



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

**MEJORA DE MÉTODO DE TRABAJO EN MÁQUINA EXTRUSORA DE
RODAMIENTOS TIPO *ULTRA LIGHT TRUCK*, EN LA INDUSTRIA DE
CAUCHO**

Elisa del Carmen Vidaurre Cacheo

Asesorada por Ing. Erick Adolfo Jiménez Vargas

Guatemala, agosto de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DE MÉTODO DE TRABAJO EN MÁQUINA EXTRUSORA DE
RODAMIENTOS TIPO *ULTRA LIGHT TRUCK*, EN LA INDUSTRIA DE
CAUCHO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELISA DEL CARMEN VIDAURRE CACHEO

ASESORADA POR: ING. ERICK ADOLFO JIMÉNEZ VARGAS
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MEJORA DE MÉTODO DE TRABAJO EN MÁQUINA EXTRUSORA DE
RODAMIENTOS TIPO *ULTRA LIGHT TRUCK*, EN LA INDUSTRIA DE
CAUCHO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha enero de 2003.

Elisa del Carmen Vidaurre Cacheo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

Decano	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Vocal I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
Vocal III	Ing. Julio David Galicia Celada
Vocal IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Vocal V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
Secretario	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Examinador	Ing. Jaime Humberto Battén Esquivel
Examinador	Ing. José Vicente Guzmán Shaúl
Examinador	Ing. Miriam Patricia Rubio de Acu
Secretario	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA	
1.1 Partes esenciales de un neumático.....	1
1.2 ¿Cómo se fabrica un neumático?.....	6
1.2.1 Mezclado de compuestos (<i>bambury</i>).....	6
1.2.2 Extrusión de componentes de un neumático.....	6
1.2.3 Recubrimiento de tejido con hule (calandrado).....	7
1.2.4 Corte de pliegos.....	7
1.2.5 Construcción de neumáticos.....	7
1.2.6 Vulcanización de neumáticos, desvastado y control de calidad.....	8
1.3 Tipos de neumáticos.....	9
1.3.1 Radiales.....	9
1.3.2 Convencionales.....	10
1.3.3 Camión.....	10
2. ANÁLISIS DEL MÉTODO ACTUAL DE LA MÁQUINA EXTRUSORA	
2.1 Descripción del método actual utilizado en la máquina extrusora....	11
2.2 Diagrama de flujo del proceso.....	13
2.3 Diagrama de recorrido.....	18
2.4 Máquina extrusora.....	20
2.4.1 Características de la máquina.....	20
2.4.1.1 Descripción de la extrusora de alimentación en	

	alimentación en caliente.....	21
2.4.1.2	Descripción de la extrusora en alimentación en frío.....	21
2.4.2	¿Cómo trabaja una extrusora?.....	22
2.4.3	Aplicaciones en la industria de caucho.....	22
2.4.4	Elementos que componen la máquina.	23
2.4.4.1	Caja de alimentación.....	23
2.4.4.2	Cilindro.....	25
2.4.4.3	Tornillo.....	26
2.4.4.3.1	Diseño histórico del tornillo alimentador en caliente.....	27
2.4.4.4	Cabeza.....	28
2.4.4.5	Sección de dado.....	28
2.4.4.6	Manejo.....	29
2.4.4.7	Unidad controlable de temperatura.....	29
2.5	Cálculo de eficiencia en la máquina extrusora.....	30
2.6	Estudio de tiempos por elementos en el proceso actual para la producción de rodamientos.....	32
2.7	Diagrama del proceso hombre – máquina.....	39
2.8	Diagrama de cuadrillas.....	39
2.9	Balance de líneas.....	39
2.10	Descripción de las herramientas y equipo usado en el proceso actual de fabricación de rodamientos.....	48
2.11	Análisis del reproceso de rodamientos extruidos.....	49

3. MÉTODO PROPUESTO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LA MAQUINA EXTRUSORA

3.1	Descripción de los elementos del proceso.....	53
3.2	Diagrama de flujo del proceso.....	54
3.3	Diagrama de recorrido.....	54

3.4	Estudio de tiempos por elementos en el nuevo método.....	59
3.5	Estandarización del método por elementos.....	59
3.6	Reducción de turnos de trabajo con la implementación del nuevo método.....	65
3.7	Reducción de energía en el proceso de extrusión.	69
3.8	Reducción del reproceso de rodamientos extruidos.....	70
3.8.1	Análisis de los compuestos reprocesados en el área de bajo movimiento.....	70
3.9	Almacenamiento de los rodamientos extruidos.	71
3.10	Ventaja del nuevo método de extrusión.....	72
4.	EVALUACIÓN DEL NUEVO MÉTODO EN LA MAQUINA EXTRUSORA	
4.1	Importancia de evaluar el nuevo método.....	75
4.2	Procedimiento para evaluar el nuevo método.....	75
4.3	Evaluación del método.....	76
4.4	Verificación de resultados versus tiempo estándar.....	76
4.5	Análisis y comunicación de resultados.....	80
5.	CAPACITACIÓN DEL OPERARIO	
5.1	Importancia del entrenamiento al operario.....	81
5.2	Inducción del nuevo método de trabajo al operario.....	81
5.2.1	Explicación del método.....	82
5.2	Demostración y práctica del método.....	82
5.2.3	Evaluación del desempeño.....	82
5.3	Guías O.B.T. (entrenamiento basado en objetivos) para el entrenamiento del operario.....	83
5.3	¿En qué consisten las guías O.B.T?.....	83
5.3.2	Objetivos de las guías O.B.T.....	84

6. MEJORA CONTINUA	
6.1 Evaluación de eficiencias en operación de máquina extrusora.....	85
6.1.1 Reportes llenados por operadores.....	85
6.1.2 Fórmula para cálculo de eficiencia.....	87
6.2 Verificación del cumplimiento del nuevo método establecido.....	90
6.2.1 Hojas de verificación del nuevo método.....	90
6.2.2 Reentrenamiento si no se está cumpliendo con el nuevo método.....	95
6.3 Evaluación de extrusión de rodamientos en dado de doble cavidad...	95
6.3.1 Evaluación de kilos producidos en dado de dos cavidades versus dado de una cavidad.....	95
6.3.2 Evaluación del tipo de rodamientos que se pueden extruir a través de hojas de verificación de anchos.....	97
6.4 Evaluación del aumento de velocidad del tornillo de la extrusora.....	98
6.4.1 Cálculo de revoluciones por minuto de la tubera actual.....	99
6.4.2 Evaluación de modificaciones a realizar en la máquina extrusora para extruir con mayor número de revoluciones....	100
6.4.3 Cálculo de número de almacenadores al aumentar el número de revoluciones por minuto del tornillo extrusor.....	101
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS	108

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Corte transversal de un neumático.....	1
2	Banda de rodamiento.....	2
3	Cinturones.....	3
4	Lonas o pliegos.....	3
5	Identificación y características de un neumático.....	4
6	<i>Liner</i>	5
7	Talón.....	5
8	<i>Bambury</i>	6
9	Máquina extrusora.....	6
10	Calandra.....	7
11	Construcción de neumáticos.....	8
12	Prensas de vulcanización.....	8
13	Desbastado.....	8
14	Control de calidad.....	9
15	Línea central de neumáticos radiales.....	9
16	Neumáticos convencionales.....	10
17	Molinos de la extrusora con el método actual.....	12
18	Diagrama de flujo del proceso operativo del método actual....	14
19	Diagrama de flujo del proceso producto del método actual....	16
20	Diagrama de recorrido del método actual.....	19
21	Diagrama del proceso hombre – máquina.....	40
22	Diagrama de cuadrillas.....	41
23	Inventario de reproceso con el método actual.....	51

24	Molinos de la extrusora del método propuesto.....	54
25	Diagrama de flujo del proceso operativo del método propuesto	55
26	Diagrama de flujo del proceso producto del método propuesto.	57
27	Diagrama de recorrido del método propuesto.....	58
28	Inventario de reproceso con el método propuesto.....	71
29	Verificación de resultados versus tiempo estándar.....	77
30	Reporte para el cálculo de eficiencia en la máquina extrusora..	86
31	Hoja de verificación para el cumplimiento de las partes y funciones de la máquina.....	92
32	Hoja de verificación del equipo de trabajo y protección personal.....	93
33	Hoja de verificación para el cumplimiento del nuevo método..	94
34	Hoja de verificación de anchos de rodamientos extruidos.....	98
35	Polea variable.....	98
36	Pantografía.....	109
37	Requisición de dado.....	110

TABLAS

I	Tiempos cronometrados en el proceso de extrusión de rodamientos para el método actual.....	35
II	Tiempo normal y estándar en el proceso actual de extrusión de hule..	36
III	Tiempos estandarizados para el método actual.....	37
IV	Ritmo de trabajo basado en la operación más lenta.....	47
V	Número de operarios asignados.....	47
VI	Inventario del reproceso con el método actual.....	50
VII	Tiempos cronometrados en el proceso de extrusión de rodamientos con el método propuesto.....	60
VIII	Tiempo normal y estándar en el proceso de extrusión de	

	rodamientos para el método propuesto.....	63
IX	Tiempos estandarizados para el método propuesto.....	64
X	Reducción de turno nocturno.....	69
XI	Inventario del reproceso con el método propuesto.....	71
XII	Resultados de la evaluación.....	78
XIII	Ahorro en tiempo para la producción de rodamientos con doble cavidad de dados.....	96
XIV	Minutos estándares para los almacenadores con el incremento de RPM (revoluciones por minuto).....	101
XV	Número de almacenadores con el incremento de RPM.....	101
XVI	Especificación 1541.....	108

GLOSARIO

<i>Bambury</i>	La primera estación del proceso de fabricación de un neumático donde se preparan las mezclas de hule con los demás componentes químicos, haciendo una mezcla homogénea y a una temperatura adecuada.
Certificación	Se da cuando se han cumplido con los requisitos y especificaciones que mandan los procedimientos ISO 9,000 e ISO 14,000 los cuales analizan la seguridad y la uniformidad, desde que entra la materia prima, producto en proceso, empaque, ventas y su relación para la conservación del ambiente, aprovechamiento de los recursos y reciclaje de materiales así como buen desecho de desperdicios.
<i>Chafer</i>	Tiras estrechas de material alrededor de la parte externa del talón para proteger los cordones de la lona contra los desgastes y cortes hechos por el <i>rim</i> . Evita la penetración de humedad y suciedad dentro del neumático.
<i>Conveyor</i>	Bandas transportadoras que llevan el material de un molino a otro y hacia la caja de alimentación de la extrusora.
Cura	Proceso de vulcanizar el hule, donde a través de temperatura y presión alta, el material pasa de su estado plástico al elástico.

Extrusión	La palabra extrudir proviene del latín <i>extrudere</i> y significa empujar o presionar hacia afuera, expeler o expulsar.
Operario normal	Obrero calificado y con gran experiencia que trabaja en las condiciones que prevalecen en la estación de trabajo a una velocidad o ritmo no muy alto ni muy bajo sino uno representativo del promedio.
Reencauche	Es el cambio de la banda de rodamiento a los neumáticos, cuando está ha sufrido daño o se ha desgastado por el contacto con el piso.
Rim	Es el diámetro del neumático, medido desde la línea central de la banda de rodamiento en la parte superior, hasta la línea central de la banda de rodamiento en la parte inferior.
Ritmos circadianos	Ritmos cotidianos del cuerpo relacionados con las horas del día, tales como el sueño, horas de comida y metabolismo, entre otros; que deben de adaptarse a cambios en las horas de trabajo.
Rodamientos tipo <i>ultra light truck</i>	O camión ultra ligero sirven para construir neumáticos tipo convencionales, donde las lonas se colocan en relación opuesta a su antecesor y los cordones de la carcasa forman un ángulo desde 25 a 40 grados respecto a la línea central del neumático.
Seguridad	Son los procedimientos o métodos que sirven para proteger al trabajador, equipo y producto con el fin de reducir accidentes.
Tiras apex	Hace más rígida el área del talón para lograr una transición entre lo rígido del talón y lo flexible de los laterales.

RESUMEN

Este estudio tiene el objeto de mejorar la extrusión de rodamientos en los neumáticos tipo camión ultra ligero. Como preámbulo, se incluyen las partes que conforman los neumáticos, la fabricación de los mismos y su clasificación.

Seguidamente se realiza un análisis del método actual para identificar sus deficiencias y plantear un mejor método. El análisis del método actual, inicia dando a conocer en forma general el proceso de extrusión. Este método usa la extrusora de tipo de alimentación en caliente, que calienta el hule en una serie de molinos, previo a ser extruido, estos molinos son el quebrantador de 84", el intermedio y el alimentador.

El método que se propone para incrementar la eficiencia de la máquina extrusora adiciona un molino de 60" a la línea de los molinos de la extrusora, con él se podrá reducir el tiempo de preparación del material, así como se aumentará la velocidad del tornillo y la capacidad de alimentación será mayor.

A través de un estudio de tiempos, se justifica reducir el turno nocturno. Se estudia el material reprocesado el cual explica el nuevo manejo del material corrigiendo las fallas encontradas en el método actual, y se observa una reducción en el inventario.

Luego de haber capacitado al operario se hace la evaluación del método propuesto, se indica el procedimiento para evaluarlo y capacitarlo, los resultados obtenidos se comparan con los tiempos estandarizados para así tomar las medidas correctivas.

Cómo parte de una mejora continua, se hace una evaluación de los kilos producidos por una cavidad de dado versus doble cavidad de dado, se calcula el número de revoluciones del tornillo actual y luego se indican las modificaciones o limitantes para aumentar su velocidad. Una vez aumentado las RPM se da a conocer el número de operarios que funcionarán como almacenadores en la línea de producción.

OBJETIVOS

General

Proponer una mejora de método de trabajo en la máquina extrusora de rodamientos empleada en la industria de caucho para así incrementar su productividad, permitiendo controlar el largo de los rodamientos de tipo *ultra light truck*, reducir el tiempo de trabajo y reproceso.

Específicos

1. Conocer el funcionamiento de la máquina extrusora, así como sus componentes y las variables que afectan su desempeño.
2. Determinar el método actual en la máquina extrusora utilizada en la industria de caucho, en la producción de rodamientos de tipo *ultra light y truck*.
3. Diseñar un nuevo método de trabajo en la máquina extrusora que permita reducir las variaciones en el largo de los rodamientos y reducir el tiempo de trabajo y reproceso.
4. Evaluar el nuevo método de trabajo en la máquina extrusora para distinguir las mejoras que permitan proponer y justificar sus beneficios.
5. Comunicar y capacitar al operario de la máquina extrusora el nuevo método de trabajo.

6. Identificar las causas que provocan pérdidas de tiempo y reproceso para poder minimizarlas.
7. Formular recomendaciones que puedan llegar a optimizar el proceso de extrusión, el cual repercute en la producción de neumáticos.

INTRODUCCIÓN

Toda empresa existente en el mercado, cualquiera que fuese su actividad económica, busca competir con un producto o servicio líder que destaque por su calidad, tiempo de entrega, servicio al cliente y por supuesto que compita con un precio aceptable hacia sus competidores; quienes cada vez son más exigentes, con gustos variables que solicitan productos diversos y exclusivos. La globalización y los tratados de libre comercio han permitido ampliar los mercados y llegar al lugar más lejano, pero a la vez incrementan el número de competidores provenientes de otros lugares. Surge entonces la necesidad de establecer o aplicar normas que rijan las condiciones que favorezcan al consumidor, además de estandarizar los procesos.

Realizar análisis o estudios de los procedimientos y métodos actuales de trabajo es un medio para poder identificar las oportunidades de mejora y desarrollo de una entidad; permitiendo así competir en el amplio mercado.

Una vez se haya reconocido el método actual se puede proceder a mejorarlo, para incrementar la eficiencia de la producción y por ende su productividad, que se refiere a optimizar los recursos con los que se cuentan, evitando o minorizando pérdidas.

De esta manera una empresa estable ofrece una fuente de trabajo a la sociedad guatemalteca y por ende contribuye en el desarrollo del país.

En la industria de neumáticos se utiliza la máquina extrusora para obtener componentes en la construcción de la llanta, tales como rodamientos, laterales, rellenos de todas las clases, en sí todo aquello que requiera ser estruído.

Este proceso requiere tener el control de algunas variables como temperatura, presión, velocidad, plasticidad; de esta manera se pueden evitar las variaciones en el largo de los componentes, que durante el proceso sufren un cambio en sus características y tienden a encogerse. Depende de estas variables, ya que si se encuentran dentro de los límites especificados el producto terminado cumple los requerimientos y supera las inspecciones de control de calidad.

Cuando algún componente no cumple con las especificaciones debe de ser desechado y retirado del proceso, lo cual significa pérdida de todos los esfuerzos que hasta ese momento fueron empleados.

He aquí el estudio de la máquina extrusora utilizada en la industria de caucho, la cual emplea un modelo de tornillo sin fin con alimentación en caliente.

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 Partes esenciales de un neumático

La figura 1 es un corte transversal de una llanta donde se identifican las partes principales de la misma.

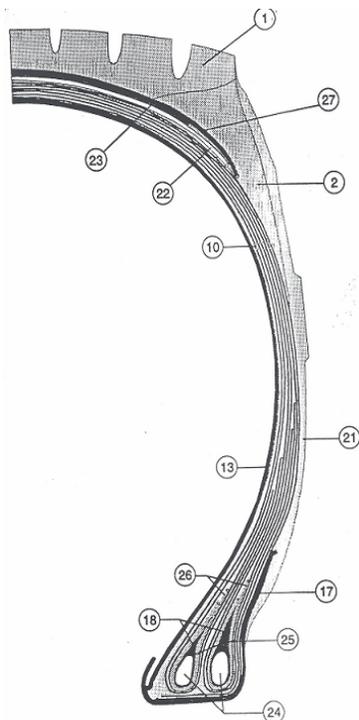


Figura 1. Corte transversal de un neumático

Referencia

1	Capa de banda de rodamiento
2	Base de banda de rodamiento
10	Pliego de carcasa
13	<i>Liner</i>
17	Antifricción
18	Relleno 1
21	Costado
22	Primer absorbedor
23	Segundo absorbedor
24	Núcleo del talón
25	Envoltura del talón
26	Cubretalón
27.	Cojín bajo rodado

Fuente: Llantas Vitatrac, **Camión convencional**

- **Banda de rodamiento:** es la que está en contacto con el suelo por lo que debe ser resistente al desgaste, tener tracción y generar bajo calor. Se compone de hule natural o sintético, derivados del petróleo, químicos y pigmentos. Su característica es el número de surcos, los cuales determinan el desgaste, la tracción y la temperatura a la cual se verá expuesta en su uso. La banda de rodamiento se muestra en la siguiente figura.

