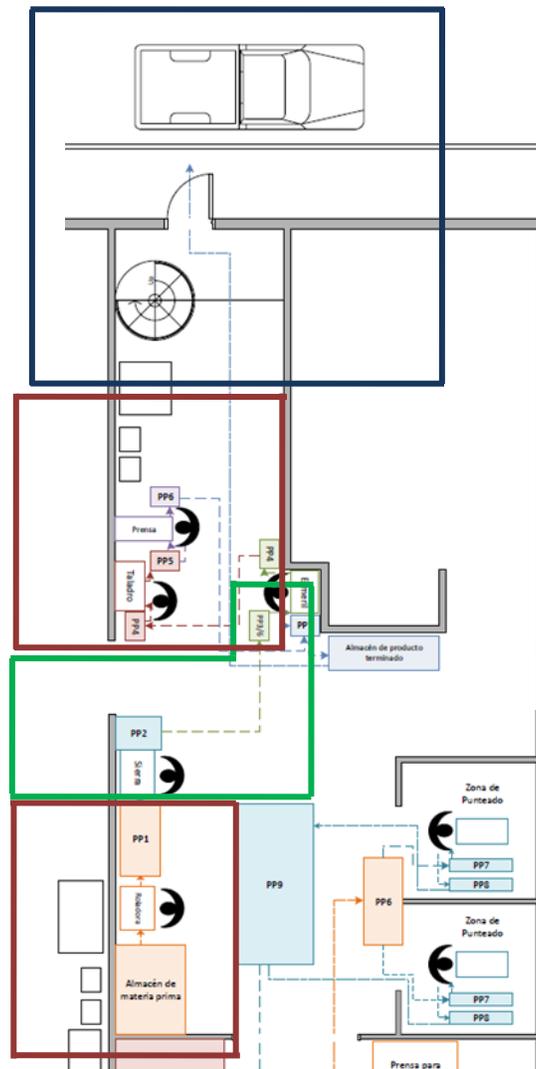


Figura 28. Detalle de la distribución del proceso de la jaladera de acero en la tercera propuesta. En rojo y verde se señalan las estaciones de trabajo y en azul la entrada que será utilizada para el arribo y salida de material.

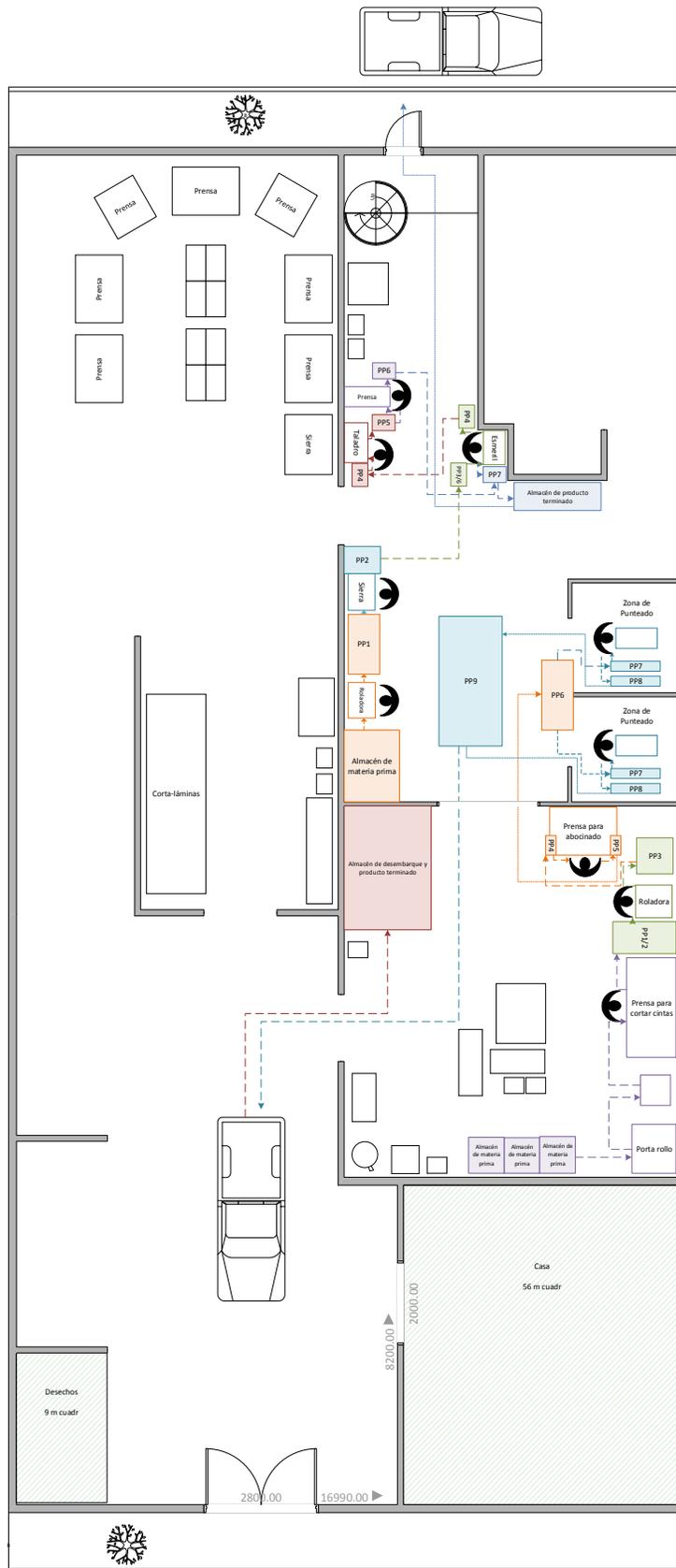


Figura 29. Distribución de la tercera propuesta de la planta (representación mediante diagrama de hilos).

#### 4.5.4 Comparación de propuestas

A continuación se presentan las tablas 36 y 37 con una comparación de las propuestas generadas para el proceso de fabricación del aro de seguridad y la jaladera de acero.

Los rubros que serán considerados para valorizar las propuestas son la infraestructura requerida, la distancia total recorrida por los operarios, la producción respectiva del aro de seguridad o la jaladera de acero y el número de operarios requeridos. En función de estas características puede tomarse una decisión sobre la propuesta que mejor se adecue a las necesidades del proceso.

	Infraestructura requerida	Distancia total recorrida [m]	Producción de aro	Operarios requeridos
<b>Distribución actual</b>	Maquinaria actual	72.9	700	3
<b>Propuesta 1</b>	Adicionar 3 plataformas de transporte y una máquina para soldadura por resistencia	40.1	No calculable	2
<b>Propuesta 2</b>	Adicionar 3 plataformas de transporte y una máquina para soldadura por resistencia	46.9	No calculable	2

Tabla 36. Comparación de propuestas de distribución para el proceso de fabricación del aro de seguridad.

Cabe señalar que la tercera propuesta se descarta de la comparación porque, como se señaló anteriormente, conlleva a que un muro que divide la unidad de negocio del aro de seguridad y la jaladera de acero sea derribado. Aunque derribar el muro conllevaría un análisis de cargas que no se incluye en este trabajo.

Las dos propuestas comparadas con la actual representan una disminución significativa en la distancia que tienen que recorrer los operarios. Esto es debido a que se disminuyen los cruces innecesarios para trasladarse de un proceso a otro.

En el caso de la producción del aro de seguridad, no es posible hasta este momento determinar el número de aros que serán producidos debido a la inclusión de la segunda área de punteado. Lo que sí es posible determinar, como resultado de la metodología del balanceo de líneas, es el número de operarios que deberán trabajar en la línea. Para las dos propuestas generadas el número de operarios se reduce a sólo dos, aunque se tiene que considerar que con la inclusión de otra soldadora es necesario contar con un operario adicional.

En cuanto a la infraestructura se considera para ambas propuestas la utilización del equipo adicional de soldadura con el que cuenta la empresa.

Considerando únicamente las distancias de ambas propuestas la que presenta una mejor alternativa es la primera propuesta.

	<b>Infraestructura requerida</b>	<b>Distancia total recorrida [m]</b>	<b>Producción de jaladera</b>	<b>Operarios requeridos</b>
<b>Distribución actual</b>	Maquinaria actual	16	350	4
<b>Primer propuesta</b>	Adicionar 4 plataformas de transporte	10.47	450	3

**Tabla 37. Comparación de propuestas de distribución para el proceso de fabricación de la jaladera de acero**

Para el caso de la jaladera de acero se generó una sola propuesta que se adapta a las dos propuestas diseñadas para el aro de seguridad. En esta propuesta se observa una disminución en cerca de seis metros en la distancia total recorrida por los operarios. El flujo de materiales conserva la linealidad y el espacio es mejor aprovechado con el fin de reducir los entrecruces excesivos que posee la distribución actual.

En cuanto al número de operarios, de acuerdo al resultado de la metodología del balanceo de líneas, sólo serán necesarios tres de ellos.

La producción de jaladera de acero con la nueva distribución está diseñada para fabricar 450 jaladeras, lo que significa un incremento de 100 piezas fabricadas por día.

## CAPÍTULO 5 SIMULACIÓN DE PROCESOS

Analizar si la inclusión de un segundo soldador permite un aumento en la producción que justifique la inversión necesaria; así como determinar la mejor opción en cuanto a las propuestas realizadas en el capítulo anterior.

### 5.1 DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN DE PROCESOS

En muchas ocasiones la realidad es bastante compleja para ser estudiada directamente y es preferible la formulación de un modelo que contenga las variables más relevantes que aparecen en el fenómeno en estudio y las relaciones más importantes entre ellas.

Frecuentemente, la solución de los problemas puede realizarse por procedimientos analíticos sobre un modelo construido, sin embargo en otras circunstancias dicha resolución analítica no es posible (o es tremendamente complicada o costosa) y es preferible una aproximación de la solución mediante la simulación.

La simulación es la técnica que consiste en realizar experimentos de muestreo sobre el modelo de un sistema; es decir, consiste en imitar un sistema usando un modelo que permite evaluar y mejorar el desempeño del mismo. Un modelo no es más que un conjunto de variables junto con ecuaciones matemáticas que las relacionan y restricciones sobre dichas variables.

Con la llegada de la computadora, una de las más importantes herramientas para analizar el diseño y operación de sistemas o procesos complejos es la simulación. Fue así como surgieron incontables aplicaciones computacionales y con ello una cantidad mayor de problemas teóricos y prácticos que pueden ser resueltos mediante la simulación.

La simulación ha traído consigo innovaciones importantes en los terrenos de la toma de decisiones y el diseño de procesos y productos.

Hoy en día existe una gran cantidad de software de simulación que permiten tomar decisiones en temas muy diversos. Además resulta cada vez más sencillo encontrar paquetes de software con gran capacidad de análisis; así como mejores animaciones y características para generación de reportes. En general, dichos paquetes – ya sea orientados a procesos, a servicios o de índole general – proveen la información relevante bajo análisis, y una mejor presentación e interpretación de la misma.

#### 5.1.1 Etapas en el proceso de simulación

El proceso de simulación sigue un razonamiento lógico que comienza con la definición y completo entendimiento del sistema que se desea modelar para posteriormente formular el modelo que mejor represente su comportamiento. Deben determinarse la interacción del sistema con otros sistemas, las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro del sistema, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio (véase figura 30).

Una vez que están definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, el siguiente paso es definir y construir el modelo que representará el comportamiento del sistema. Una vez teniendo el modelo, será necesario reunir una serie de datos que alimenten al modelo. Existen muchas fuentes de información que pueden suministrar los datos, de todas ellas ha de elegirse la más adecuada a la naturaleza del modelo.

Las etapas de implementación, validación y experimentación se desarrollan una vez que se ha elegido el software para la simulación que más se adecue a las necesidades del modelo. En la validación es posible detallar deficiencias en la formulación del modelo o en los datos alimentados al modelo. La experimentación consiste en generar los datos deseados y en realizar análisis de sensibilidad en los índices requeridos.

Finalmente se interpretan los resultados que arroja la simulación y con base a esto se toma una decisión, el software en sí no toma la decisión, sino que la información que proporciona ayuda a tomar mejores decisiones y por consiguiente a sistemáticamente obtener mejores resultados.

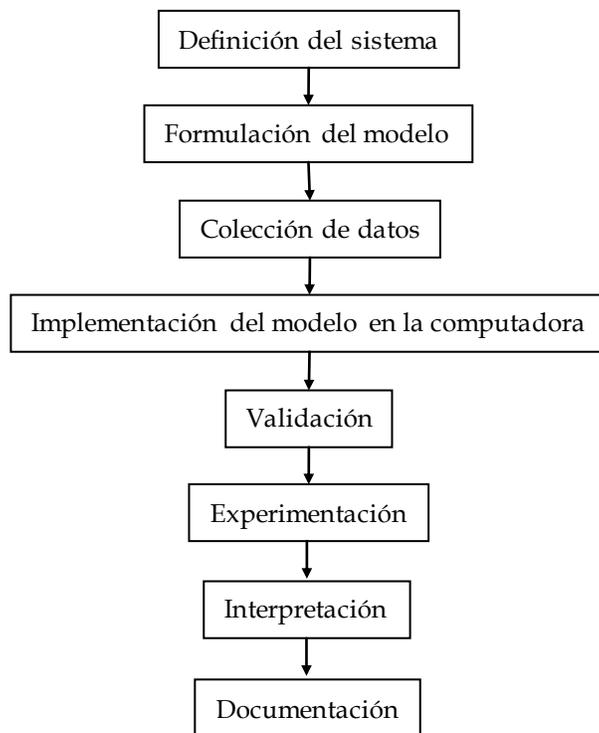


Figura 30. Etapas en el proceso de simulación.

### 5.1.2 Ventajas y desventajas de la simulación

La simulación es una de las diversas herramientas con las que cuenta el analista para tomar decisiones y mejorar sus procesos. Sin embargo, es necesario destacar que la

simulación de eventos discretos presenta ventajas y desventajas que es preciso tomar en cuenta al determinar si es apta o no para resolver un problema determinado.

Dentro de las ventajas más comunes que ofrece la simulación podemos citar las siguientes:

- Es una herramienta para conocer el impacto de los cambios en los procesos sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad.
- Permite al analista conocer cómo se comporta el modelo generado bajo diferentes escenarios, que incluyen al escenario actual y los escenarios de mejora.
- Es más económico realizar un estudio de simulación que hacer muchos cambios en los procesos reales.
- En problemas de gran complejidad la simulación permite generar una buena solución.
- En la actualidad los paquetes de software para la simulación tienden a ser más sencillos, lo que facilita su aplicación.
- Cuando es imposible experimentar sobre el sistema real por ser dicha experimentación destructiva.
- En ocasiones en las que la experimentación sobre el sistema es posible, pero no es ética.
- Es de utilidad en sistemas que evolucionan muy lentamente en el tiempo.
- Puede utilizarse entrenamiento para la toma de decisiones.

En cuanto a las desventajas pueden considerarse las siguientes:

- A pesar de que muchos paquetes de software permiten obtener el mejor escenario a partir de una combinación de variaciones posibles, *la simulación no es una herramienta de optimización.*
- La simulación puede ser costosa cuando se requiere emplearla en problemas relativamente sencillos de resolver, en lugar de utilizar soluciones analíticas que se han desarrollado de manera específica para ese tipo de casos.
- Se requiere bastante tiempo – generalmente meses – para realizar un buen estudio de simulación.
- Es preciso que el analista domine el uso del paquete de simulación y que tenga sólidos conocimientos de estadística para interpretar los resultados.
- Frecuentemente el modelo omite variables o relaciones importantes entre ellas.
- Resulta difícil conocer la precisión de la simulación, especialmente en lo relativo a la precisión del modelo formulado.

### **5.1.3 Software de simulación ProModel**

ProModel es un paquete de simulación comercial, desarrollado por ProModel Inc., poderoso y sencillo de usar que está diseñado para modelar efectivamente cualquier sistema de procesos de eventos discretos y continuos.

Los modelos continuos son aquellos en los que las relaciones entre las variables relevantes de la situación real se definen por medio de ecuaciones diferenciales, dado que éstos permiten conocer el comportamiento de las variables en un lapso de tiempo continuo. En

los modelos discretos, el comportamiento que interesa analizar puede representarse por medio de ecuaciones evaluadas en un punto determinado.

En ProModel puede realizarse la construcción de un modelo usando herramientas gráficas simples. Dentro del software, un modelo está dividido en elementos que tienen asociados diálogos para definir el comportamiento operacional del modelo, como el arribo de unidades y procesamiento lógico. Dichos elementos que componen un modelo para el uso de ProModel, son:

*Entidades*, las partes a procesar.

*Locaciones*, los lugares donde ocurrirá el proceso.

*Recursos*, agentes usados para el proceso y mover las entidades.

*Caminos*, pasillos y sendas a través de los cuales pasan los recursos y las entidades.

Para el uso del software deben tenerse además en consideración otros conceptos que ayudan a explicar el comportamiento del modelo en la simulación, entre estos conceptos se encuentran los siguientes:

*Estado del sistema*. Es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento determinado.

*Evento*. Es un cambio en el estado actual del sistema. Los eventos pueden catalogarse en dos tipos: *eventos actuales*, que son aquellos que están sucediendo en el sistema en un momento dado, y *eventos futuros*, que son cambios que se presentarán en el sistema después del tiempo de la simulación, de acuerdo con una programación específica.

*Atributo*. Es una característica de una entidad.

*Variables*. Son condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas. Pueden ser continuas o discretas. Las variables son muy útiles para realizar conteos de piezas y ciclos de operación; así como para determinar características de operación del sistema.

Cuando se ejecuta un modelo creado en ProModel, la base de datos del modelo es traducida o compilada para crear la base de datos de la simulación. Durante la ejecución del modelo se realizan simultáneamente la simulación y la animación del mismo. Al final de la ejecución del modelo, el software provee los datos en diversas herramientas para su análisis tales como reportes, gráficas, diagramas y otros. El desempeño promedio a través de las repeticiones y los múltiples escenarios de salida paso a paso hace que los resultados sean mucho más sencillos de interpretar.

## 5.2 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN

En este caso sólo se simulará el proceso de fabricación del aro de seguridad. El modelado mediante ProModel se realiza de la siguiente manera:

Las locaciones que se tomaron en cuenta para la simulación son las siguientes:

- Almacén de materia prima.
- Prensa para corte de cinta.
- Roladora.
- Prensa para abocinado.
- Máquina para soldadura por resistencia.
- Almacén de producto terminado.

La única entidad a procesar es la cinta.

Para el modelado en ProModel, se utilizaron los tiempos estándar obtenidos en el capítulo 3. Para las distancias recorridas entre cada locación, se utilizó la siguiente relación (incluida en el anexo, en la tabla IX del apartado Tablas del sistema de tiempos predeterminados):

$$\text{Andar: } 17.4 [tmu] = .62[s] \text{ por cada metro}$$

### 5.2.1 Pasos generales para la realización de la simulación

Para empezar, se debe dar clic en el ícono *New*. En ese momento aparece la ventana emergente de la figura 31:

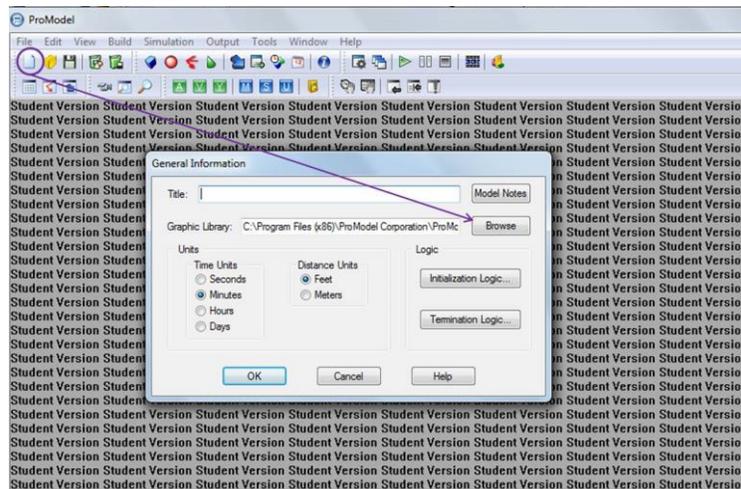


Figura 31. Ventana emergente para información general

En dicha ventana, se dará clic en el botón *Browse*. Esto tiene como objetivo elegir una librería de gráficos específica. Se abre una ventana del explorador donde se visualizan tres carpetas, se abre la que se llama *Graphics* (véase figura 32).

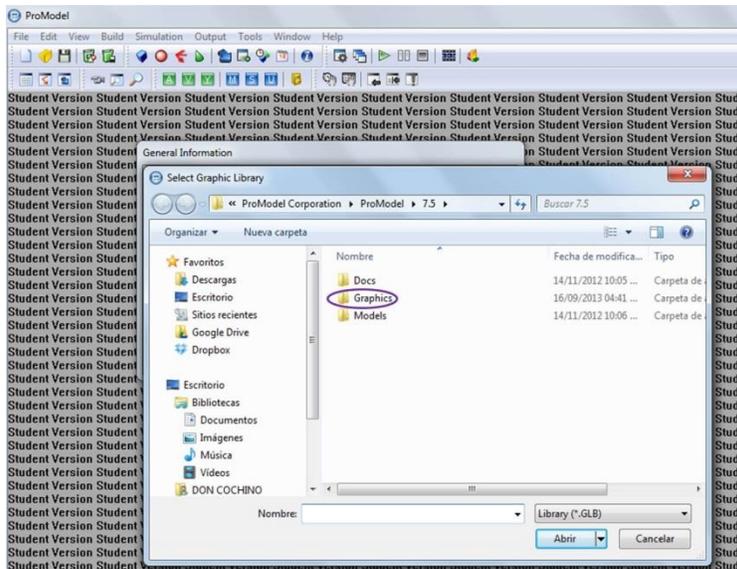


Figura 32. Elección de librería de gráficos.

Al abrir la carpeta *Graphics* se elige la galería *Industry*, que es donde previamente se han guardado imágenes para poder realizar la simulación (véase figura 33).

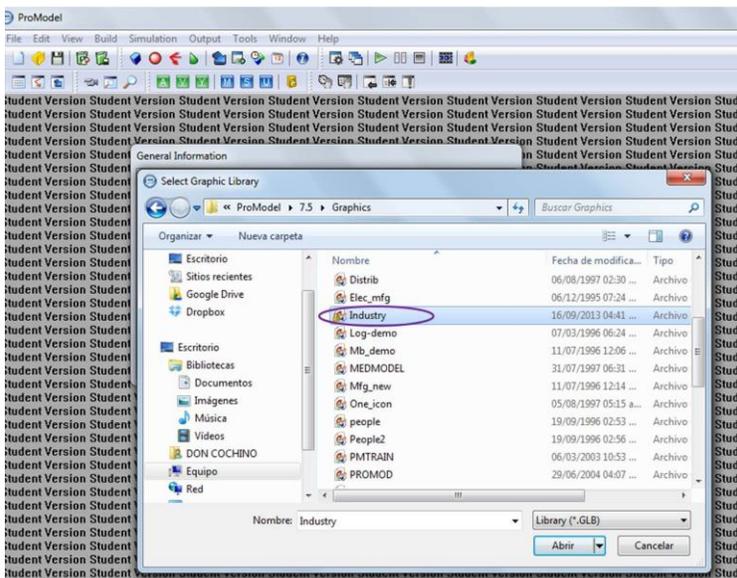


Figura 33. Elección de la galería *Industry*.