Figura 2. Banda de rodamiento

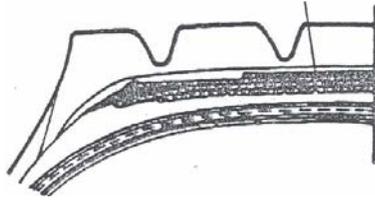


Fuente: Llantas Vitatrac, **Banda de rodamiento**

- **Ranuras o surcos:** son canales circunferenciales entre las nervaduras del rodamiento, para la tracción, el control direccional y las propiedades de enfriamiento; son importantes porque en ellos se determina el estado del neumático, ya sea para cambiarlo o bien reencaucharlo.
- **Nervaduras o costillas:** son hileras circunferenciales del rodamiento que están en contacto directo con el suelo, sirven para obtener tracción y supresión de ruido, entre otras características.
- **Hombros:** su función es poder tomar bien las curvas, se diseñan según las demandas, para tener el máximo de hule sobre el camino y controlar la generación de calor.
- **Carcasa:** su uso es brindar el soporte y capacidad de carga a un neumático. Entre las partes de la carcasa se encuentran los cinturones, las bandas, que proporcionan estabilidad y comodidad al conducir.

- **Cinturones estabilizadores:** su función es estabilizar el área del rodamiento, lo cual lo logra al mantener plano el contacto con el piso, así como proteger las lonas del camino y evitar que se deforme el neumático mientras está rodando. Obsérvese la siguiente figura.

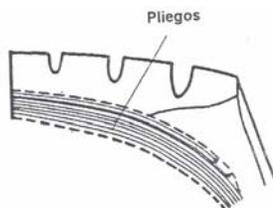
Figura 3. Cinturones



Fuente: Llantas Vitatrac, **Cinturones**

- **Overlays:** cinturones con los cuales se tiene un desgaste más uniforme y se evita que los demás cinturones se muevan, pues están colocados sobre los cinturones de acero.
- **Lonas o pliegos:** son tejidos que se extienden de talón a talón donde están amarradas, forman la carcasa del neumático, son responsables de la capacidad de carga, amortiguan y transmiten fuerzas motoras del vehículo a la banda de rodamiento. Obsérvese la cantidad de lonas en la siguiente figura.

Figura 4. Lonas o pliegos

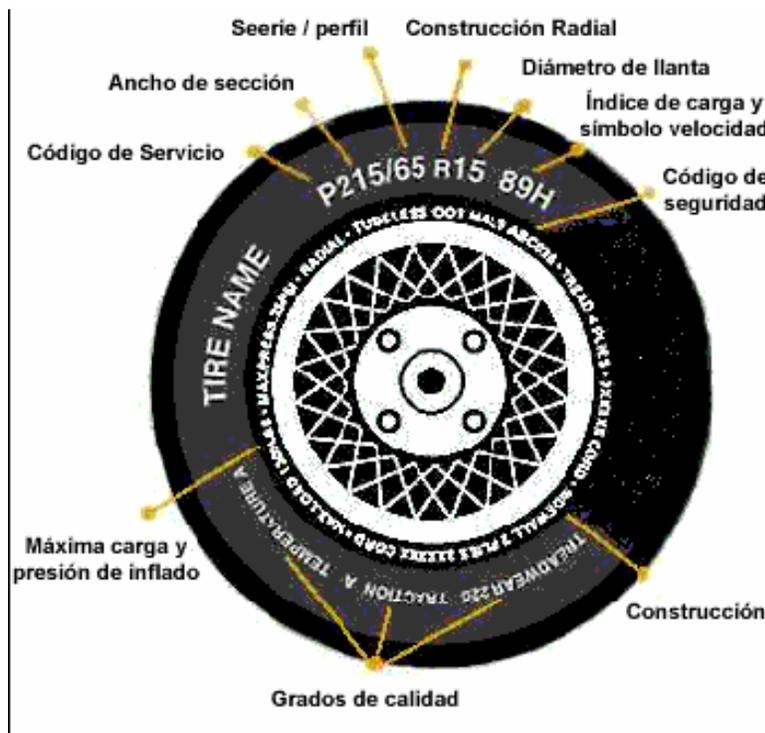


Fuente: Llantas Vitratrac, **Pliegos**

- **Laterales o costados:** son bandas de hule sobre los laterales, diseñadas para resistir los maltratos en el camino, y soportar las inclemencias del tiempo, en ellas se imprime la marca, la medida y otra decoración si se desea.

En los laterales se pueden ver el nombre, sus dimensiones, las características de servicio, el tipo de construcción, los grados de calidad, etc. El siguiente esquema muestra la ubicación de cada una de estas informaciones.

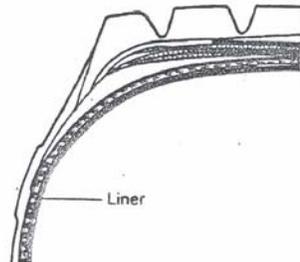
Figura 5. Identificación y características de un neumático



Fuente: <http://www.goodyear.com>, octubre 2003

- **Liner**: forro de hule impermeable al aire, evita que salga el aire ingresado a presión al neumático, para que no existan fugas. Se ilustra en la figura 6.

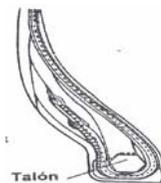
Figura 6. Liner



Fuente: Llantas Vitatrac, **Liner**

- **Área de talón:** semejante a la columna vertebral de un humano, enlaza el *rim* y el neumático, es el primer componente que transmite las fuerzas de cambio de dirección, movilidad y frenado.
- **Tira apex:** hace más rígida el área del talón y lograr una transición entre lo rígido del talón y lo flexible de los laterales.
- **Antifricción o chafer:** tiras estrechas de material alrededor de la parte externa del talón para proteger los cordones de la lona contra los desgastes y cortes hechos por el *rim*. Evita la penetración de humedad y suciedad dentro del neumático.
- **Talones:** están formados por un agrupamiento de alambre no extensible el cual es bañado en cobre para una buena adhesión con el hule. Se anclan a los pliegos y aseguran la estructura de la rueda. Su contorno y dimensiones se acomodan al talón del *rim* y evitan el deslizamiento longitudinal. La siguiente es una figura de un talón o pestaña.

Figura 7. Talón



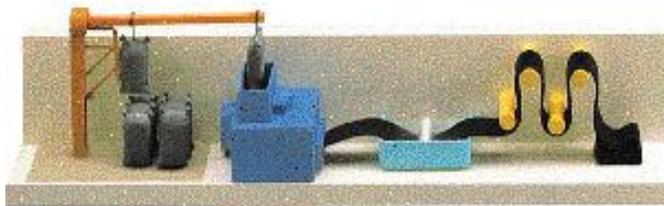
Fuente: Llantas Vitatrac, Talón

1.2 ¿Cómo se fabrica un neumático?

1.2.1 Mezclado de compuestos (*bambury*)

Se preparan las mezclas de hule con los demás componentes químicos, haciendo una mezcla homogénea. Al salir las láminas pasan por los molinos calentadores a una temperatura aproximada de 50 °C, preparándolas para continuar el proceso.

Figura 8. *Bambury*

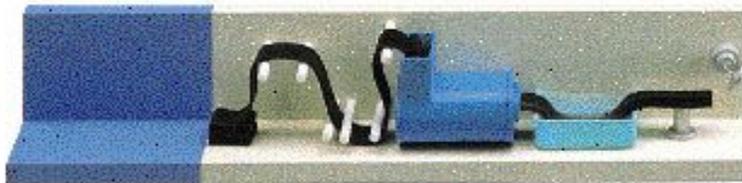


Fuente: <http://bridgestone-eu.com>, octubre 2003

1.2.2 Extrusión de componentes de un neumático

La máquina extrusora extruye láminas de hule para hacer diferentes partes del neumático, tales como banda de rodamiento, laterales, cuñas de hombros, tiras *apex*, *chafer*, etc. La siguiente figura es una representación de la máquina extrusora.

Figura 9. Máquina extrusora



Fuente: <http://bridgestone-eu.com>, octubre 2003

1.2.3 Recubrimiento de tejido con hule (calandrado)

El tejido pasa a través de cilindros para pegar hule de lado a lado, esto sirve como aislante y fija el tejido para que se conserven su paralelismo y uniformidad de espaciamiento entre ellos. En la siguiente imagen se hace una representación de la calandra y el proceso de recubrimiento de tejido con el hule.

Figura 10. Calandra



Fuente: <http://bridgestone-eu.com>, octubre 2003

1.2.4 Corte de pliegos y montador de talones (pestañas)

Luego de que el material ha salido de la calandra, se corta según su angulación y sobreponiendo las terminaciones manualmente.

Después de cortar los pliegos sigue montar los talones donde el alambre aislado es montado en forma especial y según la dimensión requerida (tipo de neumático), llevando un baño de cobre para auxiliar la adhesión con el compuesto de hule.

1.2.5 Construcción de neumáticos

El operario une todas las partes del neumático sobre un tambor que le permite centrar los materiales y así evitar problemas de uniformidad. La figura representa la construcción de neumáticos.

Figura 11. Construcción de neumáticos



Fuente: <http://bridgestone-eu.com>, octubre 2003

1.2.6 Vulcanización de neumáticos, desvastado y control de calidad

La vulcanización es el proceso que consiste en pasar el hule del estado plástico al elástico. El neumático construido se ingresa en una prensa (semejante a un horno) a alta temperatura por un determinado tiempo según sus especificaciones.

Figura 12. Prensas de vulcanización



Fuente: <http://bridgestone-eu.com>, octubre 2003

Las figura anterior muestra dos prensas, la primera es una llanta que todavía no se ha vulcanizando, conocida como llanta verde y la segunda es una llanta luego de haber sido vulcanizada.

Luego de la vulcanización sigue el desbastado en donde se elimina el exceso de goma resultante de dicho proceso. En la figura siguiente se muestra una llanta previa a ser desbastada.

Figura 13. Desbastado



Fuente: <http://bridgestone-eu.com>, octubre 2003

Por último la calidad y uniformidad de cada neumático se inspecciona visual y electrónicamente. De esta forma se garantiza una consistencia y un rendimiento uniforme y seguro. La figura 14 muestra una representación hecha en el control de calidad de los neumáticos.

Figura 14. Control de calidad



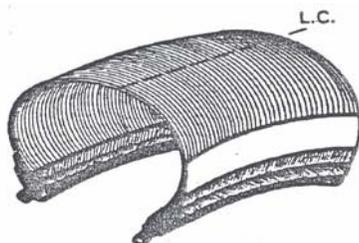
Fuente: <http://bridgestone-eu.com>, octubre 2003

1.3 Tipos de neumáticos

1.3.1 Radiales

En estos neumáticos los cordones de la carcasa se extienden de ceja a ceja en un ángulo de 90 grados en relación a la línea central del neumático, tal como se muestra en la figura 15. Justo sobre las lonas radiales y debajo de la banda de rodamiento se encuentran los cinturones. Se colocan varias lonas de cordones colocados circunferencialmente alrededor de la carcasa del neumático en ángulos menores (10 a 30 grados).

Figura 15. Línea central de neumáticos radiales

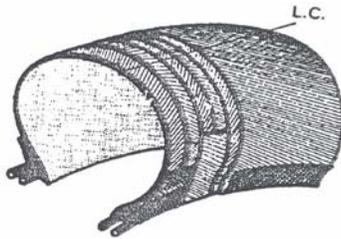


Fuente: Llantas Vitatrac, **Línea central en neumático tipo radial**

1.3.2 Convencionales o diagonales

En este caso los cordones de la carcasa se extienden diagonalmente de ceja a ceja del neumático, en un ángulo que puede ir de 25 a 40 grados en relación a la línea central del neumático, cada lona o pliego siguiente corre en relación opuesta a su antecesor, esto resulta en un juego de líneas cruzadas. Obsérvese en la figura 16.

Figura 16. Neumáticos convencionales



Fuente: Llantas Vitatrac, **Línea central en neumático tipo diagonal o convencional**

1.3.3 Camión

Entre los neumáticos de camión se encuentran diferentes estilos, que satisfacen las diferentes necesidades de los constructores y operadores de neumáticos. Los neumáticos de camión se clasifican dentro del tipo radial y convencional.

2 ANÁLISIS DEL MÉTODO ACTUAL DE LA MÁQUINA EXTRUSORA

2.1 Descripción del método actual utilizado en la máquina extrusora

Se le llama extrusión al proceso por el cual una lámina interminable de material se obliga a pasar a través de un orificio o dado bajo condiciones controladas, tales como temperatura y presión, para lograr una forma dimensionalmente estable.

La mejor máquina para la extrusión continua desarrollada hasta ahora es la máquina de tornillo ó extrusora, que aún es algo deficiente. Básicamente la extrusora es un plano inclinado doblado en forma de espiral. Cuando a este plano inclinado se le aplica una presión con un objeto y una fuerza no opuesta, el plano inclinado no puede elevar dicho objeto, a no ser que se le aplique una fuerza opuesta al objeto.

En una máquina extrusora la fuerza opuesta es proporcionada por la fricción entre el objeto (en este caso el hule) y una pared del cilindro, la fricción debe ser semejante a la fricción del objeto en contra de la cara del tornillo. Por consiguiente, el objeto tenderá a deslizarse o enrollarse al rededor del tornillo, con el resultado de llevar en contra sólo la primera presión del objeto que puede avanzar sólo la mitad del flujo en cada revolución del tornillo. Como la alimentación es en caliente se utilizan varios molinos que se clasifican dentro de las categorías generales de cilindro ondulado y cilindro liso.

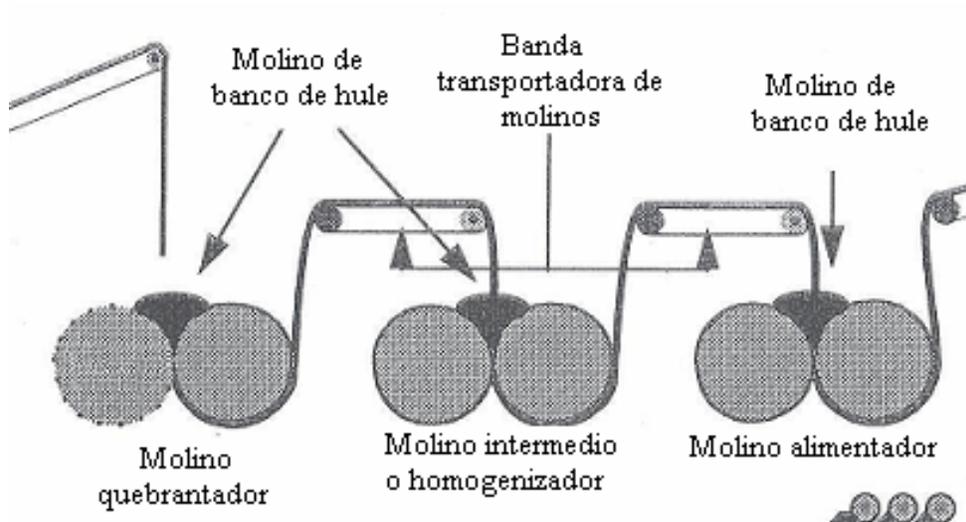
La figura 17 muestra la serie de los tres molinos, cada molino está compuesto por dos cilindros que giran en direcciones opuestas para calentar el hule. Normalmente se les clasifican en los siguientes tipos.

Molinos quebrantadores y térmicos

Molinos intermedios

Molinos alimentadores

Figura 17. Molinos de la extrusora del método actual



a. Molinos quebrantadores y térmicos

Los molinos pueden tener 84", 60" o 42". Actualmente se usa un molino quebrantador de 84" para extruir rodamientos, el cual tiene una capacidad de 225 kg, la cual es mayor de la de los demás molinos ya que este es el que los alimenta, y no debe quedarse sin carga, para mantener un proceso continuo. Este molino, tienen un rodillo corrugado que ayuda a quebrantar y plastificar el hule en frío que viene del *bambury* y lo va calentando a través de la temperatura generada mientras gira.

b. Molino intermedio

El molino intermedio es de 84" en la línea de molinos de la extrusora. El tamaño del molino debe ser el mismo que el del quebrantador. Ambos cilindros del molino intermedio deben ser lisos y el molino debe ser equipado con una mezcla de rodillo.