Al momento de ejecutar la simulación, se puede incluir un mensaje de inicio y término de la misma. En este caso se optó por poner un mensaje de inicio. Para ello, se da clic en el botón llamado *Initialization Logic*. Después de ello aparece la ventana emergente de la figura 34.

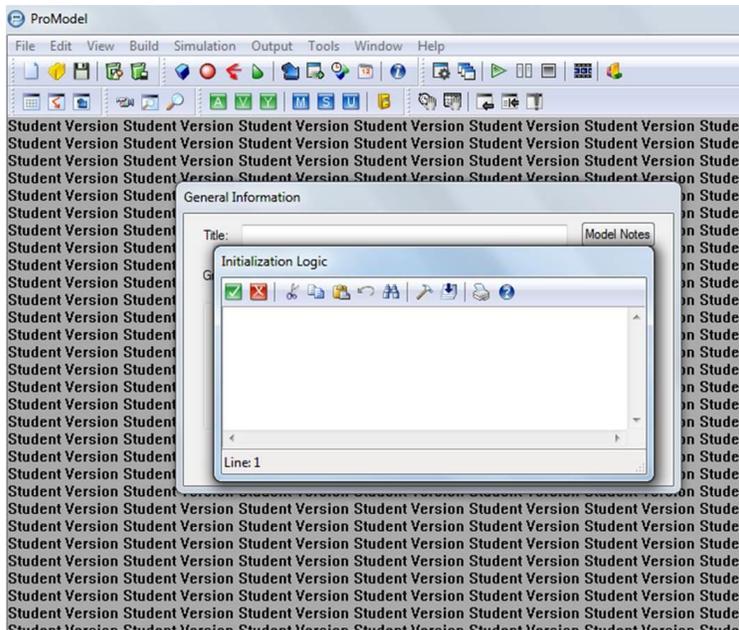


Figura 34. Ventana para mensaje de arranque.

Dentro del recuadro se escribe lo siguiente: *display "Distribución actual"* (véase figura 35).

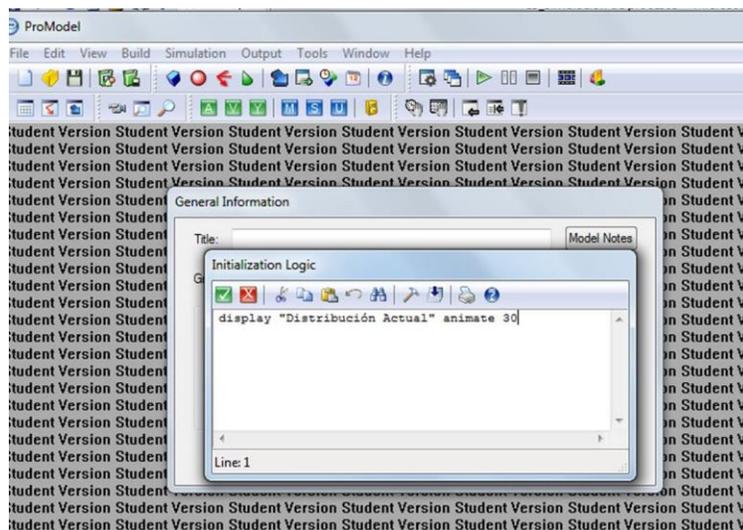


Figura 35. Mensaje de arranque seleccionado.

Si el mensaje escrito y su lógica son correctos, se da clic en el ícono de la palomita en verde. Cabe mencionar que la frase que se encuentra entre comillas cambia según sea el caso.

Vuelve a aparecer la ventana emergente, figura 36, y se seleccionan como unidades básicas el metro y el segundo.

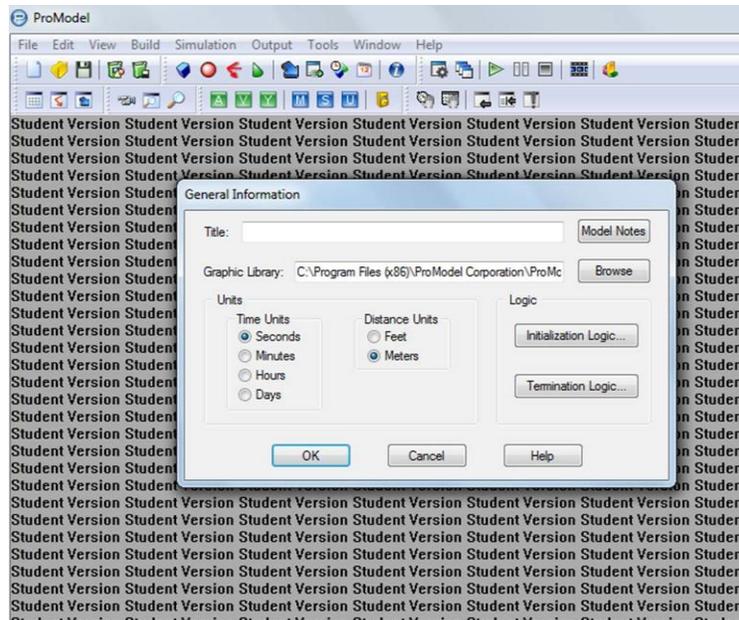
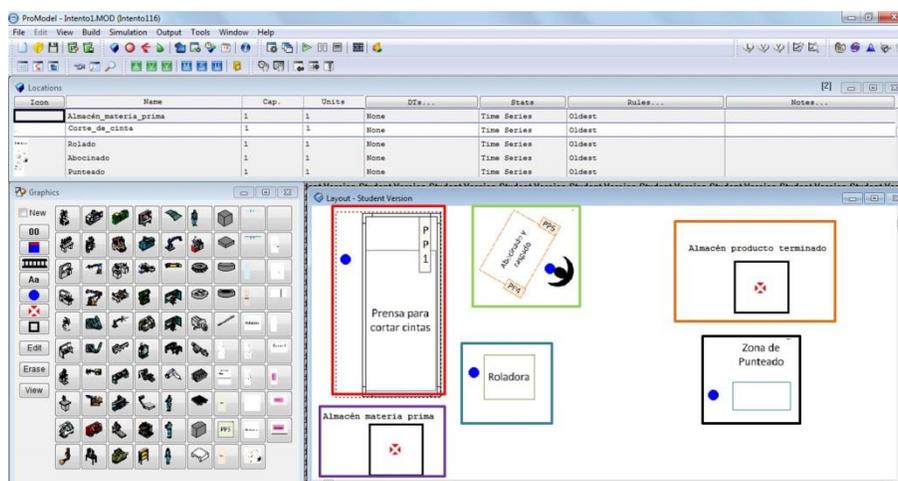


Figura 36. Selección de unidades de medida

Luego se da clic en el botón OK. La lógica de cada movimiento para hacer la simulación se incluirá posteriormente.

### 5.3 SIMULACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL ARO DE SEGURIDAD

A continuación, en la figura 37, se presenta las localidades y las entidades usadas en la simulación:



En el recuadro morado, se aprecia el almacén de materia prima. Este almacén no aparecerá al irse ejecutando la simulación. Se trata de un sólo almacén con capacidad de procesar una entidad a la vez, las reglas de salida son que las entidades que hayan llegado primero serán las primeras en ser procesadas.

En el recuadro rojo se encuentra la máquina que realiza la operación del corte de cinta. Del almacén de materia prima a la prensa, se camina un total de 4 [m]. La operación toma 11.31 [s]. La distancia que requiere el operario caminar para llevar las cintas al área de rolado es de 11.1 [m].

En el recuadro azul, se puede apreciar la dobladora con rodillos. Esta operación toma un tiempo de 8.04 [s], mientras que el desplazamiento del operador con el aro al área de abocinado es de 5.6 [m].

La prensa encargada de realizar la operación de abocinado está marcada con un recuadro verde. La operación se realiza en 11.33 [s]. Del área de abocinado al área de punteado, se recorre una distancia de 7.5 [m], contando la distancia recorrida del área de abocinado hasta los almacenes temporales con los que cuenta el operario de área de punteado al interior de ésta.

La máquina soldadora está marcada con el recuadro negro. Es la operación que más tiempo toma en la fabricación del aro de seguridad, con un tiempo igual a 37.32 [s].

El almacén de producto terminado se encuentra a 4.2 [m] del área de punteado. Al igual que el almacén de materia prima, éste no aparecerá al correr la simulación. Cabe mencionar que en realidad falta el proceso de galvanizado, pero este no se realiza dentro la fábrica y después de éste proceso el producto sólo se embala para su transporte final.

El botón *Processing* nos permite visualizar el proceso que será simulado, en esta sección se definirá los tiempos que toman realizar las operaciones y los recorridos entre cada maquinaria (véase figura 38).

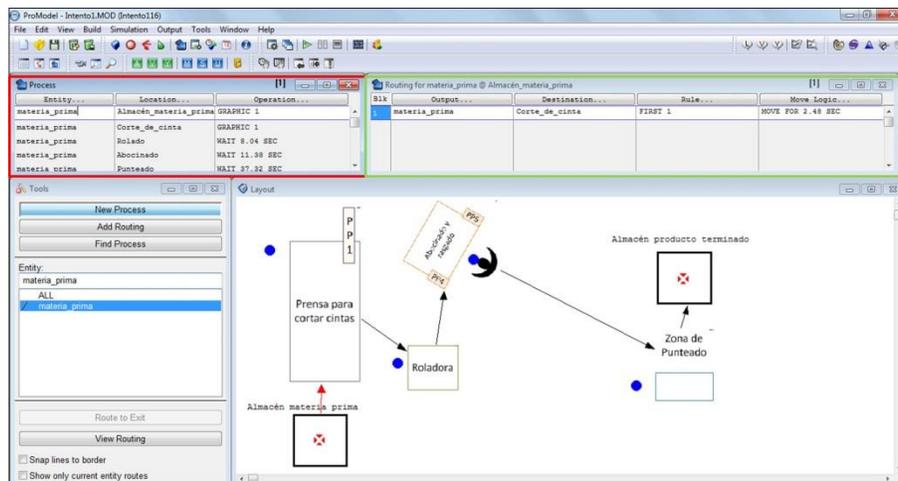


Figura 38. Lógica del proceso de simulado del proceso de fabricación del aro de seguridad.

En la primera ventana, de la figura 38, marcada con rojo se indican las entradas, mientras que en el recuadro verde, se muestran las salidas. En la pestaña *Operation* se utiliza la siguiente lógica:

Wait: permite indicar el tiempo que la entidad será procesada en la locación específica.

Todas las operaciones se realizan en segundos, por lo que la lógica se escribe de la siguiente manera: *wait 5 sec* que indica que la entidad será procesada por la locación durante 5 segundos.

También en esta pestaña se pueden incluir los cambios que sufre la materia a través del proceso. Para ello es necesario que al momento de definir a la entidad se le hayan asociado varios gráficos. En este caso se le asociaron a la entidad materia prima tres gráficos que representan de manera simbólica la transformación a través del proceso.

Para ello se le agrega la frase *graphic* y el número de la imagen que queremos que aparezca, por ejemplo: *graphic 2*.

En la ruta del proceso (la pestaña llamada *routing for*) podemos indicar el tiempo que requiere la entidad en recorrer desde la locación en la que actualmente se encuentra hasta la siguiente. Para ello, se utiliza la lógica *move for*. La lógica se escribe de la siguiente manera: *move for 4.66 sec*.

A continuación, en las figuras 39 a 43, se presentan paso a paso la ruta y las lógicas utilizadas para los tiempos de proceso y los tiempos de los recorridos entre cada locación.

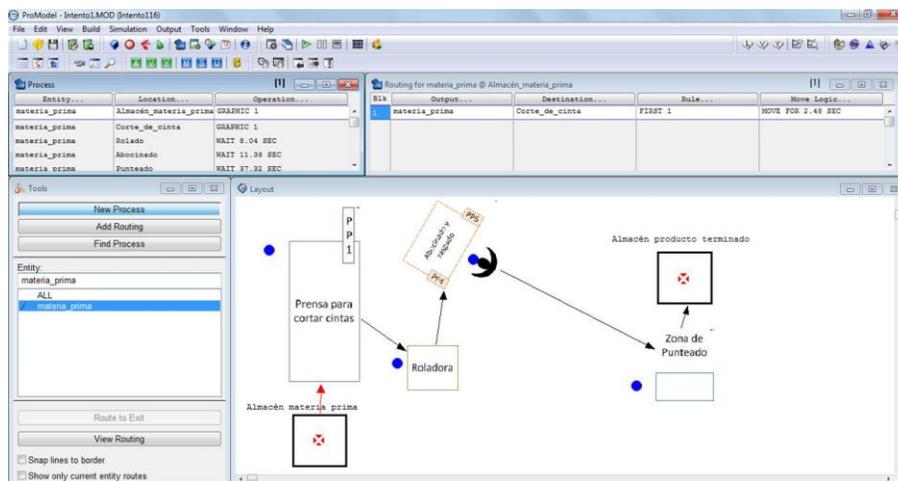


Figura 39. La materia prima parte del almacén de materia prima hasta la prensa para corte de cintas.

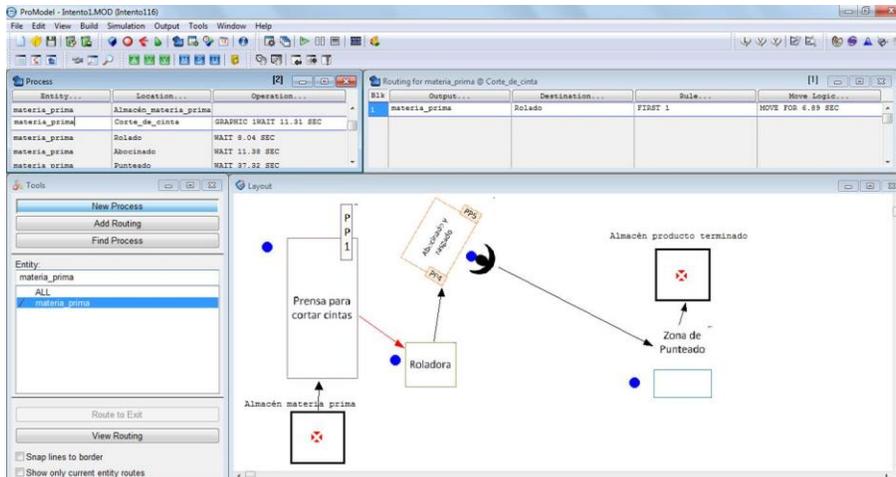


Figura 40. Se realiza el corte de cintas y se transporta a roladora.

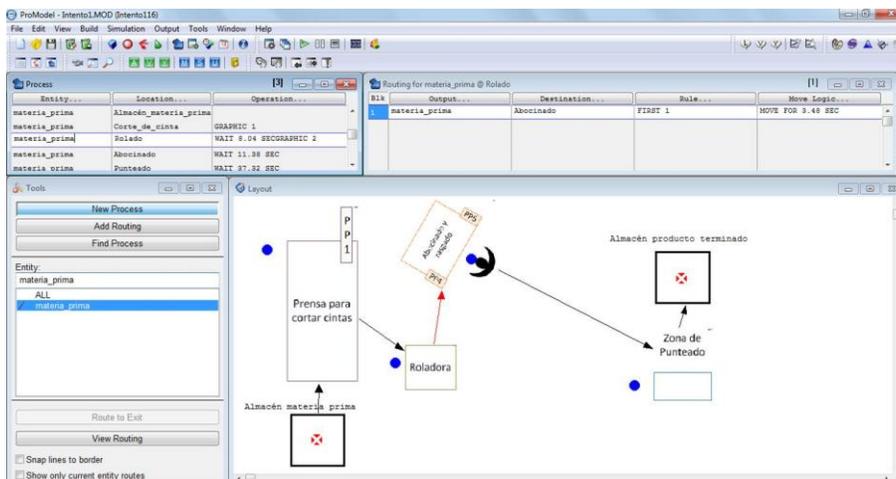


Figura 41. Se efectúa el rolado y se llevan el aro al área de abocinado.

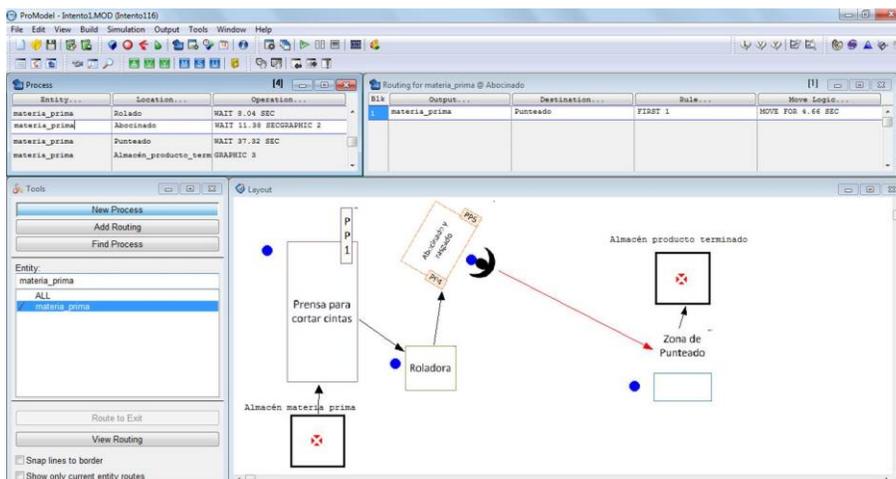


Figura 42. Se realiza el abocinado del aro y se transportan a la zona de punteado.

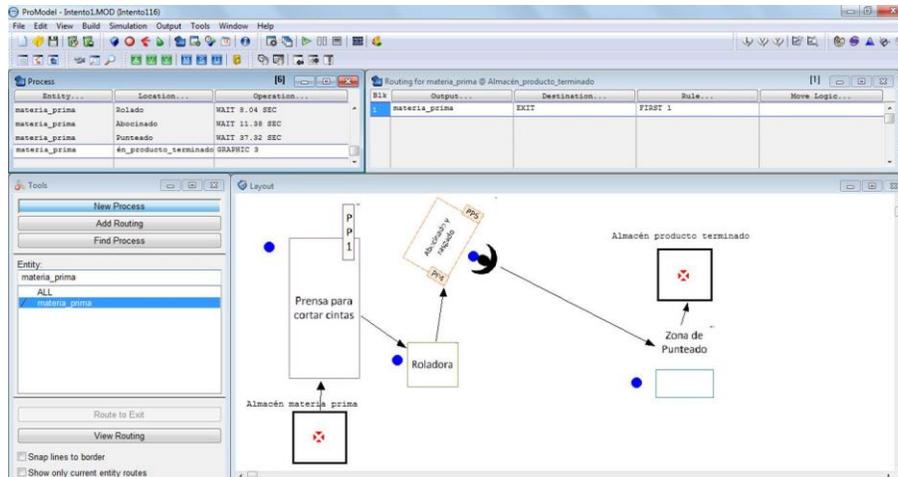


Figura 43. Los aros de seguridad se transportan al área de producto terminado.

El plano de trabajo para la simulación es una versión bastante simplificada del plano real, y sólo tiene como fin evaluar la producción de una jornada de trabajo de ocho horas con la distribución actual y con las propuestas.

### 5.3.1 Corrida de la simulación del proceso de fabricación del aro de seguridad

Antes de comenzar la simulación, es necesario establecer los criterios de llegada de la materia prima. Para ello se da clic en el ícono de *Arrivals* y se incluyen los siguientes criterios:

*Entidad:* Materia prima.

*Locación:* Almacén de materia prima.

*Cantidad:* 1.

*Primera ocasión:* 0.

*Ocurrencias:* Inf.

*Frecuencia:* 42 [s].

Los demás criterios se dejarán en blanco o bien con los valores predeterminados.

Después se da clic en el ícono de *Simulation Options* donde se fijará un periodo de evaluación de ocho horas (véase figura 44).

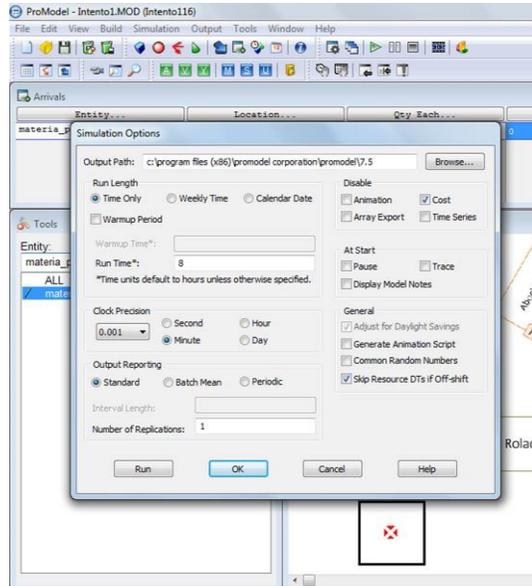


Figura 44. Ventana de opciones para la corrida de la simulación del proceso de fabricación del aro de seguridad de la distribución actual.

Al fijar los parámetros, se presiona el botón *Run*. Las siguientes son capturas realizadas durante la corrida de la simulación (véase figura 45).

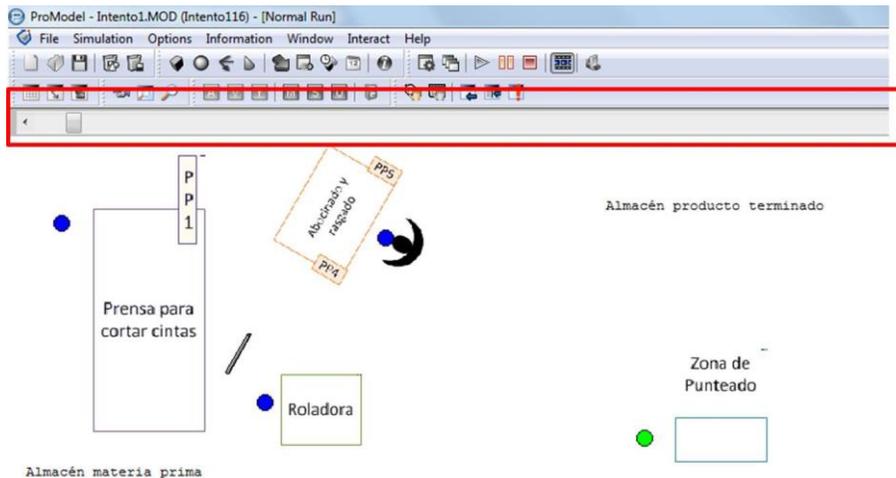


Figura 45. Captura de la corrida de la simulación del proceso de fabricación del aro de seguridad de la distribución actual.