La función del cilindro es estar insertado una mezcla homogénea. Su capacidad de carga es de 180 kg.

c. Molino alimentador

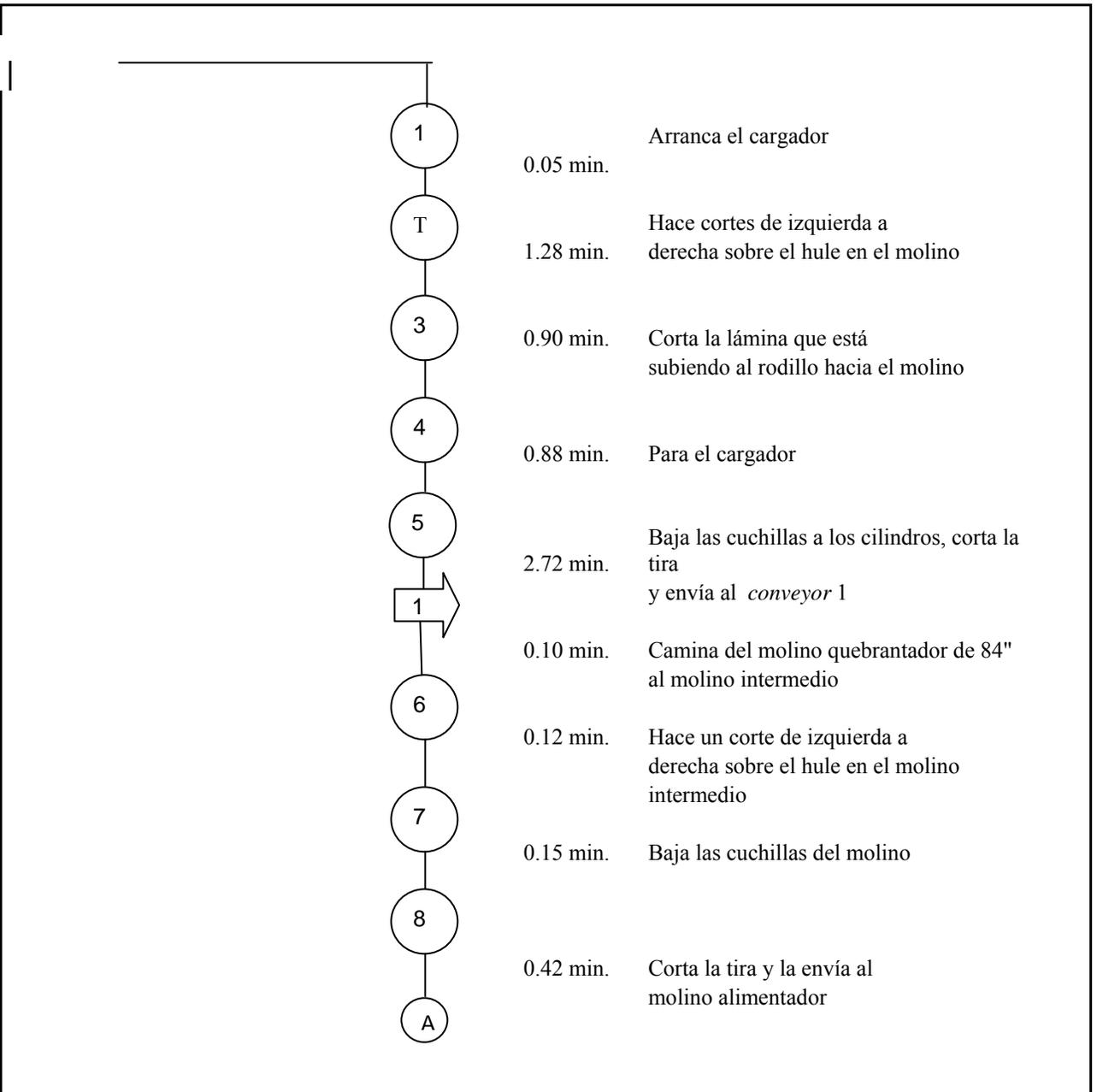
El molino alimentador es de 60" en la línea de extrusión. Ambos molinos son lisos y el molino debe de ser dividido por el centro. Cuando el molino es dividido por el centro, la lámina de hule entra al lado de la mezcla, y una lámina de igual tamaño alimenta la banda alimentadora del *conveyor* en el lado del molino. El abastecedor de hule en el molino alimentador se mantiene limitado y constante porque la lámina que entra al molino alimentador es la misma que sale del molino. La capacidad de carga del molino es de 150 kg.

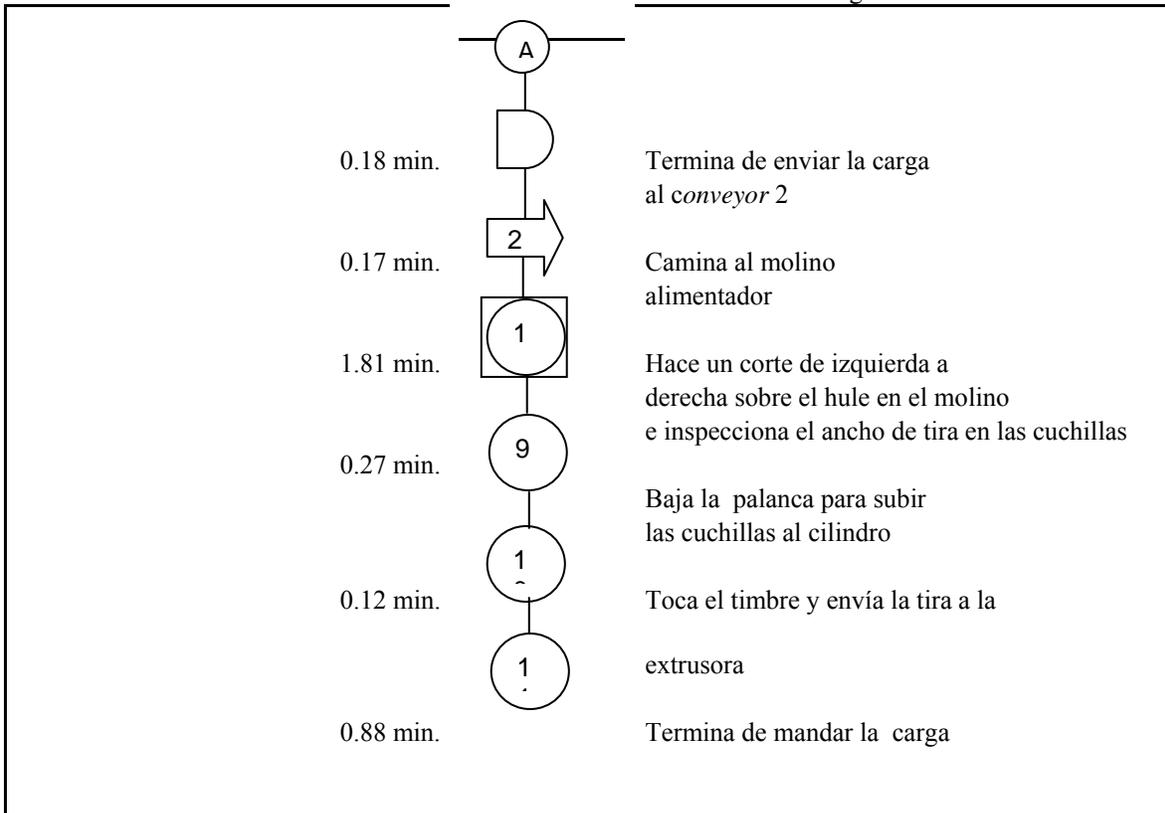
2.2 Diagrama de flujo del proceso

A continuación se presenta el diagramas de flujo de proceso operativo en la figura 18, en donde se estudian los elementos a través del molinero, únicamente en los molinos de la extrusora; en la figura 19 se presenta el diagrama de flujo de proceso por producto en toda la línea de extrusión desde el calentamiento del hule en los molinos hasta el almacenamiento de rodamientos en los carros libros, donde los elementos son estudiados por cambios en el producto.

Figura 18. Diagrama de flujo del proceso operativo del método actual

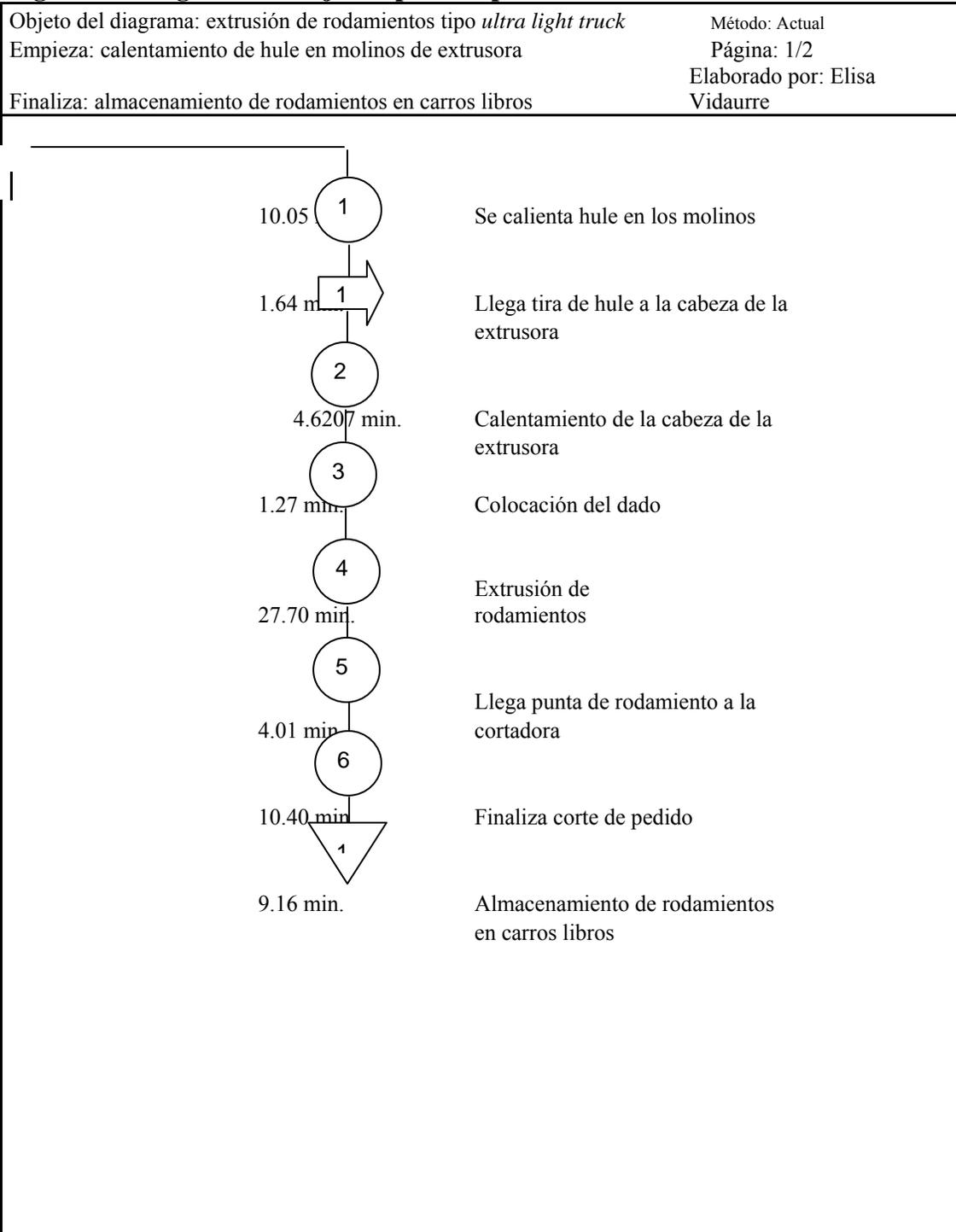
Objeto del diagrama: calentamiento del hule de rodamientos tipo <i>ultra light truck</i>	Elaborado por: Elisa Vidaurre
Empieza: arranca el cargador	Método: actual
Finaliza: termina de mandar carga	Página: 1/2





Resumen			
Figura	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operación	11	7.79 min.
	Inspección	0	0
	Transporte	2	0.27 min.
	Demora	1	0.18 min.
	Combinada	1	1.81 min.

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso producto del método actual



Resumen			
Figura	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operación	6	58.05 min.
	Inspección	0	0
	Transporte	1	1.64 min.
	Demora	0	0
	Combinada	0	0
	Almacenajes	1	9.16 min.

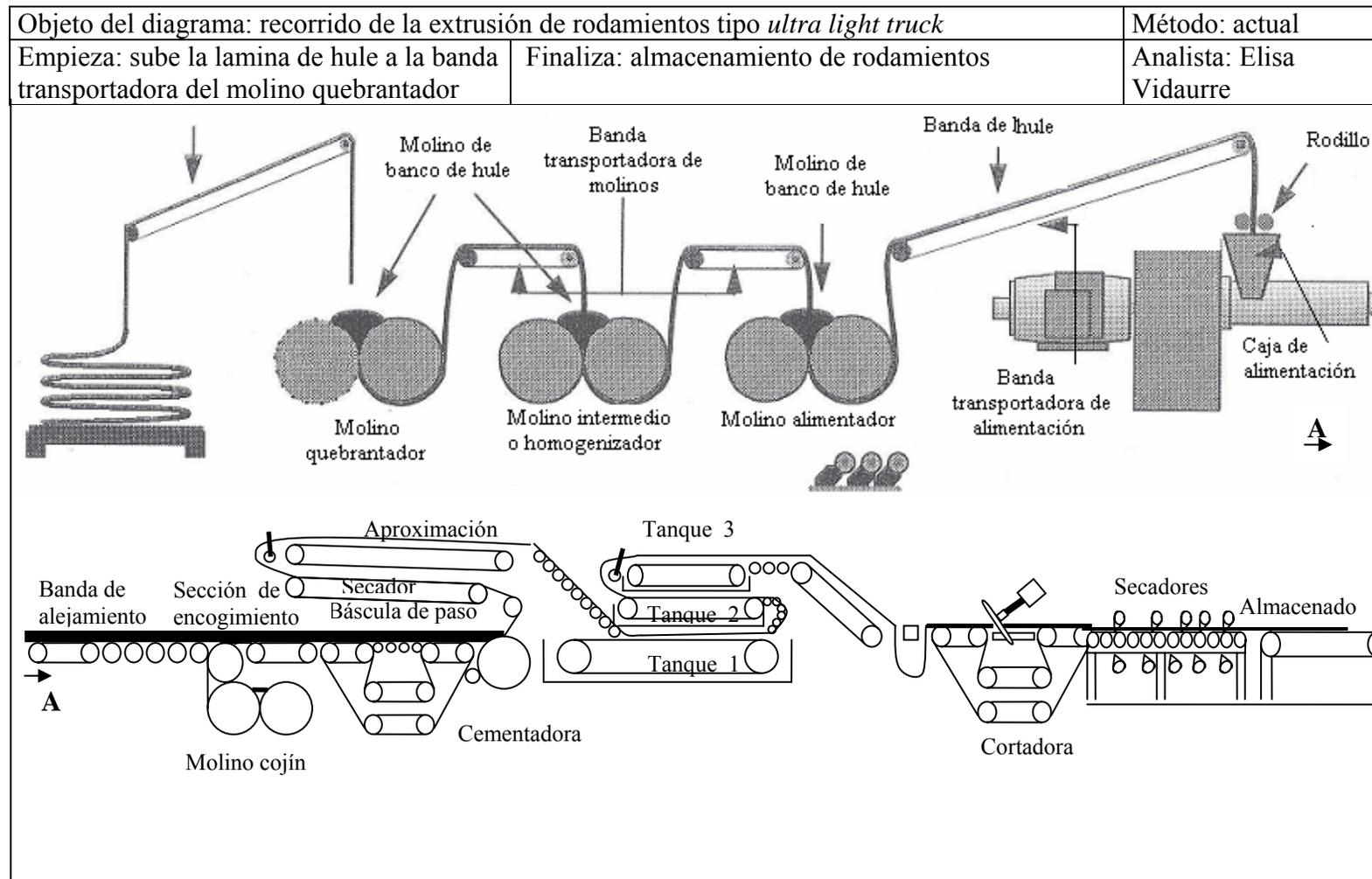
2.3 Diagrama de recorrido

La figura 20, es una ilustración representativa del proceso, donde se puede visualizar cada uno de los pasos que tiene recorrer el material para ser extruido y luego alcanzar la temperatura ideal para ser almacenado.

El hule se encuentra en láminas (viene del *bambury*) sobre una tarima frente al molino quebrantador de 84”, sube al dicho molino a través de una banda transportadora, en el molino permanece un tiempo mientras logra calentarse, luego recorre una banda transportadora hasta llegar al molino intermedio, sobre el mismo hay un cilindro homogenizador el cual sirve para homogenizar el material, luego sube por otra banda transportadora hasta llegar al molino alimentador, donde se gradúa el ancho de la tira que recibirá la cabeza de la extrusora, a través de una banda transportadora, allí entra hacia el tornillo donde luego sale y pasa a través del dado con las dimensiones y características del material deseado para ser transportado sobre la banda de alejamiento, hasta llegar al molino del cojín.

Durante este tiempo el material se ha encogido un poco por el enfriamiento que ha sufrido, en la báscula se puede tomar una muestra para corroborar con la especificación, si todo va bien, la tira de rodamiento sube a la banda secadora y de aproximación para luego pasar a los tanques 1, 2 y 3 los cuales enfrían el material a través de agua. Cuando ha recorrido estos tanques el largo del rodamiento se ha reducido significativamente y está listo para ser cortado, ya los rodamientos individuales pasan por la banda de secadores y luego son almacenados en los carros libros, la longitud que aquí tienen todavía no es la longitud que se desea en construcción, sin embargo, es la específica para que en el tiempo que tardan en espera se haga el proceso de encogimiento que se desea.

Figura 20. Diagrama de recorrido del método actual



2.4 Máquina extrusora

El objeto de la extrusora es transportar el hule uniformemente a través de un dado para formar un producto extruído, en este caso un rodamiento o componentes de un neumático preparándolo para ser construido y finalmente vulcanizado.

Las extrusoras de una clase u otra han estado disponibles comercialmente por más de un siglo y se han desarrollado abundantes tipos, desde las que tienen dispositivos de manejo mecánico a dispositivos manejados parcial o completamente por sistemas de producción controlados por computadora. Las más comunes usadas en la industria de llantas son las de tornillos simples y de coextrusión o de doble tipo de extrusión.

Aproximadamente el 95% de las operaciones de extrusión en la industria de neumáticos de hoy emplean los modelos de tornillo simple de alimentación en caliente o de alimentación en frío; en el presente estudio se utiliza un tipo de alimentación en caliente.

2.4.1 Características de la máquina

Las extrusoras en la industria de caucho convierten diferentes tipos, formas y consistencias de compuestos de hule en varios diámetros, largos, formas según lo que deben procesar y así lograr un provechoso rendimiento. Se cuentan con dos tipos de extrusoras usadas por la industria de llantas en componentes y rodamientos. Estas son alimentación en caliente y alimentación en frío.

2.4.1.1 Descripción de la extrusora de alimentación en caliente

La extrusora usada hoy en día, es la extrusora de alimentación en caliente. Antes de que los compuestos de hule sean usados en la extrusora de alimentación en caliente, pasan por dos o más molinos en caliente y son llevados en forma de una banda caliente de compuesto triturado, usualmente sobre 93.3°C (200°F) a la extrusora por medio de un transportador abastecedor.