La barra dentro del recuadro rojo, de la figura 45, permite aumentar o disminuir la rapidez con la que se corre la simulación. Se puede observar que una entidad se dirige desde la prensa para cortar cintas hacia la roladora. Los puntos azules indican que en ese momento no se está llevando a cabo ninguna operación en las locaciones señaladas, mientras que el punto verde indica lo contrario (véase figura 46).

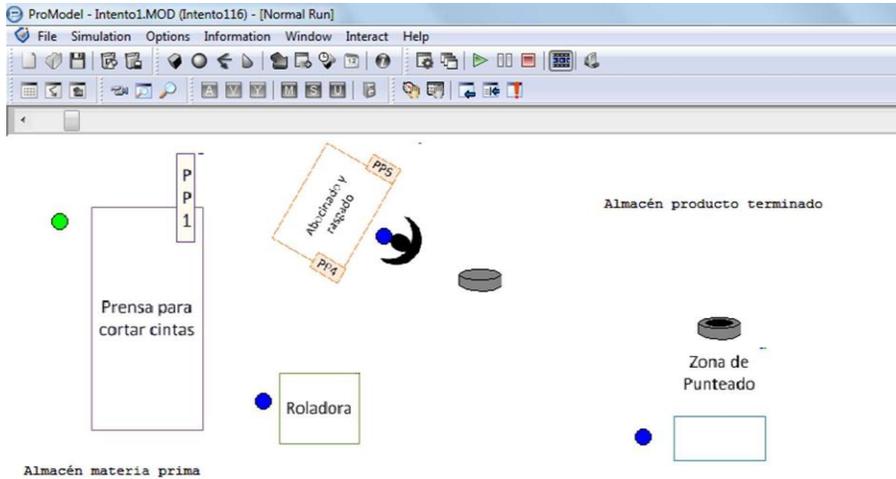


Figura 46. Captura de la corrida de la simulación del proceso de fabricación del aro de seguridad de la distribución actual.

### 5.3.2 Resultados de la simulación del proceso de fabricación del aro de seguridad

La simulación arrojó los resultados que se muestran en la figura 47.

Intento1.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Almacén materia prima	8.00	1.00	686.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	
Corte de cinta	8.00	1.00	686.00	0.19	0.27	1.00	0.00	27.01	
Rolado	8.00	1.00	686.00	0.13	0.19	1.00	0.00	19.15	
Abocinado	8.00	1.00	685.00	0.19	0.27	1.00	0.00	27.11	
Punteado	8.00	1.00	685.00	0.62	0.89	1.00	1.00	88.72	
Almacén producto terminado	8.00	1.00	684.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	

Figura 47. Análisis de los resultados. Locaciones.

Se procesan en ocho horas de trabajo 686 piezas, de las cuáles se terminan 684. La locación con mayor porcentaje de utilización es el área de punteado (con 88.72 %), confirmando que es el cuello de botella de la línea de producción (véase figura 48).

Intento1.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Almacén materia prima	8.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Corte de cinta	8.00	27.01	0.00	72.99	0.00	0.00	0.00
Rolado	8.00	19.15	0.00	80.85	0.00	0.00	0.00
Abocinado	8.00	27.11	0.00	72.89	0.00	0.00	0.00
Punteado	8.00	88.72	0.00	11.28	0.00	0.00	0.00
Almacén producto terminado	8.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00

Figura 48. Análisis de resultados. Comportamiento de cada locación.

De esta tabla podemos destacar que el área que presenta más tiempo ocioso es el rolado con 80.85%.

Intento1.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
materia prima	684.00	2.00	1.46	0.33	0.00	1.14	0.00

Figura 49. Análisis de resultados. Comportamiento de la entidad.

En este caso, en la figura 49, se muestra el número total de entidades completamente procesadas, las que actualmente hay en el sistema. El tiempo promedio dentro del sistema, y el tiempo promedio que requieren para ser procesadas y el tiempo promedio que requieren para ser transportadas.

## 5.4 SIMULACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES PROPUESTAS

Para las propuestas se siguen los mismos pasos, pero considerando las distancias correspondientes a cada caso. La única variante es la inclusión otra máquina para soldadura por resistencia. Dentro del modelado del proceso se realiza de como se muestra en la figura 50:

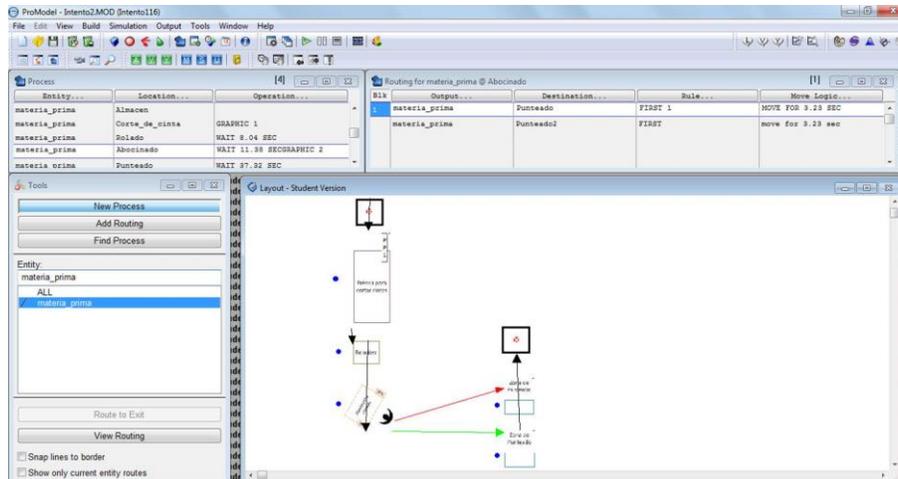


Figura 50. Ruta del proceso.

En la ruta del proceso, a partir de la operación de abocinado, no se contará con una sola salida, sino que se contará con la opción del área de punteado 1 y el área de punteado 2. La regla para las entradas de material es *First Available*.

Posterior a ello, se sigue con la lógica planteada en la simulación actual pero añadiendo el área de punteado 2 y su respectiva ruta al almacén de producto terminado.

#### 5.4.1 Corrida de la simulación de la propuesta 1 para el proceso de fabricación del aro de seguridad

Los criterios establecidos en *Arrivals* y son los mismos. Sólo se modificará la frecuencia a 21 [s]:

*Entidad:* Materia prima.

*Locación:* Almacén de materia prima.

*Cantidad:* 1.

*Primera ocasión:* 0.

*Ocurrencias:* Inf.

*Frecuencia:* 21 [s].

Los demás criterios se dejarán en blanco o bien con los valores predeterminados.

#### 5.4.3 Resultados de la simulación de la propuesta 1 para el proceso de fabricación del aro de seguridad

La simulación arrojó los resultados mostrados en la figura 51.

Intento3.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Almacen	8.00	1.00	1371.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Corte de cinta	8.00	1.00	1371.00	0.19	0.54	1.00	1.00	53.97
Rolado	8.00	1.00	1370.00	0.13	0.38	1.00	0.00	38.25
Abocinado	8.00	1.00	1370.00	0.19	0.54	1.00	1.00	54.21
Punteado	8.00	1.00	685.00	0.62	0.89	1.00	1.00	88.67
Punteado2	8.00	1.00	684.00	0.62	0.89	1.00	1.00	88.62
Producto terminado	8.00	1.00	1367.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

Figura 51. Análisis de resultados. Locaciones.

Se procesan en ocho horas de trabajo 1371 piezas, de las cuáles se terminan 1367. La locación con mayor porcentaje de utilización es el área de punteado (con 88.67 %). Se puede observar que todas las demás locaciones aumentaron su porcentaje de utilización (véase figura 52).

Intento3.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Almacen	8.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Corte de cinta	8.00	53.97	0.00	46.03	0.00	0.00	0.00
Rolado	8.00	38.25	0.00	61.75	0.00	0.00	0.00
Abocinado	8.00	54.21	0.00	45.79	0.00	0.00	0.00
Punteado	8.00	88.67	0.00	11.33	0.00	0.00	0.00
Punteado2	8.00	88.62	0.00	11.38	0.00	0.00	0.00
Producto terminado	8.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00

Figura 52. Análisis de resultados. Comportamiento de cada locación.

El área con mayor tiempo ocioso sigue siendo el área de rolado, pero con un porcentaje de 61.75%.

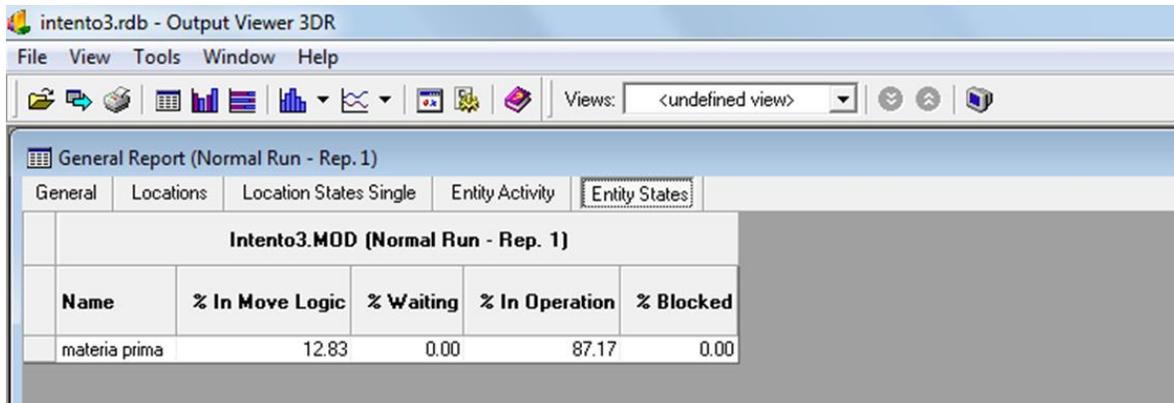


Figura 53. Análisis de resultados. Comportamiento de la entidad.

Se puede apreciar, en la figura 53, que se redujo el tiempo destinado al transporte de la entidad, esto es resultado de la nueva distribución de planta que redujo las distancias recorridas.

De esta manera se comprueba el impacto de la segunda área de punteado, logrando duplicar la producción de un día.

#### 5.4.4 Corrida y resultados de la simulación de la simulación de la propuesta 2 para el proceso de fabricación del aro de seguridad

Al tener el mismo criterio que la propuesta 2 en cuanto a los arribos, los resultados fueron similares, sólo teniendo como diferencia el tiempo destinado a transporte.

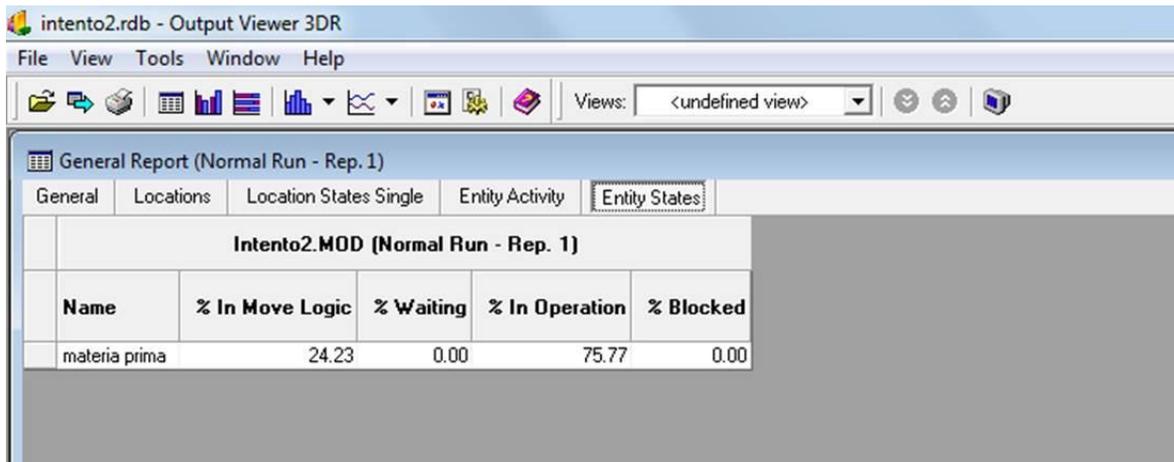


Figura 54. Análisis de resultados. Comportamiento de la entidad.