El hule es entonces tomado por el tornillo e impulsado debajo del cilindro y forzado a salir del dado. El largo del tornillo, excepto por al menos uno y media vuelta tiene doble guía; estas doble guía se usan para reducir las pulsaciones del resto del tornillo y proporcionar más uniformidad a la presión de la cabeza. La extrusora en alimentación en caliente tiene una razón L/D (largo del tornillo / diámetro del tornillo) de 4:1.

2.4.1.2 Descripción de la extrusora en alimentación en frío

La extrusora de alimentación en frío es abastecida directamente del *bambury* para la extrusora, descompone el compuesto del abastecedor en frío y lo transporta uniformemente a través del dado. Esto es complementado por el diseño del tornillo y especialmente controlando las zonas de temperatura a través del largo del tornillo. El tornillo de alimentación en frío tiene una doble guía en la sección de alimentación.

La extrusora de alimentación en frío requiere ocupar un largo tiempo en el cilindro para masticar lo abastecido, requiere una larga razón L/D de 8:1 a 17:1 dependiendo de la aplicación.

2.4.2 ¿Cómo trabaja una extrusora?

La mejor manera de explicar como trabaja una extrusora y un tornillo que pasa moviéndose en contra del cilindro, es comparar el tornillo extrusor con un arado usado en las granjas.

Una de las diferencias entre la acción del arado y la acción del tornillo extrusor es que con el arado, la tierra se desliza sobre la paleta, pero en una extrusión de hule, los materiales inmediatamente se adhieren a la superficie y no se resbalan, pero se cizallan. El material en el canal del tornillo extrusor es confinado y restringido para poder moverse. El camino del hule abajo del canal del tornillo es en espiral, muy parecido a una cuerda enrollada sobre sí misma.

Cuando la presión que es requerida por un dado se incrementa, el siguiente ángulo es reducido y el rendimiento por turno del tornillo es disminuido. La disminución del rendimiento es usualmente acompañada por una alta temperatura de extrusión.

Es obvio que la interacción entre el compuesto, el tornillo y la superficie del cilindro es el corazón del proceso del tornillo extrusor. Un entendimiento básico de esta interacción es útil en optimizar dudas que surgen en el proceso.

2.4.3 Aplicaciones en la industria de caucho

En la industria de neumáticos, las extrusoras se usan básicamente para obtener formas de componentes utilizados en la construcción de llantas; tales como rodamientos, laterales, rellenos de todas las clases, en sí todo lo que puede ser extruído. El proceso utiliza el caucho cuya característica es que no tiene una viscosidad constante, si se hacen algunos cortes de tensión, el tipo de corte se incrementa con la temperatura. Además, el tipo de fluido bajo tensión constante es dependiente del tiempo, y todos los cauchos son algo elásticos cuando la tensión es removida.

2.4.4 Elementos que componen la máquina

Por propósitos de descripción, todas las extrusoras serán divididas dentro de siete partes:

- Caja de alimentación
- Cilindro
- Tornillo
- Cabeza
- Sección de dado
- Manejo
- Unidad controlable de temperatura

Estas partes son comunes para ambas alimentaciones en extrusoras en frío y caliente.

Usualmente, en la industria de llantas la extrusora de alimentación en caliente excede en número a la de alimentación en frío; sin embargo, en los últimos diez años, las ventas de extrusoras de alimentación en frío tienen mayores bandas que los tipos de alimentación en caliente, una razón de tres a uno. Esto implica que los equipos de alimentación en caliente usan hule que ha sido precalentado en molinos y las de alimentación en frío usan bandas frías de hule.

2.4.4.1 Caja de alimentación

Las extrusoras usan una variedad de alimentación incluyendo pelotilla, tablas, bandas o poder de alimentación. Todas las extrusoras de alimentación en caliente en la industria de caucho usan alimentación de bandas. La caja alimentadora juega un papel importante en la eficiencia de la extrusora. La eficiencia del tornillo de la extrusora depende de la habilidad de llevar el hule al tornillo.

Las extrusoras usan un apartado fijo corto por debajo de la caja de alimentación que ayuda a alimentar el tornillo. Ha habido un desarrollo sobre estos años en la mejora de alimentación. Para un buen control de extrusión, una alimentación uniforme es necesaria, indiferentemente del tipo de extrusora que se use.

Sin embargo, si la caja de alimentación es de pobre diseño, el tornillo no transferirá el abastecimiento uniformemente, causando que el producto sea pulsado o sobrecargado y, se envuelva, causando cambios dimensionales en la extrusión.

Consideraciones del diseño de la caja de alimentación: un deficiente diseño de la caja de alimentación puede causar que el abastecedor regurgite y bloquee la caja alimentadora o aparte la banda alimentadora. Para prevenir esto, la caja alimentadora debe acomodar la banda lo más angosto posible. Así, el tamaño de la caja alimentadora debe ser compatible con el tamaño del tornillo. La caja alimentadora debe tener una buena tapadera, con suaves lados para prevenir el llenado del abastecedor de alimentación. Ya que la tira de hule se mueve de lado a otro, la banda del *conveyor* debe ser montada paralelamente al canal del tornillo para permitir que el tornillo alcance el abastecimiento en una manera uniforme.

Configuración de la caja de alimentación: un número de diferentes configuraciones en las cajas alimentadoras se usa para ambas alimentaciones tanto en caliente como en frío. La primera extrusora sólo tuvo una apertura. La forma de la apertura y las superficies en el área de alimentación son muy importantes. La apertura tiene que ser lo suficientemente larga para permitir que la banda se mueva empujando al tornillo.

También los bordes bajo la corriente de la apertura alimentadora son gradualmente tapados dentro del tornillo para prevenir el corte de la banda e interrumpir la alimentación.

Las extrusoras de alimentación en caliente son más barrigonas del corte de abajo que las extrusoras en alimentación en frío. Un corte abajo en espiral ayuda a incrementar el rendimiento de trabajo por vuelta del tornillo; con estas combinaciones se han conocido las causas de ampollas en la extrusora. Rollos mordidos han sido usados para aventajar la conducción de la banda alimentadora dentro del bajo corte y reducir la tendencia de amplitudes al azar del pliegue de la banda alimentadora sobre la extrusora en alimentación en caliente.

Caja alimentadora de poder del rodillo alimentador: Algunas veces los compuestos podrían expulsar y levantar el puente en la caja alimentadora y causarle un pellizco. Para superar el problema, se manejan los dispositivos del rodillo alimentador de poder, donde un rodillo es colocado en la parte baja de la caja alimentadora para formar un pedazo en medio del rodillo y el tornillo y así forzar la alimentación uniformemente.

Para mejorar la uniformidad del alimentador, en el fondo de la caja alimentadora abajo del tornillo, se corta un bolsillo como en espiral colocado lejos de la línea mediana del tornillo, entonces el abastecedor puede ser alimentado dentro del bolsillo, permitiendo que el tornillo alcance el mejor tramo del abastecedor.

2.4.4.2 Cilindro

El cilindro encierra al tornillo y ayuda a formar el conducto a través del cual se transporta lo abastecido hasta el dado. El hule avanza a través de la extrusora por la fricción entre éste y el cilindro. Enfriar el cilindro es de vital importancia. El cilindro es realmente dos cilindros con un enfriador en medio de ellos. Hay dos tipos disponibles: la línea en seco y el tipo húmedo.

Se prefiere el tipo húmedo, este tipo tiene un tiempo rápido de reacción, dando mejor control al proceso.

Diseño del cilindro de la extrusora: las líneas del cilindro son hechas generalmente de nitrato de hierro o revestidas con un tipo de material de *cadnium* para darle un uso largo y duradero. Usualmente las líneas son remplazadas después del tornillo, tres o cuatro veces. El reemplazo es necesario para mantener la compensación apropiada entre el tornillo y el cilindro y así asegurar la tensión y la temperatura.

Las proporciones del largo o diámetro o L/D , son un importante factor en la selección del cilindro de la extrusora. En unidades de alimentación caliente, la proporción L/D generalmente corre de 3 a 1 para 6 a 1, con 4 a 1 que es el más común. En extrusoras de alimentación en frío, la proporción corre de 8 a 1 para 18 a 1. La mejor estabilidad dimensional de la extrusora es obtenida con la más alta proporción.

La alimentación en frío requiere una alta proporción L/D para brindarle a lo transportado la temperatura apropiada y obtener la plasticidad deseada.

2.4.4.3 Tornillo

Los tornillos están disponibles en varias configuraciones. El presente estudio se limita en los usos más comunes de extrusión de rodamientos. La función primaria del tornillo es transportar el material de la cabeza de la extrusora. Son importantes su forma, hélice, proporción de comprensión, profundidad del canal, y número de guías.

Terminología geométrica del tornillo: se revisará la terminología usada en la geometría del tornillo.

Rodamientos: pieza angular alrededor del cilindro formando un espiral.

Guías: distancia entre vueltas.

Diámetro del la raíz: diámetro del tornillo a la base de las vueltas.

Diámetro: diámetro del interior del tornillo.

Proporción L/D: longitud del tornillo para el diámetro del tornillo.

2.4.4.3.1 Diseño histórico del tornillo alimentador en caliente

El tornillo de la extrusora juega un papel importante en la operación de la extrusora. Se hablará sobre el tornillo de la extrusora de alimentación en caliente su diseño y flujo dentro del tornillo.

El diseño del tornillo es muy complejo pero tiene un criterio de diseño básico: primero, el tornillo no tiene proporción de compresión proyectada dentro de sí mismo, ya que la compresión tornillo causada incrementa la temperatura. Segundo, son diseñados para obtener el volumen máximo de eficiencia teniendo el diámetro de la raíz más corta posible y guías simples (o vueltas) excepto por al menos $1 - \frac{1}{2}$ vuelta para reducir la pulsación.

Sin embargo, con el diseño de eficiencia de volumen máximo, los tornillos de la extrusora son aún ineficientes, la razón es el flujo del hule en el mismo tornillo. La mayoría de los tornillos en operación son producidos con altos hierros *molybdenium* que tienen vueltas, donde la plata chapeada proporciona una larga vida. Periódicamente se debe chequear la proporción de uso para mantener la calidad del producto.

Los tornillos alimentadores usualmente dan vueltas profundas a menos que el perfil que sea extruído sea pequeño, en tal caso una vuelta poco profunda deberá ser más eficiente. Los tornillos alimentadores en caliente son designados para transportar y también para compactar y formar la presión al dado que necesita la proporción del cilindro L/D de 3 a 1 a 6 a 1.

Originalmente, se usaron máquinas extrusoras con doble paso decreciendo la guía del tornillo extrusor que requiere una lenta velocidad de extrusión para así mantener una baja temperatura de extrusión y baja porosidad.

En 1935, la máquina diseñada introdujo un hilo simple con tornillo constante con incremento del rendimiento del trabajo (20 – 40 %) y redujo la porosidad. Sin embargo, este tornillo produjo marcas desviadas sobre los rodamientos y daban contornos desiguales. Esto se solucionó usando una nariz de metal larga y cuatro aspas con distribución uniforme en la cabeza.

En 1936, la primera guía fue mejorada al incrementarse el rendimiento de trabajo. A inicios de 1941, la guía constante fue modificada adicionalmente doblando la guía al final de la nariz del tornillo de 1 - 1/2 vueltas. Esto también eliminó la necesidad de la nariz y el *spider*. Un buen diseño del tornillo alcanzará una proporción alta de rendimiento de trabajo al bajar la temperatura de extrusión.

2.4.4.4 Cabeza

La temperatura de la cabeza de la extrusora tiene una gran influencia en la temperatura de extrusión. Normalmente agua caliente circula a través de la cabeza y reduce la fricción de lo abastecido que resbala a través de su superficie. La temperatura de la cabeza es normalmente sobre 150 F y para hule natural sobre 200 F o más alto. Al reducir la temperatura de la cabeza bajo estos valores dará como resultado un incremento en la temperatura de la extrusión.

2.4.4.5 Sección de dado

El tamaño y forma del dado determina el grado de reducción del material. Aquellos que son muy largos requieren que la extrusión sea prolongada para obtener una corrida correcta en el peso.

Los dados que son muy pequeños requieren ser manejados despacio hasta que se obtenga la corrida de la escala de peso. Al tener dados de extrusoras que tienen un ancho extenso de reducción, se provoca una variación en la cantidad de sobrecorte lo cual es acompañado por una variación en la reducción después de ser registrada. El dado correcto es aquel que produce una extrusión que no tiene que ser regulada al ser usada en orden para obtener el peso correcto. Debe deducirse que el dado reduce de 2% al 7% de la sección gravitatoria del material y que debe ser pesada cuando cruce la escala.

2.4.4.6 Manejo

El primer manejo mecánico de la extrusora apareció en el mercado en 1880. Sobre estos años, algunos tipos de sistema de manejo han sido usados, los cuales incluyen cinturón, cadenas, hidráulicos, y mecanismos de transmisión. Estos han sido utilizados por ambos motores A – C (corriente alterna) y D – C (corriente directa). Hoy en día la mayoría de las producciones son manejadas con motores D – C. Dicho sistema provee la variación de velocidad con el control de presión apropiado.

La instalación del motor A – C es barata y fácil de mantener, pero éste no desarrolla el torque a baja velocidad. Adicionalmente, los motores A – C del sistema de control de velocidad no responden lo suficientemente rápido a la variación corta en torque y velocidad.

2.4.4.7 Unidad controlable de temperatura

El control adecuado de temperatura de la extrusora, cilindro, tornillo, cabeza y dado son esenciales para el buen control de extrusión. Las temperaturas que pueden ser controladas individualmente en cada sección se denominan perfil de temperatura. El perfilar las temperaturas permite obtener el balance óptimo de rendimiento de trabajo y las características uniformes de extrusión considerando el diseño del tornillo.

Aunque perfilar la temperatura es importante en la alimentación en caliente, el cilindro asistente más corto se mantiene a distancia del diseño del tornillo dejando un tiempo muy corto de reacción cuando se corre a altas RPM (revoluciones por minuto).

No importa que tipo de temperatura de control se usa, manual o automática, es extremadamente importante que el agua que entra a la chaqueta fría de la extrusora entre al fondo y salga a la superficie (desbordando en frío). Esto es necesario para el control apropiado de temperaturas en zonas de la extrusora y la extrusión.

2.5 Cálculo de eficiencia en la máquina extrusora

Para cuestiones de ejemplo se elige el compuesto NG – 389 utilizado para hacer rodamientos tipo ultra light truck ver la hoja de especificación tabla XVI. Se da una explicación de estas fórmulas en el capítulo 6.

Factores de extrusión

$$\text{kg/min/mm} = \frac{\text{peso de la tira que recorrió (kg)}}{\text{Tiempo (min)} * 100 \text{ (mm)}}$$

$$\text{kg/ min / mm} = \frac{17.20 \text{ kg}}{1 \text{ min} * 100 \text{ mm}} = 0.1720$$

$$\text{kg / min / RPM} = \frac{(\text{kg/min/mm}) * \text{ancho de la tira (mm)}}{\text{Promedio de R.P.M.}}$$

$$\text{kg / min / RPM} = \frac{0.1720 * 254 \text{ mm}}{72 \text{ RPM}} = 0.6067$$

$$\text{FE 2} = 1 - \frac{(\% \text{ de encogimiento entre el cinturón de la báscula y el cinturón de la cortadora})}{100}$$

$$FE 2 = 1 - [(4-7)/100] = 1.03$$

Limitaciones de extrusión

V.L.= velocidad de la línea

$$V.L. = \frac{(\text{kg/min}) * (\text{largo de rodamiento de construcción}) * (FE -2) * 3.281}{\text{peso especificación.} * \text{número de cavidades}}$$

$$V. L. = \frac{43.7 * 1.356 * 1.07 * 3.281}{8.74 * 1}$$

$$\text{Velocidad de la línea} = 23.8$$

CPM = cortes por minuto

$$CPM = \frac{\text{velocidad de la línea}}{\text{Largo del rodamiento} * FE 2 * FE 1}$$

$$CPM = \frac{23.8}{1.390 \text{ m} * 1.03 * 3.281}$$

$$CPM = 5.06$$

kg / min = CPM * peso del rodamiento * número de cavidades del dado.

$$\text{kg / min} = 5 * 8.74 * 1 = 43.7 \text{ kg/min}$$

$$RPM = (\text{kg / min}) / (\text{kg / min} / \text{RPM})$$

$$RPM = (43.7) / (0.6067) = 72.02$$

$$\text{Ancho de tira} = (\text{kg / min}) / (\text{kg / min} / \text{mm})$$

$$\text{Ancho de la tira} = (43.7 \text{ kg / min}) / (0.1720) = 254.06 \text{ mm}$$

Eficiencias

Cortes por minuto

$$E = (CPM / 5) * 100 ; E = (5.06 / 5) * 100 = 101.2 \%$$

Máquina en general

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{kg/min}}{40 \text{ kg/min}} * 100 ; E = (43.7 / 40) * 100 = 109.25 \%$$

Velocidad del tornillo

$$\text{Eficiencia} = \text{RPM} / 72 * 100 ; E = (72.02 / 72) * 100 = 100.02 \%$$

Ancho de tira

$$\text{Eficiencia} = (\text{ancho de tira} / 254) * 100 = (254.06 / 254) * 100 = 100.02 \%$$

Este ancho es el que llega a la caja de alimentación desde el molino alimentador.

Estos factores son limitantes porque no pueden exceder de su operación regular indicada aquí como el dato estándar, aunque pareciera que todos estos factores están dentro de una buena eficiencia, se concluye que son las revoluciones por minuto y el ancho de tira los que no permiten mejorar la eficiencia obtenida.

2.6 Estudio de tiempos por elementos en el proceso actual para la producción de rodamientos

Los pasos para un estudio de tiempos son: selección del operario, análisis de trabajo y descomposición en elementos, registro de los tiempos cronometrados, calificación del operario, asignación de tolerancias y presentación de resultados.

La toma de tiempos se hace con un cronómetro utilizando el método continuo, donde cada elemento resulta de restar a cada lectura del cronómetro la precedente. Cuando el operario olvida hacer algún paso, este no debe considerarse para hacer el promedio de tiempo observado. Los elementos que son controlados por la máquina o el proceso tendrán poca variación de ciclo a ciclo, pero los controlados por el operario tendrán variaciones considerables.