Se puede apreciar que aumentó el tiempo destinado al transporte de la entidad con respecto a la distribución actual, ya que la localización del almacén de producto terminado se encuentra a una distancia mayor que la actual y que la de la primera propuesta (véase figura 54). Por este motivo la propuesta elegida es la opción uno.

## CONCLUSIONES

Es tarea del ingeniero industrial diseñar mejoras en los procesos, no sólo en los de tipo productivo sino también en los de servicio, que además de perfeccionar las condiciones de productividad y eficiencia del proceso representen una mejora integral en las condiciones de los operarios, en la calidad de los productos y en el aprovechamiento de las materias primas, las máquinas y el herramental.

De acuerdo a lo presentado a lo largo de este trabajo se consideró únicamente a dos unidades de negocio, la del aro de seguridad y la de la jaladera de acero, debido a que la tercera unidad, la de la jaladera de aluminio, está en proceso de reubicación en la otra planta que posee la empresa.

Se buscó sustentar la metodología de balanceo de líneas con un estudio de tiempos y movimientos. Esto se decidió debido a que, de esta forma, es posible analizar el tiempo que toma desarrollar cada una de las operaciones, el flujo de materiales a lo largo de ambos procesos y el equipo necesario para desempeñar las tareas.

De acuerdo a lo analizado en ambos procesos se identificó que, debido a la naturaleza de los productos, el proceso para ambos es esencialmente lineal y las propuestas que se generaron conservaron dicha linealidad. También en el caso del aro de seguridad se encontró que la operación de punteado representa un cuello de botella para el proceso, por ello, dentro de las propuestas se incluye otra área de punteado con el fin de reducir los efectos del cuello de botella.

Continuando con el proceso de análisis de tiempos y movimientos, se estudiaron los movimientos que realizan los operarios para desarrollar las tareas. Con base en la observación directa de los procesos se elaboraron los diagramas bimanuales correspondientes a cada actividad mínima racional y a partir de ellos se obtuvo el tiempo estándar de cada una de las actividades que componen cada proceso.

El cálculo del tiempo estándar permitió establecer el tiempo mínimo racional para realizar cada actividad, con el fin de utilizarlo para poder plantear el balanceo de líneas. El balanceo de líneas permitió conocer cuáles son los cuellos de botella de cada proceso, respectivamente. En el caso del aro de seguridad, como ya se había mencionado, la operación que más tiempo toma es el punteado, mientras que en el caso de la jaladera de acero es el corte de perfil.

El balanceo de líneas se realizó mediante la metodología de la regla del candidato de mayor duración. Tiene que señalarse que, de acuerdo a la linealidad de ambos procesos, las estaciones de trabajo resultantes reflejaron similitud a la operación actual de las líneas de producción. Sin embargo, el balanceo de líneas resultó útil para indicar el número de operarios requeridos de acuerdo al número de estaciones formadas para cada proceso.

Para el caso del aro de seguridad, la metodología indica que son necesarias sólo dos estaciones de trabajo, una primera estación para las operaciones de corte de cinta, rolado y

abocinado, y una segunda estación para la operación de soldadura. Actualmente, el proceso solo cuenta con una estación de soldadura. Las propuestas de distribución que se diseñaron toman la idea de las dos estaciones de trabajo y ajustando cada una de ellas al espacio que se tiene disponible, además de que proponen la existencia del área de soldadura como una estación independiente.

La meta actual de producción de 2000 aros de seguridad al día no puede alcanzarse con la distribución actual de las estaciones de trabajo en la línea, ya que eso rebasa la capacidad de la maquinaria con la que actualmente se cuenta.

Como se mencionó, de acuerdo a la teoría, la asignación de los trabajadores en las estaciones debe realizarse con una relación de uno a uno, sin embargo en la práctica no resultaría conveniente que un trabajador realizara las tres primeras operaciones para la fabricación del aro de seguridad. Que el operario manejara la línea de esta forma implicaría que tuviera una planeación adecuada del tiempo que invertirá a cada operación a fin de que pueda mantener operando sin retrasos la línea.

Uno de los objetivos de las propuestas de distribución es incrementar la capacidad de la línea con dos áreas de soldadura. En la planta se cuenta con el equipo necesario para montar esta nueva área, la recomendación que se plantea es que para su operación, será necesario capacitar a un operario a fin de que adquiera la misma habilidad y pueda realizar la actividad en el mismo tiempo que el soldador actual.

La propuesta de distribución mejor valorizada por el balanceo de líneas resultó ser la primera propuesta, que representa una menor distancia recorrida por los operarios, incluye la nueva zona de punteado y el uso del acceso que hasta este momento no se utiliza para la entrada y salida del producto en proceso rumbo al galvanizado y el producto terminado.

En el caso de la jaladera de acero, la metodología de balanceo arrojó el resultado de tres estaciones de trabajo, que es la forma en la que opera el proceso actualmente y con la que se logra la tasa teórica de producción deseada. La organización de las operaciones en las estaciones de trabajo resultó de la siguiente forma: la primera estación agrupa las operaciones de prerrolado y rolado del perfil de acero; la segunda estación agrupa las operaciones de corte y desbaste exterior; finalmente la tercera estación agrupa las operaciones de desbaste interior, perforado y reducción del espesor de la jaladera. Consecuentemente la existencia de tres estaciones de trabajo conlleva a la necesidad de tres operarios en la línea, uno para cada estación.

La propuesta de distribución para el proceso de la jaladera de acero, se diseñó orientada a disminuir el cruce de material en proceso a lo largo de la línea. En la propuesta se logró un flujo más lineal sin tantos entrecruzamientos, además de que se abrió el espacio permitiendo un mejor desplazamiento tanto del personal como del material en proceso. En la propuesta se redujo significativamente la distancia que será recorrida por los operarios.

En cuanto al empleo de la simulación, ésta se utilizó únicamente para probar el efecto que tiene sobre la línea de producción del aro de seguridad, la inclusión de la segunda

soldadora, así como establecer la mejor opción conforme al menor tiempo utilizado en el transporte del material, ya que era fundamental la disminución del flujo de material en todas la propuestas.

Las ventajas de la simulación es que permiten visualizar las alternativas que no se pueden experimentar directamente debido a los elevados costos que esto conllevaría o al riesgo que implicaría la ejecución de los experimentos.

Resultado de ello es que se pudo concluir que la propuesta que mejor resultados obtiene es la primera propuesta diseñada, ya que esta propuesta validó el aumento de la producción con la inclusión de la segunda área de punteado al proceso y el tiempo que el material de trabajo o materia prima requiere para ser transportado.

La simulación nos permitió conocer el aumento de producción que se lograría con las propuestas realizadas con el balanceo de líneas y a visualizar que los transportes que sufre la materia prima sí impactan de manera significativa en el tiempo total de producción, y que su reducción propicia que tenga un mayor aprovechamiento de la maquinaria con la que cuenta la empresa.

Para concluir se le recomienda a la empresa:

- Adoptar la primera propuesta de distribución diseñada, con los movimientos de maquinaria que implica.
- Implementar el uso del otro acceso que se tiene disponible en la planta a fin de agilizar la entrada y salida de material.
- Colocar una segunda zona de punteado, empleando para ello el equipo que se tiene disponible.
- Capacitar a otra persona como soldador hasta que adquiera la habilidad y el desempeño del soldador actual.

## REFERENCIAS

ARELLANO Bolio, María de Lourdes. *Apuntes de clase de Estudio del Trabajo*. Estudio del trabajo. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2011.

ÁVILA Chavrand, Rosalío. *et. al. Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Centro de investigaciones en Ergonomía. Universidad de Guadalajara. Primera edición, México 2001.

CAO Abad, Ricardo. *Introducción a la simulación y a la teoría de colas*. Netbiblio, primera edición. España, 2002.

COSS Bu, Raúl. *Simulación. Un enfoque práctico*. Editorial Limusa, primera edición. México, 2003.

CRUELLES, José Agustín. *Mejora de métodos y tiempos de fabricación*. Editorial Alfa - Omega, primera edición. México, 2013.

GAITHER, Norman. Freizer, Greg. *Administración de Producción y Operaciones*. Thomson Editores, octava edición. México, 2000.

GARCÍA Dunna, Eduardo. García Reyes, Heriberto. Cárdenas Barrón, Leopoldo Eduardo. *Simulación y análisis de problemas con Promodel*. Pearson Educación, primera edición. México, 2006.

KANAWATY, George. *Introducción al estudio del trabajo (O.I.T.)*. Editorial Limusa -Noriega. 4a. Edición. México, 2004.

NIEBEL, Benjamin. Freivalds, Andris. *Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Editorial Alfa-Omega. 11ª Edición. México, 2005.

RENDER, Barry. Heizer, Jay. *Principios de administración de operaciones*. Pearson Educación, séptima edición. México, 2009.

# **ANEXOS**

**Tablas del Sistema de Tiempos Predeterminados (MTM)**

**Tablas utilizadas para calcular suplementos por descanso**

## Tablas del Sistema de Tiempos Predeterminados (MTM).

Datos de aplicación del sistema MTM en tmu (pesos y medidas en unidades métricas decimales).

### I. Estirar el brazo - R (Reach)

Distancia [cm]	Tiempo (tmu)				Mano en movimiento		Clase y descripción
	A	B	C o D	E	A	B	
2 o menos	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	A. Estirar el brazo hacia un objeto en posición fija, o situado en la otra mano, o utilizado como punto de apoyo de la otra mano.
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	B. Estirar el brazo hacia un objeto aislado cuya ubicación puede variar ligeramente de un ciclo a otro.
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	C. Estirar el brazo hacia un objeto entreverado con otros, siendo necesario buscar y seleccionar.
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	D. Estirar el brazo hacia un objeto muy pequeño o que es necesario asir con precisión.
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	E. Estirar el brazo hacia un lugar indeterminado de modo que la mano esté en posición para dar equilibrio al cuerpo para realizar el movimiento siguiente o para no estorbar.
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	

## II. Mover M (move)

Distancia (cm)	A	B	C	Mano en movimiento B	Peso (kg) hasta	Constante estática	Factor dinámico	
2 o menos	2,0	2,0	2,0	1,7	1	0	1,00	
4	3.1	4.0	4.5	2.8				
6	4.1	5.0	5.8	3.1				
8	5.1	5.9	6.9	3.7	2	1,6	1,04	A. Mover el objeto contra un tope o a la otra mano
10	6.0	6.8	7.9	4.3				
12	6,9	7.7	8,8	4.9				
14	7.7	8.5	9.8	5.4				
16	8.3	9.7	10.5	6.0	6	4,3	1,12	
18	9.0	9.8	11.1	6.5				
20	9.6	10.5	11.7	7.1				
22	10,2	11,2	12,4	7.6				
24	10.8	11.8	13.0	8.2	10	7,3	1,22	B. Mover el objeto hasta un lugar aproximado o indeterminado
26	11.5	12.3	13.7	8.7				
28	12.1	12.8	14.4	9.3				
30	12.7	13.3	15.1	9.8	12	8,8	1,27	
35	14,3	14,5	16,8	11,2	14	10,4	1,32	
40	15.8	15.6	18.5	12.6				
45	17.4	16.8	20.1	14.0				
50	19.0	18.0	21.8	15.4	16	11,9	1,36	
55	20.5	19.2	23.5	16.8				
60	22,1	20,4	25,2	18,2				C. Mover el objeto hasta un lugar exacto
65	23.6	21.6	26.9	19.5				
70	25.2	22.8	28.6	20.9	20	14,9	1,46	
75	26.7	24.0	30.3	22.3				
80	28.3	25.7	37.0	23.7				
					22	16,4	1.51	

### III a. Girar – T (Turn)

Peso	Tiempo (tmu) por grado de giro										
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeño: de 0 a 1 kg	2,8	3,5	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4
Medio: de 1 a 5 kg	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,6	10,6	11,6	12,7	13,7	14,8
Grande: de 5.1 a 16 kg	8,4	10,5	12,3	14,4	16,2	18,3	20,4	22,2	24,3	26,1	28,2

### III B. Aplicar presión – AP (Apply pressure)

Ciclo completo			Componentes		
Símbolo	tmu	Descripción	Símbolo	tmu	Descripción
APA	10.6	AF + DM + RLF	AF	3,4	Aplicar fuerza
			DM	4,2	Permanecer tiempo mínimo
APB	16.2	APA + G2	RLF	3,0	Aflojar fuerza

Los símbolos de este cuadro corresponden á los siguientes vocablos ingleses: APPLY FORCE, DWELL MINIMUM. RELEASE FORCE.

### IV. Asir – G (Grasp)

Clase	Tiempo (tmu)	Descripción
1B	3,5	Asir objetos muy pequeños o estrechamente yuxtapuestos con una superficie plana horizontal
1C1	7,3	Asir, superando estorbos, objetos casi cilíndricos por la parte inferior y un costado. Diámetro mayor de 12 mm
1C2	8,7	Asir, superando estorbos, objetos casi cilíndricos por la parte inferior y un costado. Diámetro de 6 a 12 mm
1C3	10,8	Asir, superando estorbos, objetos casi cilíndricos por la parte inferior y un costado. Diámetro menor de 6 mm
2	5,6	Reasir
3	5,6	Asir con traslado
4A	7,3	Asir objetos entreverados con otros, siendo preciso buscar y seleccionar. Dimensiones mayores de 25 x 25 x 25 mm
4B	9,1	Asir objetos entreverados con otros, siendo preciso buscar y seleccionar. Dimensiones entre 6 x 6 x 3 y 25 x 25 x 25 mm
4C	12,9	Asir objetos entreverados con otros, siendo preciso buscar y seleccionar. Dimensiones menores de 6 x 6 x 3 mm
5	0	Asir por contacto, deslizamiento o enganche

## V. Posicionar \* – P (Position)

Clase de ajuste		Simetría	Fácil de manipular	Difícil de manipular
1. Flojo	Sin necesidad de ejercer presión	S	5,6	11,2
		SS	9,1	14,7
		NS	10,4	6,0
2. Apretado	Necesidad de ejercer una presión ligera	S	16,2	21,8
		SS	19,7	25,3
		NS	21,0	26,6
3. Exacto	Necesidad de ejercer una presión fuerte	S	43,0	48,6
		SS	46,5	52,1
		NS	47,8	53,4

Distancia recorrida para encajar el objeto: 25 mm máximo.

S = simétrico (la pieza puede ocupar cualquier posición alrededor del eje).

SS = semi-simétrico (la pieza manipulada puede ocupar cualquier posición determinada a uno y otro lado del eje).

NS = no simétrico (la pieza sólo puede ocupar una única posición prevista con relación al eje).

## VI. Soltar – RI (Release)

Caso	tiempo (tmu)	Descripción
1	2,0	Soltar normalmente, abriendo los dedos como movimiento independiente.
2	0	Dejar cesar el contacto.

## VII. Desmontar – D (Disengage)

Clase de ajuste	Fácil de manipular	Difícil de manipular
1. Flojo: esfuerzo muy pequeño; movimiento empalmado con el	4,0	5,7
2. Apretado; esfuerzo normal con ligero rebote	7,5	11,8
3. Exacto: esfuerzo considerable, con marcado retroceso de la mano	22,9	34,7

## VIII. Recorrido de los ojos y enfoque visual – ET y EF (Eye Travel and Eye Focus)

$$\text{Tiempo del recorrido} = (15.2) \left( \frac{T}{D} \right) tmu$$

Con un valor máximo de 20 tmu

Siendo

T = distancia entre los puntos extremos de la trayectoria visual

D = distancia del ojo a la trayectoria T, medida perpendicularmente

Tiempo para enfocar = 7,3 tmu



Andar	W-P	Por paso	15,0
Andar con obstáculos	W-PO	Por paso	17,0

### X. Movimientos simultáneos.

ESTIRAR BRAZO			MOVER			ASIR			POSICIONAR			DESMONTAR			MOVIMIENTO
A, E	B	C, D 8m	A	B	CG2	G1A G1C G5	G1B	G4	P1S P2S	P1SS P2SS	P1NS D1D P2NS	D1E	D2	CASO	
		W O	W O	W O	W O		W O	W O	E D	E D	E D		E D		
					X X						X X X			A. E	ESTIRAR BRAZO
		X			X X		X X		X X X				X	B	
		X X		X			X					X		C.D	
											X X X			A, B	MOVER
							X X		X X X				X	B	
				X			X							C	
														G1A.G2.G5	ASIR
								X						G1B, G1C	
														G4	
														P1S	POSICIONAR
														P1SS.P2S	
														P1NS, P2SS, P2NS	
												X	X X	D1E.D1D	DESMONTAR
												X	X	D2"	

☐ = Fáciles de ejecutar simultáneamente.

X = Pueden realizarse simultáneamente con práctica.

■ = Dificiles de realizar simultáneamente, incluso con mucha práctica. Se conceden ambos tiempos.

\* W (Within) = Dentro del campo de visión normal.

O (Outside) = Fuera v.g.: r = 10 cm, d = 40 cm

\*\* E (Easy) = FÁCIL de manipular.

D (Difficult) = DIFÍCIL de manipular

Movimientos no incluidos en la tabla:

GIRAR	Normalmente fácil con todos los movimientos, salvo cuando se debe controlar el giro o combinarlo con desmontar.
APLICAR PRESIÓN	Puede ser fácil, realizable con práctica o difícil.
HACER GIRAR	Cada caso debe analizarse.
POSICIONAR	Clase 3: siempre difícil.
DESMONTAR	Clase 3: normalmente difícil
SOLTAR	Siempre fácil.
DESMONTAR	Todos las clases pueden ser difíciles si hay que tener cuidado para que el objeto no sufra daños.

### **Ejemplo de tablas utilizadas para calcular suplementos por descanso**

El presente apéndice se basa en información generada por la empresa Peter Steel and Partners (Reino Unido). Existen tablas similares elaboradas por diversas instituciones como la **REFA** (Alemania), y otras empresas de consultoría. Conviene señalar que estas tablas no son las únicas que podrían emplearse, y que tanto son útiles estas como lo serían otras siempre y cuando se tengan en cuenta las condiciones más justas y realistas del desempeño de los trabajadores.

Los suplementos por descanso pueden determinarse utilizando las tablas de tensiones relativas y la tabla de conversión de los puntos reproducidos en este apéndice. El análisis debería efectuarse del modo siguiente:

1. Determinar, para el elemento de trabajo en estudio, el grado de tensión impuesta consultando el acápite que corresponda en la tabla de tensiones presentada a continuación, así como la tabla de tensiones relativas.
2. Asignar puntos según lo indicado en dichas tablas y determinar el total de puntos para las tensiones impuestas por la ejecución del elemento de trabajo.
3. Extraer de la tabla de conversión de los puntos el suplemento por descanso apropiado.

### **TABLAS DE TENSIONES RELATIVAS**

## A. Tensión física provocada por la naturaleza del trabajo

### 1. FUERZA EJERCIDA EN PROMEDIO (FACTOR A.1)

Considerar todo el elemento o período al que corresponderá el suplemento por descanso y determinar la fuerza media ejercida.

*Ejemplo:* Levantar y transportar un peso de 20 kg (tiempo: 12 segundos) y volver con las manos vacías (tiempo: 8 segundos). Si, en este ejemplo, el suplemento por descanso debe aplicarse a los 20 segundos en su totalidad la "fuerza ejercida en promedio" se calculara como sigue:

$$\left(40 \times \frac{12}{20}\right) + \left(0 \times \frac{8}{24}\right) = 24kg$$

El número de puntos atribuidos según el promedio de la fuerza ejercida dependerá del tipo de esfuerzo realizado.

El esfuerzo realizado está clasificado de la manera siguiente:

a) *Esfuerzo mediano*

Cuando el trabajo consiste principalmente en:

- i) Transportar o sostener cargas;
- ii) Traspalar, martillar y otros movimientos rítmicos.

Esta categoría incluye la mayor parte de las operaciones.

b) *Esfuerzo reducido*

Cuando se desplaza el peso del cuerpo a fin de:

- i) Ejercer fuerza: por ejemplo, accionar un pedal, presionar **un** artículo con el cuerpo contra un disco de bruñir.
- ii) sostener o transportar cargas bien equilibradas sujetas al cuerpo por fajas o colgadas de los hombros; los brazos y las manos están libres.

c) *Esfuerzo intenso*

Cuando el trabajo consiste principalmente en:

- ii) Levantar cargas.
- iii) Ejercer fuerza mediante el uso prolongado de determinados músculos de los dedos y brazos.
- iv) Levantar o sostener cargas en posturas difíciles, manipular cargas pesadas para colocarlas en posiciones difíciles.
- v) Efectuar operaciones en ambientes calurosos, trabajar metales en caliente, etc.

En esta categoría, los suplementos por descanso deberían atribuirse sólo después de haber hecho todo lo posible por mejorar las instalaciones a fin de aliviar la tarea física.

Deberían estudiarse los elementos en relación con las condiciones de esfuerzo reducido, mediano o intenso. Las tablas I, II o III indican los puntos que se atribuirán según el tipo de fuerza y la fuerza ejercida en promedio.