El sistema de calificación de la actuación evalúa la eficiencia del operador en términos de un operario normal que ejecuta el mismo elemento, dicha eficiencia se escribe en porcentaje al elemento observado. Existen dos formas de calificar al operario, una es cuando son ciclos cortos de trabajo repetitivo y la otra es cuando son largos y comprenden movimientos manuales diversos.

Cuando se utiliza la calificación por elemento, luego de calcular los valores de los tiempos transcurridos, el tiempo normal elemental se calcula multiplicando el valor de cada elemento por su factor de calificación respectivo, considerando el tiempo como si lo hubiera requerido un operario normal.

Después de haber calculado los tiempos normales elementales para cada elemento, se les suma el porcentaje de margen o tolerancia a cada elemento para determinar el tiempo asignado. La tolerancia dependerá del tipo de trabajo que se realice. Los tiempos elementales asignados deben de considerar la frecuencia por ciclo, indicando el número de veces que ocurrieron y el producto resultante.

Se tomaron 30 lecturas preliminares donde se obtuvo una media aritmética de 0.42, una desviación estándar de 0.08, para así obtener el número de observaciones con la fórmula;

$$N = ((s * t) / (k * x))^2$$

Donde k = es un porcentaje aceptable de x , con un error de 5 % y un 95% de confianza

s = desviación estándar

x = media aritmética

t = distribución t de *student*, que debe usarse en muestras grandes donde $n > 30$

$$N = ((0.08 * 2.06) / (0.05 * 0.42))^2$$

N = 59 observaciones, aproximando a 60 observaciones.

En la tabla I se encuentran los tiempos cronometrados para cada elemento en cada una de las 60 observaciones.

Elementos Descripción de los elementos

- I** Arranca el cargador
- II** El molinero hace cortes de izquierda a derecha sobre hule
- III** Corta la lámina que está subiendo al rodillo
- IV** Para cargador
- V** Baja las cuchillas a cilindros corta tira y la envía a *conveyor* 1
- VI** Camina del molino quebrantador de 84" al molino intermedio
- VII** Hace cortes de izquierda a derecha sobre hule en molino intermedio
- VIII** Baja las cuchillas a los cilindros
- IX** Corta la tira y la envía al molino alimentador
- X** Termina de enviar carga al *conveyor* 2
- XI** Camina al molino alimentador
- XII** Hace cortes de izquierda a derecha e inspecciona ancho de tira en cuchillas según la especificación
- XIII** Baja la palanca para subir las cuchillas al cilindro
- XIV** Toca el timbre y envía la tira a la extrusora
- XV** Termina de mandar la carga
- XVI** Llega la tira de hule a la cabeza de la extrusora
- XVII** Se calienta la cabeza de la extrusora
- XVIII** El operario 1 y 2 colocan el dado
- XIX** Extrusión de rodamientos
- XX** Llega la punta de rodamiento a la cortadora
- XXI** Finaliza el corte de pedido
- XXII** El almacenador y transportador almacenan los rodamientos a los libros

Tabla I. Tiempos cronometrados en el proceso de extrusión de rodamientos para el 1

Proceso: extrusión de rodamientos tipo <i>ultra light truck</i>										Método: actual			Analista: Elisa V			
Núm.de observaciones	Elementos															
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
1	0.05	1.2	1.1	1.15	2.63	0.09	0.12	0.14	0.4	0.35	0.2	1.61	0.22	0.12	1.4	1.35
2	0.03	1.1	1.4	0.86	2.57	0.12	0.1	0.2	0.4	0	0.1	1.7	0.2	0.08	1.4	1.34
3	0.04	0.9	1.2	1.09	2.64	0.11	0.11	0.15	0.4	0.44	0.2	1.6	0.25	0.08	1.4	1.33
4	0.05	1.1	1.3	1.12	2.54	0.1	0.08	0.21	0.4	0.37	0.1	1.57	0.19	0.1	1.4	1.36
5	0.04	1.1	1.3	0	2.42	0.08	0.1	0.17	0.4	0.35	0.2	1.66	0.25	0.09	1.2	1.35
6	0.04	1.4	1.1	0.98	2.57	0.11	0.09	0	0.4	0.5	0.2	1.5	0.3	0.1	1.4	1.35
7	0.02	1.1	0	1.06	2.61	0.11	0.11	0.2	0.4	0	0.2	1.55	0.25	0.1	1.3	1.33
8	0.04	1.2	1.1	1.1	2.56	0.1	0.09	0.18	0.4	0.42	0.2	1.6	0.24	0.11	0	1.35
9	0.03	1.1	1.6	1.12	2.6	0.12	0.12	0.14	0.4	0.39	0.2	1.56	0.22	0.1	1.4	1.35
10	0.04	1.2	1.2	0	2.55	0.11	0.1	0.18	0.4	0.42	0.2	1.57	0.24	0.12	1.4	1.34
11	0.05	1.2	1.2	1.06	2.53	0.09	0.1	0.16	0.4	0.41	0.2	1.57	0.23	0.08	1.4	1.35
12	0.04	1.1	1.1	0	2.57	0.11	0.11	0.17	0.4	0.4	0.1	1.55	0.24	0.1	1.4	1.35
13	0.04	1.2	1.2	1.12	2.56	0.1	0.11	0	0.4	0	0.2	1.56	0.23	0.1	0	1.36
14	0.04	1.2	1.2	1.06	2.49	0.12	0.09	0.2	0.4	0.37	0.1	1.54	0.22	0.1	1.3	1.34
15	0.05	1.2	1.7	1.15	2.57	0.09	0.11	0.18	0.4	0.39	0.2	1.56	0.25	0.12	1.4	1.35
16	0.05	1.1	1.2	1.08	2.56	0.11	0.12	0.17	0.4	0.4	0.2	1.57	0.24	0.09	0	1.35
17	0.04	1.2	1.2	1.06	2.61	0.1	0.09	0	0.4	0	0.2	1.54	0.24	0.1	1.4	1.35
18	0.04	1.1	1.1	1.17	2.56	0.1	0.11	0.18	0.4	0.39	0.2	1.6	0.22	0.11	1.4	1.34
19	0.05	1.1	1.2	0	2.53	0.09	0.1	0.2	0.4	0.4	0.2	1.55	0.23	0.12	0	1.35
20	0.04	1.1	0	1.09	2.57	0.11	0.1	0.17	0.4	0	0.2	1.54	0.24	0.08	1.3	1.35
21	0.04	1.2	1.8	1.06	2.5	0.1	0.11	0.18	0.4	0.42	0.2	1.57	0.22	0.1	1.4	1.36
22	0.04	1.1	1.3	0	2.6	0.09	0.12	0.19	0.4	0.41	0.2	1.55	0.24	0.11	0	1.33
23	0.04	1.1	1.3	1.05	2.56	0.1	0.09	0.18	0.4	0	0.2	1.56	0.25	0.09	1.4	1.34
24	0.4	1.1	1.1	0	2.61	0.09	0.1	0.19	0.4	0	0.1	1.57	0.28	0.12	0	1.35
25	0.04	1.1	1.3	1.04	2.55	0.1	0.11	0.17	0.4	0.42	0.2	1.56	0.24	0.1	1.4	1.36
26	0.04	1.2	1.1	1.02	2.57	0.09	0.12	0.18	0.4	0.39	0.2	1.57	0.22	0.08	0	1.35
27	0.04	1.2	1.3	0.98	2.54	0.1	0.09	0.2	0.4	0.4	0.1	1.56	0.24	0.12	1.4	1.35
28	0.04	1.1	0	1.06	2.56	0.1	0.1	0.18	0.4	0	0.1	1.6	0.27	0.11	1.4	1.35
29	0.04	1.1	1.2	1.02	2.57	0.11	0.1	0.19	0.4	0.41	0.2	1.54	0.23	0.12	0	1.34
30	0.04	1.1	1.1	0	2.55	0.1	0.1	0.18	0.4	0	0.2	1.55	0.22	0.09	1.4	1.33
31	0.04	1.1	1.1	1.06	2.53	0.1	0.11	0	0.4	0.4	0.2	1.57	0.26	0.1	1.4	1.36
32	0.04	1.1	1.3	0.99	2.55	0.12	0.1	0.2	0.4	0	0.1	1.55	0.24	0.1	1.3	1.35
33	0.04	1.1	1.1	0	2.57	0.1	0.12	0.18	0.4	0.41	0.2	1.56	0.25	0.12	1.4	1.34
34	0.04	1.1	1.2	1.06	2.53	0.11	0.1	0.15	0.4	0.39	0.2	1.54	0.24	0.08	0	1.36
35	0.03	1.1	0	0.97	2.6	0.1	0.09	0	0.4	0	0.2	1.57	0.23	0.11	1.4	1.34
36	0.03	1.1	1.2	1.01	2.56	0.1	0.1	0.19	0.4	0	0.2	1.57	0.22	0.1	0	1.35
37	0.04	1.2	1.2	0	2.57	0.11	0.1	0.18	0.4	0.39	0.2	1.57	0.23	0.11	1.4	1.35
38	0.03	1.1	1.2	1.06	2.61	0.09	0.09	0.16	0.4	0.4	0.2	1.56	0.24	0.12	0	1.32
39	0.04	1.1	1.2	1.06	2.54	0.11	0.1	0	0.4	0.42	0.1	1.6	0.25	0.09	1.4	1.35
40	0.04	1.1	1.2	1.05	2.55	0.1	0.12	0.15	0.4	0	0.2	1.57	0.3	0.12	1.4	1.35
41	0.04	1.1	1.2	0.98	2.57	0.1	0.11	0.19	0.4	0.41	0.2	1.54	0.23	0.08	0	1.33

Tabla II. Tiempo normal y estándar en el proceso actual de extrusión de hule

Objeto calcular el tiempo estándar considerando el porcentaje de concesiones						
Proceso: extrusión de rodamientos tipo <i>ultra light truck</i>				Método: actual		
Hoja 1 de 1		Analista: Elisa Vidaurre				
Act. Núm.	Elementos	TC (min.)	% CAV	TN (min.)	% concesiones	TS (min.)
1	Arranca el cargador	0.05	100	0.05	5	0.05
2	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule	1.11	110	1.22	5	1.28
3	Corta la lámina que está subiendo al rodillo	1.04	95	0.99	5	1.04
4	Para cargador	0.84	100	0.84	5	0.88
5	Baja las cuchillas a los cilindros corta la tira y la envía a <i>conveyor</i> 1	2.56	101	2.59	5	2.72
6	Camina del molino quebrantador de 84" al molino intermedio	0.10	95	0.10	5	0.10
7	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule en el molino intermedio	0.10	110	0.11	5	0.12
8	Baja las cuchillas a los cilindros	0.16	101	0.16	5	0.17
9	Corta la tira y la envía al molino alimentador	0.40	101	0.40	5	0.42
10	Termina de enviar la carga al <i>conveyor</i> 2	0.27	95	0.26	5	0.27
11	Camina al molino alimentador	0.16	105	0.16	5	0.17
12	Hace cortes de izquierda a derecha e inspecciona el ancho de la tira en cuchillas según especificaciones	1.57	110	1.72	5	1.81
13	Baja la palanca para subir las cuchillas al cilindro	0.24	106	0.25	5	0.27
14	Toca el timbre y envía la tira a la extrusora	0.10	110	0.11	5	0.12
15	Termina de mandar la carga	1.02	110	1.12	5	1.17
16	Llega la tira de hule a la cabeza de la extrusora	1.35	116	1.56	5	1.64
17	Se calienta la cabeza de la extrusora	3.83	115	4.40	5	4.62
18	Se coloca el dado	1.12	108	1.21	5	1.27
19	Extrusión de rodamientos	22.94	115	26.38	5	27.70
20	Llega la punta del rodamiento a la cortadora	3.32	115	3.82	5	4.01
21	Finaliza el corte de pedido	8.62	115	9.91	5	10.40
22	Almacenamiento de rodamientos a los carros libros	7.92	110	8.71	5	9.15

Donde;

TC

% CAV

TN

% de concesiones

TS

Tiempo cronometrado (ver tabla I)

Porcentaje de calificación de velocidad del operario

Tiempo normal

Porcentaje de atenciones personales

Tiempo estándar permisible

Tabla III. Tiempos estandarizados para el método actual

Objeto: estandarización de tiempo		Método: actual		
Proceso: extrusión de rodamientos tipo <i>ultra light truck</i>				
Hoja 1 de 2		Analista: Elisa Vidaurre		
	Elementos	Frecuencia	TS (min.)	TS total (min.)
1	Arranca el cargador	60/60	0.05	0.05
2	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule	60/60	1.28	1.28
3	Corta la lámina que está subiendo al rodillo	52/60	1.04	0.90
4	Para cargador	48/60	0.88	0.88
5	Baja las cuchillas a los cilindros corta la tira y la envía a <i>conveyor</i> 1	60/60	2.72	2.72
6	Camina del molino quebrantador de 84" al molino intermedio	60/60	0.10	0.10
7	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule en el molino intermedio	60/60	0.12	0.12
8	Baja las cuchillas a los cilindros	54/60	0.17	0.15
9	Corta la tira y la envía al molino alimentador	60/60	0.42	0.42
10	Termina de enviar la carga al <i>conveyor</i> 2	40/60	0.27	0.18
11	Camina al molino alimentador	60/60	0.17	0.17
12	Hace cortes de izquierda a derecha e inspecciona el ancho de la tira en cuchillas según especificaciones	60/60	1.81	1.81
13	Baja la palanca para subir las cuchillas al cilindro	60/60	0.27	0.27
14	Toca el timbre y envía la tira a la extrusora	60/60	0.12	0.12
15	Termina de mandar la carga	45/60	1.17	0.88
16	Llega la tira de hule a la cabeza de la extrusora	60/60	1.64	1.64
17	Se calienta la cabeza de la extrusora	60/60	4.62	4.62
18	Se coloca el dado	60/60	1.27	1.27
19	Extrusión de rodamientos	60/60	27.70	27.70
20	Llega la punta del rodamiento a la cortadora	60/60	4.01	4.01
21	Finaliza el corte de pedido	60/60	10.40	10.40
22	Almacenamiento de rodamientos a los carros libros	60/60	9.15	9.15
	Sub total de min. de los elementos			68.85

Tiempos perdidos				
	Elementos	Frecuencia	TS (min.)	TS total (min.)
1	Se corta la tira que envía al <i>conveyor</i>	12/60	0.28	0.06
2	Agarra la carreta vacía	6/60	0.01	0.00140
3	Lleva carreta vacía al <i>bambury</i>	1/60	0.19	0.003
4	Agarra carreta llena	6/60	0.25	0.03
5	Transporta la carreta llena hacia molino quebrantador	1/60	0.31	0.01
6	Transporta la carreta de rodamientos de reproceso	10/60	0.72	0.12
7	Introduce los rodamientos de reproceso	24/60	0.25	0.1
8	Sale la punta del rodamiento, colocan cojín, hacen rollos esperando que desaparezca el jabón	2/60	7.78	0.2593
9	Corte de pedido, cambio de dado (prueba nuevo dado), liberan punta	1/60	5.580	0.093
10	Rodamiento extruido con orilla mala por dado frío	24/60	2.55	1.02
11	Reproceso por falla de cortadora	1/60	22.95	0.3825
12	Exceso de hule NG-389, por no calcular el hule en los últimos pedidos	12/60	0.88	0.176
	Total de tiempos perdidos (min.)			2.24
	Total de tiempo (min.)			71.09
	Total del proceso (hrs.)			1.18

2.7 Diagrama de proceso hombre – máquina

Este diagrama se utiliza para estudiar una operación a la vez, que es el área de los molinos. De esta forma se podrá estudiar y analizar dicha estación para así mejorarla. En la figura 21, en el lado izquierdo se anotan las operaciones y tiempos correspondientes al operario, al lado derecho se anotan las operaciones y tiempos de cada uno de los molinos, cuando existe una línea vertical continua indica una operación productiva, la línea punteada indica la máquina que está cargando o descargando y si está vacía es que es tiempo muerto, mientras que para el operario es tiempo de ocio.

2.8 Diagrama de cuadrillas

Este diagrama es similar al de proceso hombre – máquina, pero muestra la relación del ciclo de la máquina extrusora con la de un grupo de operarios trabajando en la misma.

En la figura 22, se encuentran en el lado izquierdo los tiempos de la máquina, el tiempo productivo de carga y descarga así como muerto, si hubiese. Al lado derecho se colocan los tiempos de cada operario en líneas verticales si son productivas y si hay tiempos libres se deja en blanco, lo cual indica tiempo de ocio.

2.9 Balance de línea

Se balancea una línea de producción para determinar el número de operarios ideal que manejarán una máquina. Los operarios trabajan operaciones consecutivas, por lo que la tasa de producción dependerá del operario u operación más lenta. Se utilizan los cálculos siguientes.

Figura 21. Diagrama del proceso hombre - máquina

Objeto del diagrama: calentamiento de hule de rodamientos tipo <i>ultra light truck</i>	
Empieza: arranca cargador	Método: actual
Finaliza: termina de mandar carga	Analista: Elisa Vidaurre

Descripción de los elementos	Molinero	Quebrantador	Intermedio	Alimentador
Arranca cargador	0.05	Carga	0.2	
Hace cortes de izquierda a derecha	1.28			
Corta la lamina que sube al molino	0.9			
Para cargador	0.88			
Baja las cuchillas a los cilindros corta la tira y envia a <i>conveyor</i> 1	2.72	Quebranta hule	5.63	
Descripción 1*	0.1			
Descripción 2*	0.12	Descarga	0.21	Carga 0.22
Descripción 3*	0.15		Homogeniza hule	0.69
Descripción 4*	0.42			
Descripción 5*	0.18			
Descripción 6*	0.17		Descarga	0.22 Carga
Descripción 7*	1.81			Prepara hule
Descripción 8*	0.27			
Descripción 9*	0.12			Descarga
	0.88			
Termina de mandar la carga				
Suma	10.05		6.04	1.13
Tiempo muerto	0		4.01	8.92
Total	10.05		10.1	10.1

Descripciones

1. Camina del molino quebrantador al molino intermedio
2. Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule en el molino intermedio
3. Baja cuchillas al cilindro
4. Corta la tira y la envía al molino alimentador
5. Termina de enviar la carga al *conveyor*
6. Camina al molino alimentador

Figura 22. Diagrama de cuadrillas

Objeto del diagrama: extrusión de rodamientos tipo <i>ultra Light truck</i> Método: actual Analista: Elisa Vidaurre	Pagina 1 de 5
---	---------------

Máquina	Molino	Operador 2	Operador 1	Cortador almacenador
	Carga el molino quebrantador	3.121	Llena el tanque de la cementadora	2.94
			Verifica dispositivos de seguridad de la máquina y el PH del agua del tanque de enfriamiento y la cantidad de ácido, espera el resultado de laboratorio del PH	1.67
Se calienta el hule en los molinos	10.05	Envía hule del molino quebrantador al homogenizador	2.82	
		Envía hule del molino homogenizador al alimentador	1.04	
		Envía la tira de hule del molino alimentador e indica al operario 1 oprimiendo el timbre	2.19	
			Esfera la tira de hule enviada por el molinero e inicia a girar el tornillo	4.62
			hasta lograr la temperatura especificada	
Llega la tira a la cabeza de la extrusora	1.64	0.88	Coloca el dado	1.27
	Envía la tira de hule	Descripción 1*	Descripción 1*	0.91
		Descripción 2*	Descripción 2*	0.11
		Descripción 3*	0.23	
		Descripción 3*	Coloca dado	1.27
		Descripción 4*	0.09	Descripción 3*
		Descripción 5*	0.83	Descripción 4*
			Descripción 5*	0.08
		Descripción 4*	1.21	Descripción 5*
		Descripción 5*	Descripción 6*	2.03
		Descripción 6*	0.52	Descripción 7*
		Descripción 7*	0.14	
			0.072	

		Descripción 8*	1.24		
		Descripción 9*	0.59		
		Descripción 10*	0.38		
			1.03		
		Sube al mesanine para guiar la punta del material al <i>conveyor</i> de aproximación			
Extrusión de los rodamientos	27.70				
				Verifica el peso en la bascula digital de paso y hace los ajustes necesarios	
				Descripción 1*	0.48
				2.45 Descripción 2*	1.26
				Espera la punta del rodamiento y la guía al tanque de enfriamiento	
		Descripción 8*	3.037		3.65

				Descripción 3*	2.35
				Descripción 4*	2.17
				Descripción 5*	0.24
				Descripción 6*	0.31
				Descripción 7*	0.51
			Descripción 9*	3.92	
				Descripción 8*	1.01
				Descripción 9*	1.48
				Cementa las puntas de los rodamientos	2.4
Llega la punta del rodamiento a la cortadora	4.01				

Tiempo de trabaj	53.8	10.051	10.542	20.817	15.86
Tiempo muerto	0.68	44.43	43.94	33.66	38.62

Descripciones del operador 2
1. Baja la quijada con las manivelas para ajustar el dado
2. Coloca las cuchillas al rodamiento para hacer chaflán
3. Calienta el hule en molino de cojín
4. Ajusta el ancho de la tira del cojin en el molino respectivo, aplica el cojin al rodamiento. Baja el rodillo de arandelas para presionar el cojin
5. Hace rollos del compuesto que esta extruyendo y espera la liberación del material
6. Abre las llaves de paso interno y externo para cementar el rodamiento
7. Coloca las esponjas para quitar los excesos de cemento
8. Espera que se llene de cemento la bandeja que alimenta el rodillo
9. Pasa la punta del rodamiento hasta el balancín del <i>conveyor</i> secador
10. Gradúa las esponjas para cementar el rodamiento
Descripciones del cortador almacenador
1. Abre la llave de paso del agua de los <i>spray</i> del <i>conveyor</i> 3 y 4
2. Revisa el funcionamiento de los <i>spray</i> de enfriamiento
3. Verifica el funcionamiento de la cortadora
4. Verifica el funcionamiento de los dispositivos de seguridad de la cortadora
5. Oprime el botón de aire para quitar el agua al material
6. Anota en la pantalla de la cortadora el largo de pantalla para lograr el largo del almacenamiento
7. Registra los datos en la hoja de especificación
8. Verifica el ancho, el largo, el centrado del cojin, la condición, el peso y registra los datos en la hoja de especificación
9. Llena las tarjetas de identificación para que sean colocadas en los carros libros de almacenaje
Descripciones del Operador 1
1. Gradúa la velocidad del tornillo según especificación
2. Para el tornillo y corta el hule de la salida de la cabeza
3. Baja la quijada con las manivelas para ajustar el dado
4. Oprime el botón y pide la tira al molinero
5. Con la tira de hule arranca el tornillo y recetea la tarjeta de corrida del material que esta extruyendo
6. Toma la punta del rodamiento de la extrusora y lo coloca en <i>conveyor</i> 1 y baja el rodillo de la marcadora
7. Calibra y verifica las dimensiones del rodamiento para liberarlo y registra los datos en la hoja de verificación
8. Sube la punta del rodamiento del tanque enfriamiento 2 y 3
9. Corta una sección para hacer pantografía, retiene o libera extrusión según los resultados
Descripciones del almacenador transportador
1. Coloca el carro libro vacío para almacenar los rodamientos
2. Coloca la carreta para colocar el material de reproceso
3. Verifica el largo del rodamiento, si hay desviación avisa al cortador almacenador para hacer modificación
4. Coloca la tarjeta de identificación en cada carro libro lleno
5. Transporta los carros llenos al área del parqueo
6. Transporta el reproceso al área de molinos

Se requiere calcular la eficiencia, la cual se obtiene dividiendo la sumatoria de los minutos estándares para ejecutar un trabajo entre la sumatoria de minutos estándares permitidos, multiplicada por 100.

$$\text{Eficiencia} = (\Sigma \text{M.E} / \Sigma \text{M.E.A}) * 100$$

Luego se requiere la cantidad de minutos estándares permitidos para producir una unidad de producto o carga, que será igual a la suma de minutos estándares requeridos multiplicada por el recíproco de la eficiencia;

$$\Sigma \text{M.E.A.} = \Sigma \text{M.E} * 1/E$$

Entonces el número de operarios que se necesita es igual a la tasa de producción requerida multiplicada por el total de minutos permitidos:

$$N = R * \Sigma \text{M.E.A.},$$

Donde, R = es la tasa de producción deseada / tiempo disponible

N = Número de operarios que se necesitan en la línea

En la tabla IV, se indican los tiempos estándares para cada una de las actividades por operario luego el tiempo que cada una de las actividades tiene en espera según la más lenta y los minutos estándares permitidos, basados en el cuello de botella u operación más lenta; con estos datos se obtiene la eficiencia, que permite calcular el número de operarios.

Tabla IV. Ritmo de trabajo basado en la operación más lenta

Operario	Núm. de min. estándares para ejecutar la operación	Tiempo de espera basado en la operación más lenta	Núm. de min. estándares permitidos
Molinero	10.05	10.75	20.8
Ayudante	10.54	10.26	20.8
Operario	20.8	0	20.8
Cortador – almacenador	15.86	4.94	20.8
Almacenador - transportador	11.24	9.56	20.8
Suma	68.49		104

Eficiencia = 65.85576923

M.E.A = 1.04

N = 6.408421053

Según los cálculos realizados se tiene una eficiencia de 65.86 %, sin embargo, para conocer el número de operarios se desea trabajar con una eficiencia de 95 % y una taza de producción de 40 cargas por día, el resultado de la fórmula indica que se requiere trabajar con 6.5 operarios, distribuidos tal como aparece en la tabla V.

Tabla V. Número de operarios asignados

Operario	Núm. de min. estándares para ejecutar la operación	Minutos estándares minutos / unidad	Número de operarios asignados	Operación más lenta
Molinero	10.05	0.89	1	10.05
Ayudante	10.54	0.94	1	10.54
Operario	20.8	1.85	2	10.4
Cortador - almacenador	15.86	1.41	2	7.93
Almacenador - transportador	11.24	1.00	1	11.24

Se trabaja con un molinero, un ayudante, dos operarios, dos cortadores – almacenadores y un almacenador – transportador, sumando así siete obreros.

El almacenador – transportador indica la operación más lenta con 11.24 min. por lo que la nueva taza de producción será;

$(2 \text{ operario} * 60 \text{ min.}) / 11.24 = 10.68$ cargas por hora = 80.1 por turno de 7.5 horas.

2.10 Descripción de las herramientas y equipo usado en el proceso actual de fabricación de rodamientos.

Se clasificarán dentro del equipo los aparatos utilizados dentro del proceso así como un tipo de vehículos que transportan materiales, tales como.

- Carro libro: se utiliza para almacenar los rodamientos extruidos para ser llevados al área de construcción del neumático, están compuestos por 16 láminas, en donde cada lámina transporta cierto número de material según las dimensiones de éste.
- Carretas: son utilizadas para el transporte de materiales extruidos que han sido rechazados de la máquina cortadora para ser utilizados en los molinos.
- Pantógrafo: aparato para verificar el contorno de los materiales extruidos.
- Indicadores de velocidades: indican la velocidad del tornillo.

Los siguientes puntos se clasifican dentro del equipo requerido en el proceso de extrusión de rodamientos.

- Perilla de vapor: calienta los dados antes de iniciar la extrusión de los materiales.
- Polipasto: sirve para levantar y bajar las cabezas de la extrusora.
- Báscula eléctrica: sirve para pesar las tiras de hule y rodamientos.
- Barras para quitar hule de cabezas: quita el resto de hule interno de la cabeza cuando se deja de utilizar.
- Rodillos de arandelas: presiona el material para que pegue el cojín.
- Pinturas: sus colores identifican el tipo de material producido.

Dentro de las herramientas se clasifican los instrumentos que auxilian al personal para trabajar dentro del proceso.

- Machetes: se utilizan en el área de la cortadora para tomar muestras de materiales extruidos.
- Cuchillas: les sirven a los operarios de los molinos para hacer cortes transversales a la lámina de hule, así como para cortar el cojín.
- Cinta métrica: son utilizadas para medir anchos y largos de los materiales extruidos.
- Transportador de ángulos: se utiliza para verificar el ángulo de corte de la cuchilla en los rodamientos.
- Galgas (calibradores) pasa o no pasa: sirven para verificar el calibre de hule en los molinos.
- Espátula de madera: guía el hule en la tolva.
- Espátula con punta de machete afilada: corta el hule a nivel de la cabeza para colocar los dados.
- Indicador de carátula, calibrador Randall: es utilizado para verificar el calibre del cojín.
- Metrómetro: se utiliza para medir la cantidad de metros por pedido de los componentes extruidos.
- Sistema de control automático de PH: controla el PH del agua de la línea de enfriamiento.
- Sistema de control de temperatura: controla la temperatura.
- Termómetros: sirven para leer las temperaturas.
- Manómetros: leen las presiones.

2.11 Análisis del reproceso de rodamientos extruidos

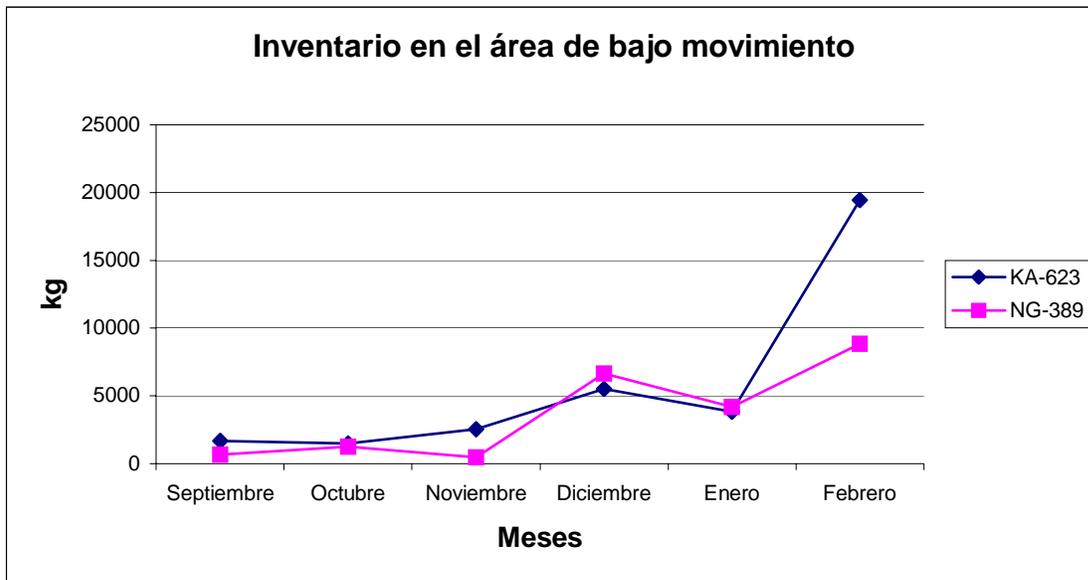
El área de bajo movimiento o reproceso es a donde llegan los materiales o compuestos que han sido suspendidos o extraídos por no cumplir con las especificaciones de calidad o bien porque han perdido su vida útil sin ser procesados, se han sacado del proceso y deben de ser almacenados hasta que vuelvan a ser procesados. El material que llega a esta área debe ser posicionado en un límite de tiempo para no perder la vida útil de los mismos al encontrarse a la intemperie.

- Reproceso en frío: son los materiales de la cortadora que después de seis horas de haber sido extruidos no han vuelto a ser procesados en los molinos de la extrusora. Los rodamientos se apilan en tarimas de metal o carro libro, para ser transportados al área de bajo movimiento o reproceso general de la planta.
- Rodamientos rechazados en la cortadora: son rodamientos que son rechazados por no cumplir con las especificaciones de calidad. El molinero calcula el hule que se utiliza en un pedido, basándose en su experiencia; teniendo el inconveniente de que el pedido puede no cumplirse o bien se produce más de lo estipulado.
- Rodamientos fuera de vida verde: Estos son rodamientos que luego de 14 días pierden su vida útil por afloramiento de pigmentos. Los rodamientos se almacenan en el carro libro hasta que el área de construcción los requiera.
- Rodamientos rechazados por construcción: Los rodamientos se rechazan por no cumplir con las dimensiones especificadas tales como el ancho, largo y peso. En la tabla VI se presentan las estadísticas de los compuestos en estudio, con las referencias de los meses estudiados, durante el año 2002 y 2003.

Tabla VI. Inventario del reproceso con el método actual

MESES	COMPUESTOS	
	KA-623	NG-389
Septiembre	1701	669
Octubre	1481	1252
Noviembre	2552	487
Diciembre	5503.5	6655.5
Enero	3820	4200
Febrero	19451	8844

Figura 23. Inventario del reproceso con el método actual



En la figura 23 se observa el comportamiento de los compuestos en estudio en seis meses. Se puede observar un incremento hacia el mes de febrero, y se supone que el personal no cumple con el procedimiento estipulado.

3 MÉTODO PROPUESTO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LA MÁQUINA EXTRUSORA

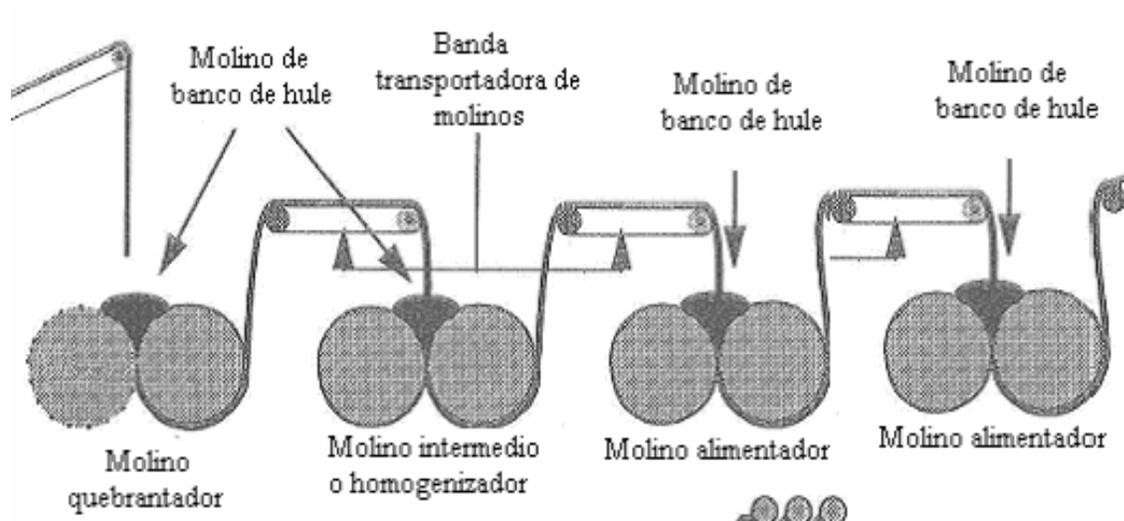
3.1 Descripción de los elementos del proceso

La mejora del método se plantea desde la alimentación del material a la extrusora, continuando con el mismo trabajo en caliente, donde se usan diferentes molinos, obsérvese la figura 24. Además del molino quebrantador de 84” se ha instalado el quebrantador 60”, que sigue la línea del molino intermedio que es liso; de esta manera se reducirá el tiempo de calentamiento del hule pues ayuda a quebrantarlo rápidamente y a plastificarlo pues viene en frío, se calienta a través de temperatura. La capacidad del molino quebrantador de 60” es de 150 kg.

El molinero carga el molino quebrantador de 84”, luego que el hule ha sido quebrantado está listo para dirigirse al molino homogenizador, donde cumplirá con dicha función, carga el molino quebrantador de 60”, para quebrantar el material, el tiempo entre ambos molinos se reduce, ambas cargas salen del homogenizador o intermedio para dirigirse al molino alimentador, de donde se determina el ancho de tira deseado que va hacia la cabeza para ser extruido.

El primer molino es el quebrantador de 84”, seguidamente está el molino intermedio, luego está el molino quebrantador de 60” y por último el molino alimentador.

Figura 24. Molinos de la extrusora del método propuesto



Arriba de los cilindros se ilustra la banda transportadora que lleva el material de un molino a otro. Entre las bandas transportadoras se puede observar que se encuentran unas poleas que ilustran los cilindros que permiten preparar el hule rápidamente.