**Tabla I. Esfuerzo mediano: puntos para la fuerza ejercida en promedio**

kg	0.0	0,5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4,5
0	0	0	0	0	3	6	8	10	12	14
5	15	16	17	18	19	20	71	77	23	24
10	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33
15	34	35	36	37	38	39	39	40	41	41
20	42	43	44	45	46	46	47	48	49	50
25	50	51	51	52	53	54	54	55	56	56
30	57	58	59	59	60	61	61	62	63	64
35	64	65	65	66	67	68	69	70	70	71
40	72	72	72	73	73	74	74	75	76	76
45	77	78	79	79	80	80	81	82	82	83
50	84	85	86	86	87	88	88	88	89	90
55	91	92	93	94	95	95	96	96	97	97
50	97	98	98	98	99	99	99	100	100	100
35	101	101	102	102	103	104	105	106	107	108
70	109	109	109	110	110	111	112	112	112	113

**Tabla II. Esfuerzo reducido: puntos para la fuerza ejercida en promedio**

Kg	0.0	0,5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4,5
0	0	0	0	0	3	6	7	8	9	10
5	11	12	13	14	14	15	16	16	17	18
10	19	19	20	21	22	22	23	23	24	25
15	26	26	27	27	28	28	29	30	31	31
20	32	32	33	34	34	35	35	36	36	37
25	38	38	39	39	40	41	41	42	42	43
30	43	43	44	44	45	46	46	47	47	48
35	48	49	50	50	50	51	51	52	52	53
40	54	54	54	55	55	56	56	57	58	58
45	58	59	59	60	60	60	61	62	62	63
50	63	63	64	65	65	66	66	66	67	67
55	68	68	68	69	69	70	71	71	71	72
60	72	73	73	73	74	74	75	75	76	76
65	77	77	77	78	78	78	79	80	80	81
70	81	82	82	82	83	83	84	84	84	85

**Tabla III. Esfuerzo intenso: puntos para la fuerza ejercida en promedio**

kg	0.0	0,5	1.0	1.5	1.5-2	2	2.5	3.0	3.5	4	4.5
0	0	0	0	3	6	8	11	13	15	17	18
5	20	21	22	24		25	27	28	29	30	32
10	33	34	35	37		38	39	40	41	43	44
15	45	46	47	45		49	50	51	51	54	55
20	56	57	58	59		60	61	62	62	64	65
25	66	67	68	69		70	71	72	72	74	75
30	76	76	77	78		79	80	81	81	83	84
35	85	86	87	88		88	89	90	90	92	93
40	94	94	95	96		97	98	99	99	101	101
45	102	103	104	105		105	106	107	107	109	110
50	110	111	112	113		114	115	115	115	117	118
55	119	119	120	121		122	123	124	124	125	126
60	127	128	128	129		130	130	131	132	133	134
65	135	136	136	137		137	138	139	140	141	142
70	142	143	143	144		145	146	147	148	148	149

*Ejemplo:* Suponiendo que el trabajador deba transportar un peso de 12,5 kg:

- ii) Se determina el tipo de esfuerzo (mediano, reducido o intenso).
- iii) En la tabla correspondiente al tipo de esfuerzo (tabla I, II o III) se busca, con la columna de la izquierda, el renglón referente a 10 kg.
- iv) Se sigue **ese** renglón hacia la derecha hasta llegar a la columna 2,5.
- v) Se ven los puntos atribuidos para 12,5 kg transportados, o sea:

Tabla I, esfuerzo mediano: 30 puntos.

Tabla II, esfuerzo reducido: 22 puntos.

Tabla III, esfuerzo intenso: 39 puntos.

## 2. POSTURA (FACTOR A.2)

Determinar si el trabajador está sentado, de pie, agachado o en una posición engorrosa, si tiene que manipular una carga y si ésta es fácil o difícil de manipular.

	Puntos
Sentado cómodamente	0
Sentado incómodamente, o a veces sentado <i>y a veces</i> de pie	2
De pie o andando libremente	4
Subiendo o bajando escaleras sin carga	5
De pie o andando con una carga	6
Subiendo o bajando escaleras de mano, o debiendo a veces inclinarse, levantarse,	8
Levantando pesos con dificultad, traspalando balasto a un contenedor	10
Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en una veta baja	16

## 3. VIBRACIONES (FACTOR A.3)

Considerar el impacto de las vibraciones en el cuerpo, extremidades o manos, y el aumento del esfuerzo mental debido a las mismas o a una serie de sacudidas o golpes.

	Puntos
Traspalar materiales ligeros	1
Coser con máquina eléctrica o afín	2
Sujetar el material en el trabajo con prensa o guillotina mecánica	
Tronzar madera	4
Traspalar balasto	
Trabajar con una taladradora mecánica portátil accionada con una sola mano	
Picar con zapapico	6
Emplear una taladradora mecánica que exige las dos manos	8
Emplear un martillo perforador con hormigón	15

#### 4. CICLO BREVE (TRABAJO MUY REPETITIVO) (FACTOR A.4)

Si en un trabajo muy repetitivo una serie de elementos muy cortos forman un ciclo que se repite continuamente durante un largo período, se atribuyen los puntos que se indica, a fin de compensar la imposibilidad de alternar los músculos utilizados durante el trabajo.

<i>Tiempo medio del ciclo (centiminutos)</i>	<b>Puntos</b>
16 - 17	1
15	2
13 - 14	3
12	4
10 - 11	5
8 - 9	6
7	7
6	8
5	9
Menos de 5	10

#### 5. ROPA MOLESTA (FACTOR A.5)

Considerar el peso de la ropa de protección en relación con el esfuerzo y el movimiento. Observar asimismo si la ropa estorba la aireación y la respiración.

	<b>Puntos</b>
Guantes de caucho para cirugía	1
Guantes de caucho de uso doméstico	2
Botas de caucho	
Gafas protectoras para afilador	3
Guantes de caucho o piel de uso industrial	5
Máscara (por ejemplo, para pintar con pistola)	8
Traje de amianto o chaqueta encerada	15
Ropa de protección incómoda y mascarilla de respiración	20

### **B. Tensión mental**

#### 1. CONCENTRACIÓN/ANSIEDAD (FACTOR B.1)

Considerar las posibles consecuencias de una menor atención por parte del trabajador, el grado de responsabilidad que asume, la necesidad de coordinar los movimientos con exactitud y el grado de precisión o exactitud exigida.

	Puntos
Hacer un montaje corriente	0
Traspalar balasto	
Hacer un embalaje corriente; lavar vehículos	1
Empujar carrito por un pasillo despejado	
Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la prensa	2
Rellenar de agua una batería	
Pintar paredes	3
Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención	4
Coser a máquina con guía automática	
Pasar con carrito a recoger pedidos de almacén	5
Hacer una inspección simple	
Cargar/descargar troquel de una prensa; alimentar la prensa a mano	6
Pintar metal labrado con pistola	
Sumar cifras	7
Inspeccionar componentes detallados	
Bruñir y pulir	8
Coser a máquina guiando manualmente el trabajo	10
Empaquetar bombones surtidos recordando de memoria la presentación y efectuando la	
Montar trabajos demasiado complejos para ser automatizados	
Soldar piezas sujetas con una plantilla	
Conducir un autobús con tráfico intenso o neblina	15
Marcar piezas con detalles de mucha precisión	

## 2. MONOTONÍA (FACTOR B.2)

Considerar el grado de estímulo mental y, en caso de trabajar con otras personas, espíritu de competencia, música, etc.

	Puntos
Efectuar de a dos un trabajo por encargo	0
Limpiarse los zapatos solitariamente durante media hora	3
Efectuar un trabajo repetitivo	5
Efectuar un trabajo no repetitivo	
Hacer una inspección corriente	6
Sumar columnas similares de cifras	7
Efectuar solo un trabajo sumamente repetitivo	11

## 3. TENSIÓN VISUAL (FACTOR B.3)

Considerar las condiciones de iluminación natural y artificial, deslumbramiento, centelleo, lugar y proximidad del trabajo, así como la duración del periodo de tensión.

	Puntos
Efectuar un trabajo fabril normal	0

Inspeccionar defectos fácilmente visibles	2
Clasificar por colores artículos con colores distintivos	
Efectuar un trabajo fabril con mala luz	
Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle	4
Clasificar manzanas según su tamaño	
Leer el periódico en un autobús	8
Soldar por arco con máscara	
Inspeccionar con la vista en forma continua, por ej. los tejidos salidos del telar	10
Hacer grabados utilizando un monóculo de aumento	14

#### 4. RUIDO (FACTOR B.4)

Considerar si el ruido afecta a la concentración, si es un zumbido constante o un ruido de fondo, si es regular o aparece de improviso, si es irritante o sedante.

	Puntos
Trabajar en una oficina tranquila sin ruidos que distraigan	0
Trabajar en un taller de pequeños montajes	
Trabajar en una oficina del centro de la ciudad oyendo continuamente el ruido del tránsito	1
Trabajar en un taller de máquinas ligeras	2
Trabajar en una oficina o taller donde el ruido distraiga la atención	
Trabajar en un taller de carpintería	4
Hacer funcionar un martillo de vapor en una fragua	5
Hacer remaches en un astillero	9
Perforar pavimentos de carretera	10

#### C. Tensión física y mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo

##### 1. TEMPERATURA Y HUMEDAD (FACTOR C.1)

Considerar las condiciones generales de temperatura y humedad de la atmósfera y clasificarlas como se indican a continuación. Según la temperatura media observada y seleccionar el calor adecuado en una de las series siguientes:

Humedad %	Temperatura		
	Hasta 23° C	De 23 a 32° C	Más de 32° C
<i>Hasta 75</i>	0	6 - 9	12 - 16
<i>De 76 a 85</i>	1-3	8 - 12	15 - 26
Más de 85	4-6	12 - 17	20 - 36

##### 2. VENTILACIÓN (FACTOR C.2)

Considerar la calidad y frescura del aire, así como el hecho de que circule o no (climatización o corriente natural).

	Puntos
Oficinas	0

Fábricas con ambiente físico similar al de una oficina	
Talleres con ventilación aceptable, pero con un poco de corriente de aire	1
Talleres con corrientes de aire	3
Sistema de cloacas	14

### 3. EMANACIONES DE GASES (FACTOR C.3)

Considerar la naturaleza y concentración de las emanaciones de gases: tóxicos o nocivos para la salud; irritantes para los ojos, nariz, garganta o piel; olor desagradable.

	Puntos
Torno con líquidos refrigerantes	0
Pintura de emulsión	1
Corte por llama oxiacetilénica	
Soldadura con resina	
Gases de escape de vehículos de motor en un pequeño garaje comercial	5
Pintura celulósica	6
Trabajos de moldeado con metales	7

### 4. POLVO (FACTOR C.4)

<i>Considerar el volumen y tipo de polvo</i>	Puntos
Trabajo de oficina	0
Operaciones normales de montaje ligero	
Trabajo en taller de prensas	
Operaciones de rectificación y bruñido con buen sistema de aspiración del aire	1
Aserrar madera	2
Evacuar cenizas	4
Abrasión de soldaduras	6
Trasegar coque de tolvas a volcadores o camiones	10
Descargar cemento	11
Demoler edificios	12

### 5. SUCIEDAD (FACTOR C.5)

Considerar la naturaleza del trabajo y la molestia general causada por el hecho de que sea ocio. Este suplemento comprende el «tiempo para lavarse» en los casos en que se paga (es decir, los trabajadores disponen de tres o cinco minutos para lavarse, etc.). No deben atribuirse puntos tiempo a la vez.

	Puntos
Trabajo de oficina	0
Operaciones normales de montaje	
Manejo de multicopistas de oficina	1
Barrido de polvo o basura	2
Desmontaje de motores de combustión interna	4
Trabajo debajo de un vehículo de motor usado	5

Descarga de sacos de cemento	7
Extracción de carbón	10
Deshollinado de chimeneas	

## 6. PRESENCIA DE AGUA (FACTOR C.6)

Considerar el efecto acumulativo del trabajo efectuado en ambiente mojado durante un largo periodo.

	Puntos
Operaciones normales de fábrica	0
Trabajo al aire libre, por ejemplo el de cartero	1
Trabajo continuo en lugares húmedos	2
Apomazado de paredes con agua	4
Manipulación continua de productos mojados	5
Lavandería - tintorería: trabajos con agua y vapor;	10

### Tabla de conversión de los puntos

Tabla IV. Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	100	10	10	10	10	10	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	78	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87
120	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100
130	101	103	105	106	107	109	110	112	113	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	128	130

*Ejemplo:* Si el número total de puntos atribuidos a las diferentes tensiones se eleva a 37:

- i) Buscar, en la columna de la izquierda de la tabla V, la línea correspondiente a 30.
- ii) Seguir esa línea hacia la derecha hasta llegar a la columna 7.
- iii) Leer el suplemento por descanso correspondiente a 37 puntos, que es de 18 por ciento.