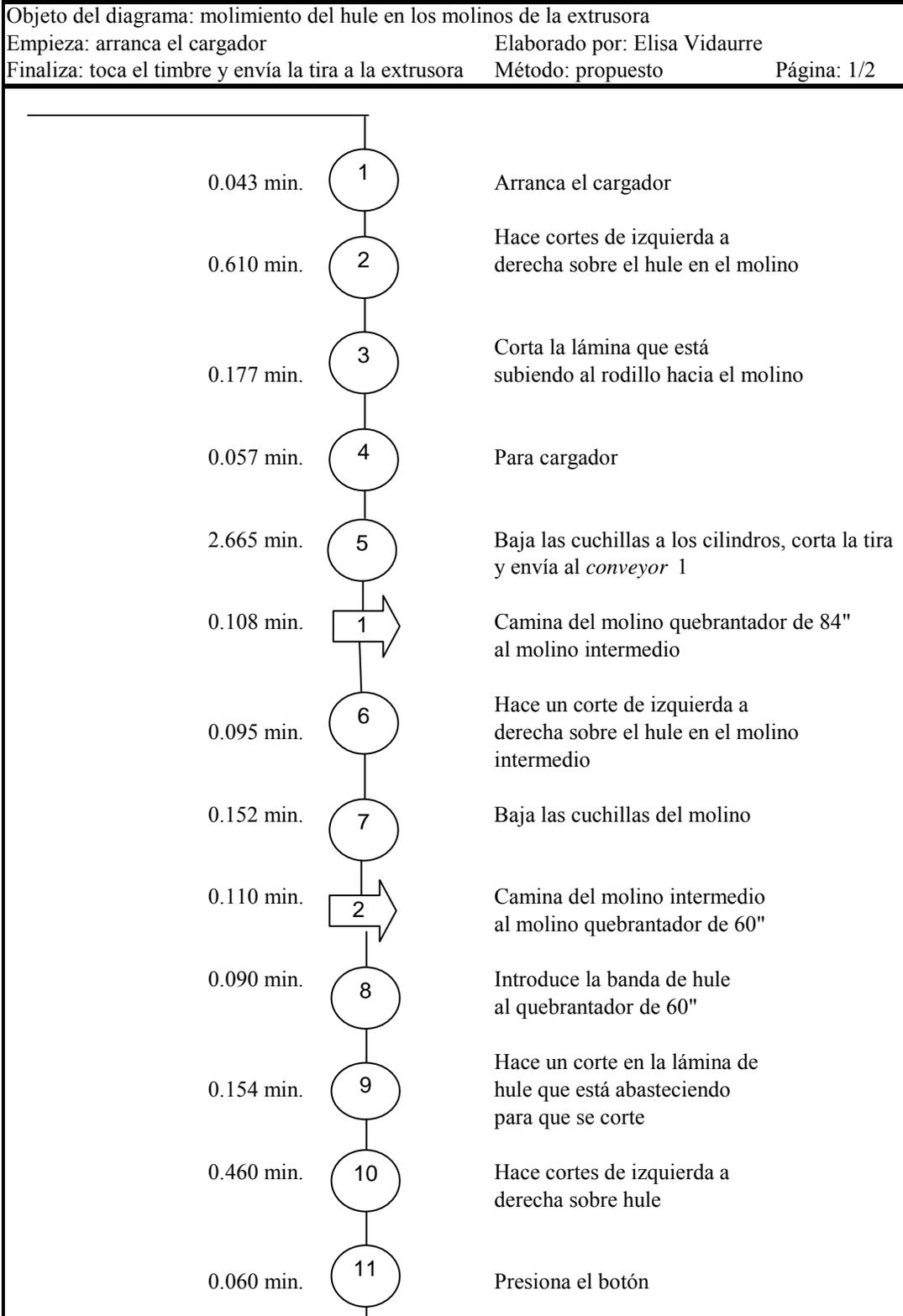
3.2 Diagrama de flujo del proceso

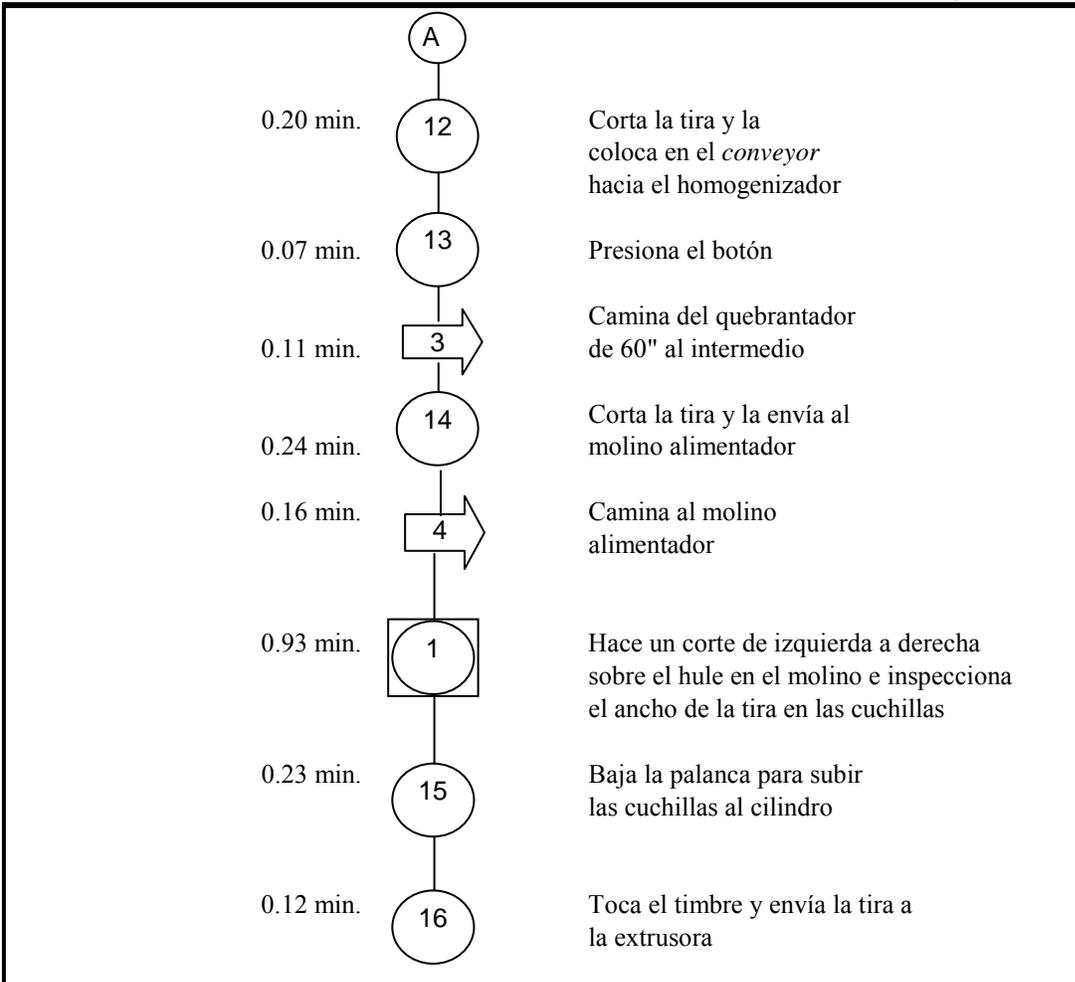
La figura 25, muestra el diagrama de flujo del proceso estudiado a través del operario en los molinos de la extrusora, utilizando el molino quebrantador de 60", además de los otros molinos. La figura 26 es un diagrama de flujo del proceso según el producto analizado para el método propuesto.

3.3 Diagrama de recorrido

La figura 27 ilustra el proceso utilizando el molino quebrantador de 60", en donde se puede observar la posición que ocupa dentro del proceso.

Figura 25. Diagrama de flujo de proceso operativo del método propuesto





Resumen

Figura	Descripción	Cantidad	Tiempo minutos
	Operación	16	5.423
	Inspección	0	0
	Transporte	4	0.488
	Demora	0	0

Figura 26. Diagrama de flujo del proceso producto del método propuesto

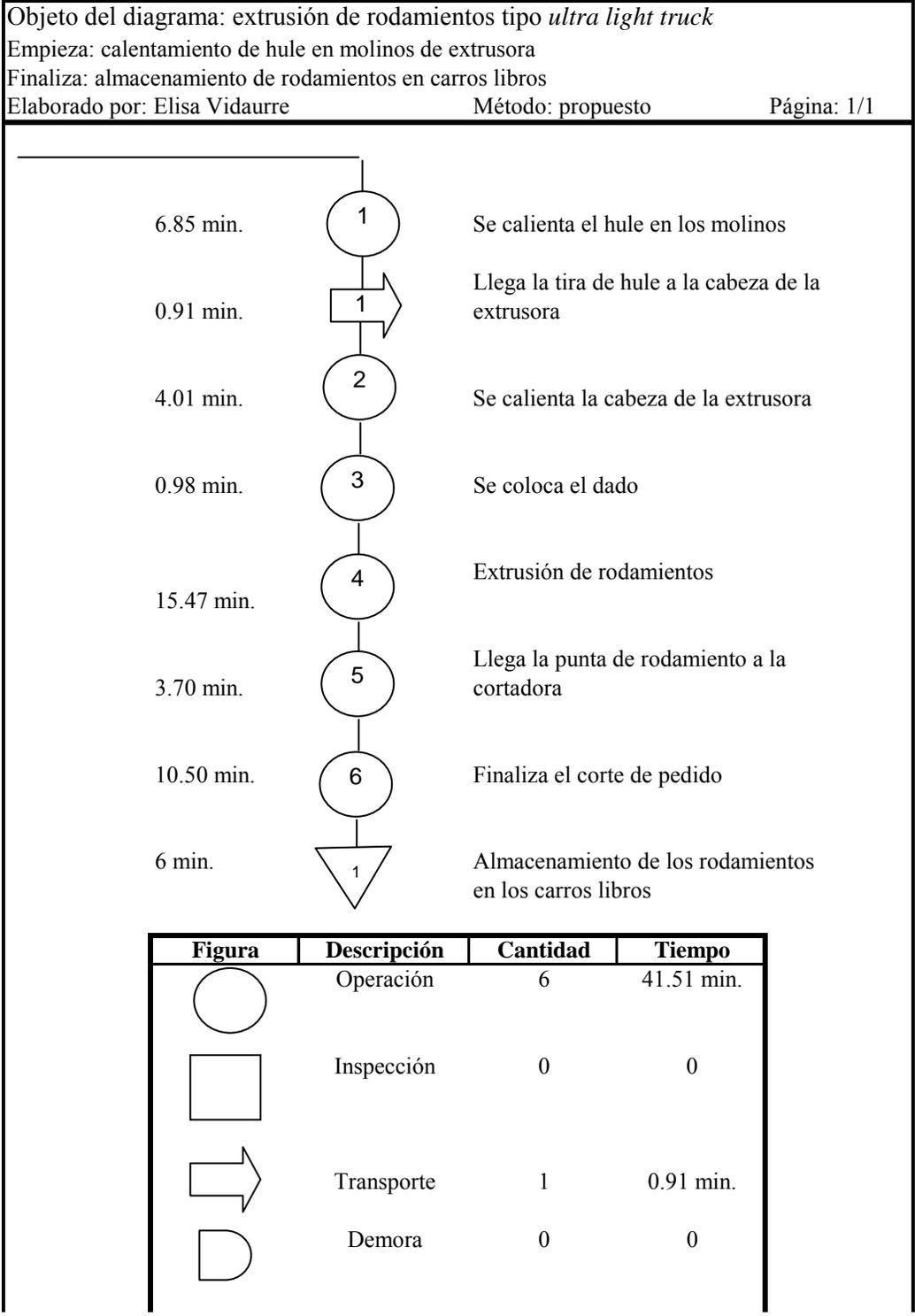
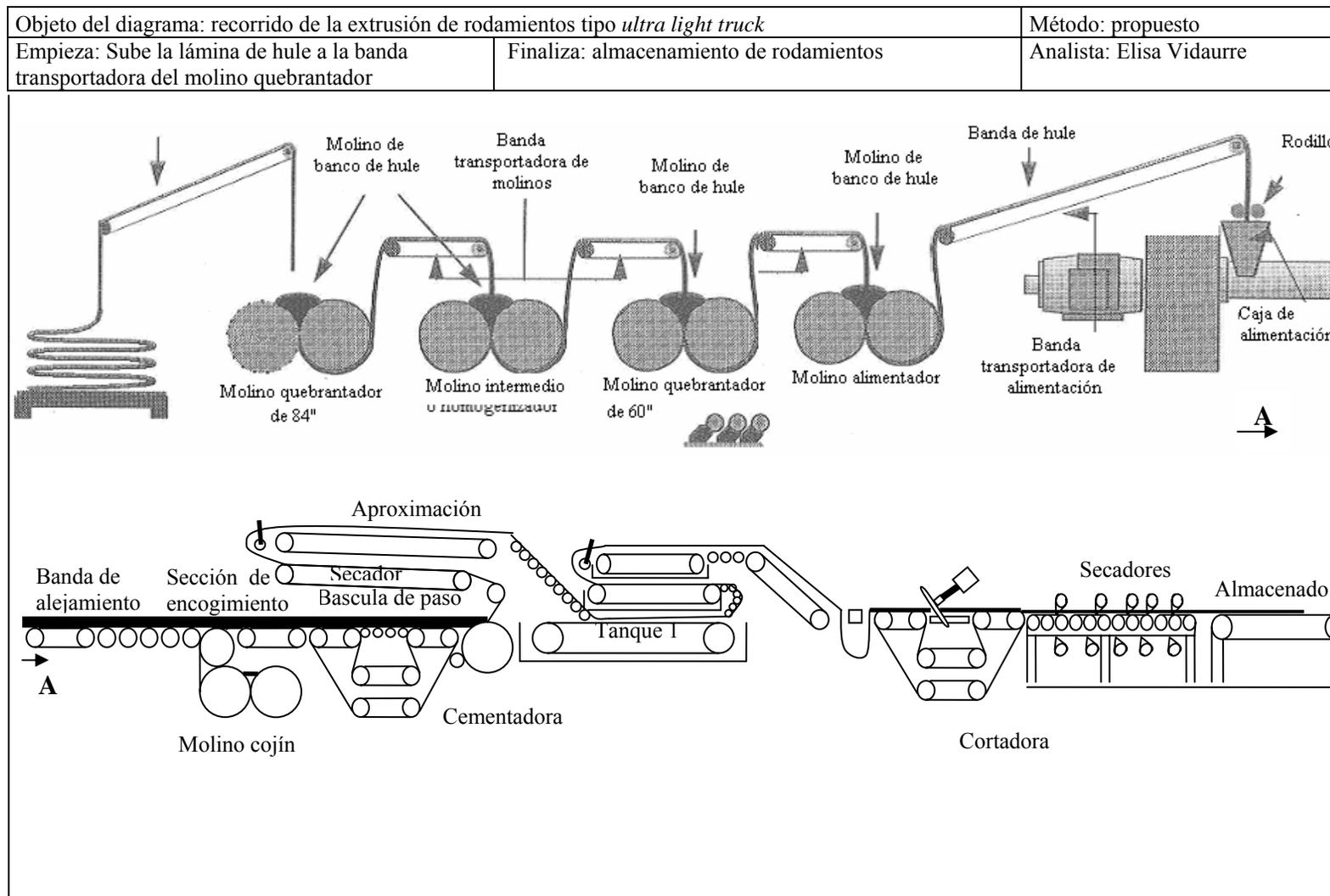


Figura 27. Diagrama de recorrido del método propuesto



3.4 Estudio de tiempos por elementos en el nuevo método

Para tener una representación de la realidad del proceso se hicieron 60 tomas de tiempos al proceso utilizando el molino quebrantador de 60". En la tabla VII, se muestran cada una de las tomas realizadas para cada elemento estudiado.

3.5 Estandarización del método por elementos

Previo a determinar el tiempo estándar se debe obtener el tiempo normal, que es el tiempo en el que un operario normal debería de realizar una operación en óptimas condiciones, para ello se requiere calificar al operario en cada una de las operaciones realizadas y otorgarle un porcentaje de concesiones que incluyen fatiga, atenciones personales tales como beber agua, ir al baño entre otras. De esta manera se obtiene el tiempo estándar, tal como se muestra en la tabla VIII.

El tiempo estándar total incluye la frecuencia con la que incurren los elementos durante el estudio, además, se deben de considerar los tiempos perdidos para así determinar un tiempo estándar total para el proceso, que se muestra en la tabla IX.

Obsérvese que el método en mención propone realizar el proceso en 43.24 min. un tiempo menor al realizado con el método anterior, además de corregir algunas demoras en su transcurso.

Tabla VII. Tiempos cronometrados en el proceso de extrusión de rodamientos con el 1

Proceso: extrusión de rodamientos tipo *ultra light truck*

Analista: Elisa Vidaurre

Núm.de observaciones	Elementos												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
1	0.041	0.5	0.27	0.07	2.51	0.07	0.09	0.15	0.11	0.1	0.17	0.41	0.05
2	0.04	0.48	0.29	0.11	2.53	0.087	0.08	0.12	0.12	0.16	0.26	0.4	0.056
3	0.039	0.53	0	0.05	2.56	0.08	0.07	0.16	0.09	0.088	0	0.42	0.052
4	0.04	0.56	0.18	0.12	2.6	0.09	0.1	0.22	0.08	0	0.17	0.36	0.057
5	0.02	0.54	0.16	0.06	2.48	0.10	0.07	0.17	0.10	0.1	0.31	0.4	0.05
6	0.04	0.51	0.15	0	2.53	0.109	0.08	0.00	0.07	0.09	0.18	0.41	0.052
7	0.03	0.55	0.23	0.091	2.49	0.11	0.11	0.18	0.09	0.14	0.169	0.41	0.05
8	0.03	0.49	0.21	0.04	2.5	0.09	0.09	0.15	0.12	0.09	0.172	0.4	0.052
9	0.04	0.5	0.18	0.03	2.54	0.09	0.08	0.13	0.14	0.11	0.29	0.4	0.052
10	0.02	0.53	0.19	0.14	2.49	0.1	0.12	0.16	0.16	0.11	0.172	0.4	0.054
11	0.04	0.52	0.13	0.09	2.48	0.11	0.09	0.13	0.102	0.15	0.17	0.4	0.05
12	0.04	0.56	0.14	0.07	2.5	0.098	0.07	0.11	0.09	0	0	0.42	0.052
13	0.03	0.54	0.00	0.10	2.57	0.12	0.15	0.18	0.10	0.18	0.28	0.41	0.06
14	0.04	0.57	0.16	0.00	2.56	0.17	0.08	0.16	0.08	0.1	0.18	0.41	0.05
15	0.04	0.51	0.17	0.05	2.52	0.10	0.09	0.22	0.09	0.1	0.17	0.4	0.052
16	0.04	0.49	0.17	0.13	2.53	0.08	0.08	0.12	0.1	0.09	0.17	0.41	0.052
17	0.04	0.48	0.28	0.12	2.53	0.12	0.06	0	0.11	0.1	0	0.426	0.052
18	0.04	0.53	0.18	0.089	2.48	0.07	0.07	0.10	0.12	0.09	0.172	0.4	0.05
19	0.05	0.47	0.23	0	2.37	0.10	0.08	0.16	0.10	0	0.169	0.41	0.052
20	0.04	0.56	0.21	0	2.61	0.13	0.05	0.14	0.10	0.1	0.24	0.42	0.052
21	0.04	0.54	0.16	0.06	2.49	0.15	0.09	0.27	0.09	0.11	0.172	0.4	0.052
22	0.04	0.5	0	0.05	2.51	0.12	0.04	0.15	0.08	0.12	0.26	0.41	0.05
23	0.06	0.51	0.18	0.08	2.53	0.10	0.03	0.26	0.07	0.1	0.169	0.4	0.05
24	0.05	0.48	0.17	0.06	2.39	0.07	0.09	0.14	0.09	0.1	0.17	0.48	0.052
25	0.05	0.57	0.17	0	2.50	0.09	0.07	0.25	0.10	0.19	0.169	0.4	0.052
26	0.04	0.55	0.29	0.096	2.60	0.13	0.08	0.27	0.11	0.14	0	0.41	0.05
27	0.04	0.53	0.18	0.089	2.57	0.16	0.07	0.19	0.12	0	0.17	0.4	0.052
28	0.03	0.54	0.19	0.014	2.50	0.10	0.08	0.00	0.13	0.11	0.28	0.4	0.05
29	0.04	0.56	0	0.06	2.43	0.07	0.06	0.00	0.10	0.1	0.17	0.4	0.052
30	0.04	0.57	0.26	0	2.53	0.06	0.04	0.13	0.09	0.1	0.169	0.4	0.05
31	0.04	0.48	0.18	0.05	2.50	0.08	0.08	0.19	0.10	0.09	0.18	0.4	0.052
32	0.04	0.54	0.19	0	2.48	0.11	0.06	0.14	0.11	0	0.169	0.42	0.052
33	0.04	0.54	0.17	0.09	2.47	0.10	0.07	0.16	0.10	0.19	0.00	0.42	0.05
34	0.05	0.49	0.28	0.06	2.50	0.08	0.10	0.16	0.10	0.13	0.27	0.4	0.052
35	0.04	0.5	0.14	0.07	2.49	0.10	0.08	0.15	0.11	0.1	0.169	0.41	0.052
36	0.04	0.49	0.38	0	2.47	0.06	0.07	0.00	0.10	0.09	0.172	0.4	0.052
37	0.05	0.51	0.29	0.013	2.53	0.19	0.12	0.23	0.09	0.11	0.17	0.41	0.052
38	0.04	0.48	0.00	0.06	2.50	0.07	0.11	0.20	0.10	0.11	0.18	0.4	0.052
39	0.04	0.54	0.156	0.04	2.56	0.17	0.09	0.19	0.11	0.21	0.22	0.4	0.05

No.de observaciones	Elementos									
	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI	XXVII	XXVIII
1	0.81	0.218	0.09	0.79	3.79	0.90	13.57	3.12	8.60	5.60
2	0.807	0.231	0.1	0.81	3.83	0.92	13.38	3.1	8.32	5.4
3	0.802	0.24	0.13	0.77	3.86	0.97	13.28	2.79	8.6	5.03
4	0.81	0.21	0.15	0.83	3.87	0.931	13.20	2.76	8.79	7.03
5	0.80	0.218	0.10	0.84	3.77	0.94	13.51	3.07	8.75	4.89
6	0.81	0.19	0.14	0.81	3.79	0.95	13.28	2.89	8.53	4.79
7	0.81	0.203	0.16	0.83	3.86	0.931	13.53	3.03	8.62	5.46
8	0.81	0.21	0.12	0.86	3.79	0.95	13.42	3.05	8.64	5.38
9	0.79	0.21	0.07	0.79	3.81	0.91	13.28	3.1	8.46	4.58
10	0.79	0.203	0.10	0.83	3.77	0.94	13.53	2.54	8.79	5.90
11	0.78	0.19	0.13	0.76	3.82	0.931	13.38	2.98	8.88	5.63
12	0.81	0.21	0.10	0.77	3.83	0.90	13.60	3.09	8.6	4.57
13	0.83	0.218	0.09	0.81	3.86	0.92	13.42	3.07	8.70	4.75
14	0.802	0.203	0.11	0.79	3.79	0.95	12.98	3.12	8.62	5.66
15	0.79	0.19	0.14	0.83	3.81	0.94	13.38	3.1	8.32	7.03
16	0.81	0.203	0.08	0.73	3.82	0.931	13.29	2.57	8.64	6.36
17	0.8	0.218	0.11	0.76	3.86	0.92	13.45	2.68	8.60	5.21
18	0.80	0.203	0.13	0.77	3.79	0.97	13.42	2.89	8.63	7.23
19	0.86	0.19	0.14	0.83	3.86	0.931	13.28	3.07	8.62	5.87
20	0.81	0.203	0.10	0.81	3.82	0.91	13.46	2.57	8.79	4.36
21	0.76	0.203	0.11	0.73	3.81	0.92	13	3.03	8.62	6.28
22	0.77	0.19	0.09	0.76	3.86	0.90	13.22	3.1	8.60	5.66
23	0.80	0.203	0.12	0.79	3.79	0.94	13.45	3.12	8.75	7.35
24	0.81	0.203	0.10	0.83	3.78	0.931	13.20	3.61	8.53	5.32
25	0.81	0.218	0.11	0.77	3.82	0.90	12.94	2.98	8.57	7.02
26	0.85	0.24	0.12	0.81	3.84	0.94	13.42	3.07	8.62	7.26
27	0.81	0.203	0.08	0.76	3.81	0.92	13.28	2.79	8.88	5.78
28	0.76	0.203	0.09	0.79	3.81	0.931	13.38	3.1	8.6	6.24
29	0.81	0.19	0.11	0.77	3.83	0.95	15.07	2.57	8.64	5.8
30	0.84	0.21	0.12	0.83	3.77	0.90	13.6	3.12	8.32	5.62
31	0.79	0.24	0.10	0.81	3.81	0.94	13.42	3.07	8.70	6.37
32	0.79	0.203	0.11	0.79	3.82	0.931	13.45	3.01	8.79	5.98
33	0.81	0.19	0.12	0.76	3.86	0.92	13.28	2.98	8.62	5.66
34	0.76	0.203	0.12	0.81	3.79	0.95	12.09	3.03	8.62	6.07
35	0.802	0.203	0.10	0.77	3.83	0.90	13.38	3.12	8.60	5.23
36	0.81	0.203	0.12	0.79	3.81	0.94	13.42	3.1	8.53	6.23
37	0.80	0.21	0.09	0.76	3.82	0.931	12.43	3.08	8.46	4.39
38	0.79	0.19	0.08	0.81	3.77	0.90	13.48	2.79	8.6	6.32
39	0.83	0.24	0.10	0.77	3.83	0.92	13.38	3.07	8.32	5.25
40	0.76	0.218	0.09	0.79	3.81	0.94	13.39	3.21	8.59	4.68
41	0.80	0.21	0.12	0.76	3.83	0.95	13.28	2.98	8.64	5.34
42	0.81	0.19	0.09	0.77	3.86	0.90	13.41	3.12	8.60	5.24
43	0.81	0.24	0.09	0.76	3.77	0.931	13.42	2.57	8.75	4.36

Tabla VIII. Tiempo normal y estándar en el proceso de extrusión de rodamientos

Objeto: calcular el tiempo estándar considerando el porcentaje de concesiones Método: propuesto
 Proceso: extrusión de rodamientos tipo *ultra light truck* Analista: Elisa Vidau Hoja: 1/1

Act. Núm.	Elementos	TC (min.)	% CAV	TN (min.)	% concesiones	TS (min.)
1	Arranca el cargador	0.0409	101	0.041	5	0.04
2	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule	0.5285	110	0.581	5	0.61
3	Corta la lámina que está subiendo al rodillo	0.1834	106	0.194	5	0.20
4	Para el cargador	0.0613	110	0.067	5	0.07
5	Baja las cuchillas a cilindros corta la tira y la envía al <i>conveyor</i> 1	2.5125	101	2.538	5	2.66
6	Camina del molino quebrantador de 84" al molino intermedio	0.1025	100	0.103	5	0.11
7	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule en el molino intermedio	0.0823	110	0.090	5	0.09
8	Baja las cuchillas a los cilindros	0.1590	101	0.161	5	0.17
9	Camina del molino intermedio al molino quebrantador 60"	0.1026	100	0.103	5	0.11
10	Introduce la banda de hule al quebrantador de 60"	0.1008	100	0.101	5	0.11
11	Hace un corte en lámina de hule que está abasteciendo para que se corte	0.1709	101	0.173	5	0.18
12	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule	0.3981	110	0.438	5	0.46
13	Presiona el botón	0.0516	110	0.057	5	0.06
14	Corta la tira y la coloca en el <i>conveyor</i> hacia el molino homogenizador	0.2038	95	0.194	5	0.20
15	Presiona el botón	0.0600	110	0.066	5	0.07
16	Camina del quebrantador de 60" al intermedio	0.1005	100	0.101	5	0.11
17	Corta la tira y la envía al molino alimentador	0.2306	101	0.233	5	0.24
18	Camina al molino alimentador	0.1569	100	0.157	5	0.16
19	Hace cortes de izquierda a derecha e inspecciona el ancho de la tira en las cuchillas según especificación	0.8049	110	0.885	5	0.93
20	Baja la palanca para subir las cuchillas al cilindro	0.2087	106	0.221	5	0.23
21	Toca el timbre y envía la tira a la extrusora	0.1079	110	0.119	5	0.12
22	Llega la tira de hule a la cabeza de la extrusora	0.7912	110	0.870	5	0.91
23	Se calienta la cabeza	3.8152	100	3.815	5	4.01
24	Cambio de dado	0.9329	100	0.933	5	0.98
25	Tiempo de extrusión	13.3910	110	14.730	5	15.47
26	Llega la punta de rodamiento a la cortadora	3.0405	116	3.527	5	3.70
27	Finaliza el corte de rodamientos	8.6225	116	10.002	5	10.50
28	Almacenamiento de los rodamientos en los carros libros	5.6570	101	5.714	5	6.00

Donde

Tabla IX. Tiempos estandarizados para el método propuesto

Objeto: estandarización de tiempo		Método: propuesto		
Proceso: extrusión de rodamientos tipo <i>ultra light truck</i>				
Hoja 1 de 1		Analista: Elisa Vidaurre		
Act. Núm.	Elementos	Frecuencia	TS (min.)	TS total (min.)
1	Arranca el cargador	60/60	0.04	0.04
2	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule	60/60	0.61	0.61
3	Corta la lámina que está subiendo al rodillo	52/60	0.20	0.18
4	Para el cargador	48/60	0.07	0.06
5	Baja las cuchillas a cilindros corta la tira y la envía al <i>conveyor</i> 1	60/60	2.66	2.66
6	Camina del molino quebrantador de 84" al molino intermedio	60/60	0.11	0.11
7	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule en el molino intermedio	60/60	0.09	0.09
8	Baja las cuchillas a los cilindros	54/60	0.17	0.15
9	Camina del molino intermedio al molino quebrantador 60"	60/60	0.11	0.11
10	Introduce la banda de hule al quebrantador de 60"	51/60	0.11	0.09
11	Hace un corte en lámina de hule que está abasteciendo para que se corte	51/60	0.18	0.15
12	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule	60/60	0.46	0.46
13	Presiona el botón	60/60	0.06	0.06
14	Corta la tira y la coloca en el <i>conveyor</i> hacia el molino homogenizador	60/60	0.20	0.20
15	Presiona el botón	60/60	0.07	0.07
16	Camina del quebrantador de 60" al intermedio	60/60	0.11	0.11
17	Corta la tira y la envía al molino alimentador	60/60	0.24	0.24
18	Camina al molino alimentador	60/60	0.16	0.16
19	Hace cortes de izquierda a derecha e inspecciona el ancho de la tira en las cuchillas según especificación	60/60	0.93	0.93
20	Baja la palanca para subir las cuchillas al cilindro	60/60	0.23	0.23
21	Toca el timbre y envía la tira a la extrusora	60/60	0.12	0.12
22	Llega la tira de hule a la cabeza de la extrusora	60/60	0.91	0.91
23	Se calienta la cabeza	60/60	4.01	4.01
24	Cambio de dado	60/60	0.98	0.98
25	Tiempo de extrusión	60/60	15.47	15.47
26	Llega la punta de rodamiento a la cortadora	60/60	3.70	3.70
27	Finaliza el corte de rodamientos	60/60	10.50	10.50
28	Almacenamiento de los rodamientos en los carros libros	60/60	6.00	6.00
Sub total de min. de elementos				48.43
Tiempos perdidos				
1	Introduce rodamientos de reproceso	45/60	0.25	0.19
2	Introduce rodamientos de reproceso	45/60	0.25	0.19
3	Se corta la tira que está enviando al <i>conveyor</i>	26/60	0.24	0.10
4	Demora del operario por titubear mientras cargaba el molino quebrantador de 60"	4/60	0.16	0.01
Total de tiempos perdidos (min.)				0.49
Total de tiempo (min.)				48.91

Descripción de los elementos	
I	Arranca cargador
II	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule
III	Corta la lámina que está subiendo al rodillo
IV	Para cargador
V	Baja las cuchillas a los cilindros corta la tira y la envía a <i>conveyor</i> 1
VI	Camina del molino quebrantador de 84"al molino intermedio
VII	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule en el molino intermedio
VIII	Baja las cuchillas a los cilindros
IX	Camina del molino intermedio al molino quebrantador 60"
X	Introduce la banda de hule al quebrantador de 60"
XI	Hace un corte en la lámina de hule que está abasteciendo para que se corte
XII	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule
XIII	Presiona el botón
XIV	Corta la tira y la coloca en el <i>conveyor</i> hacia el molino homogenizador
XV	Presiona el botón
XVI	Camina del quebrantador de 60" al intermedio
XVII	Corta la tira y la envía al molino alimentador
XVIII	Camina al molino alimentador
XIX	Hace cortes de izquierda a derecha e inspecciona el ancho de la tira en las cuchillas según especificación
XX	Baja la palanca para subir las cuchillas al cilindro
XXI	Toca el timbre y envía la tira a la extrusora
XXII	Llega la tira de hule a la cabeza de la extrusora
XXIII	Se calienta la cabeza
XXIV	Cambio de dado
XXV	Tiempo de extrusión
XXVI	Llega la punta del rodamiento a la cortadora
XXVII	Finaliza el corte de rodamientos
XXVIII	Almacenamiento de los rodamientos en carros libros

3.6 Reducción de turnos de trabajo con la implementación del nuevo método

Los diferentes calendarios de trabajo son los llamados turnos. El trabajo por turnos supone el trabajo fuera de las horas normales del día; es decir, fuera de las horas de 7 de la mañana a 6 en la tarde, el período durante del cual muchas personas trabajan un turno de 7 u 8 horas. Los trabajadores por turnos pueden trabajar por la tarde, en la mitad de la noche, trabajar horas extras o días muy largos. También pueden trabajar algunas veces en horario normal. Muchos trabajadores por turnos tienen calendarios que rotan, lo que supone cambios de las horas de trabajo de la mañana a la tarde o del día a la noche. Estos cambios podrían ocurrir en días diferentes de una semana o de un mes. A ciertos empleados les gusta el trabajo por turnos ya que desean un mejor salario, más tiempo libre durante el día para cuidar de sus asuntos personales como atender a su familia, recreación o bien para estudiar. Otros trabajadores prefieren el turno de noche porque es más tranquilo y porque hay menos supervisores.

La empresa en estudio tiene operaciones de 24 horas que se dividen usualmente en dos o tres turnos. El turno de día (se llama también el primer turno o diurno) empieza a las 6 de la mañana y termina a las 3 de la tarde. El turno de la tarde (se llama también el segundo turno o mixto) empieza a las 3 y termina a las 11 de la noche. El turno nocturno (se llama también el tercer turno, el turno de noche) empieza a las 11 de la noche y termina entre las 7 de la mañana.

A menudo, los trabajadores por turnos y los trabajadores de noche están cansados por causa de su calendario de trabajo. El trabajador de noche no duerme suficiente durante el día como para combatir la fatiga y el sueño de noche. Es difícil concentrarse cuando una persona está demasiado cansada y eso aumenta la posibilidad de errores o accidentes. Ya que la mayoría de los trabajadores del turno de la noche regresan a un turno de día, esto no permite que los ritmos del cuerpo y del sueño se adapten completamente a estar despiertos durante la noche y duermen menos durante el día.

No se recuperan de la fatiga, esta fatiga puede transferirse a los días siguientes. Después de varios días, la fatiga puede acumularse hasta llegar a niveles peligrosos. Esta situación podría constituir un riesgo para el trabajador, la empresa y con quienes convive. El estrés del trabajo por turnos también puede agravar las afecciones de salud, como las enfermedades del corazón o las afecciones digestivas.

Cuando se habla de las rotaciones es aconsejable que la rotación sea hacia adelante, o en la dirección de las agujas del reloj, es mejor para ayudarle a un trabajador a adaptarse a las nuevas horas de dormir. Se hace la semejanza porque es más fácil acostarse más tarde y despertarse más tarde que más temprano.

Un trabajador sabe el calendario de antemano, en cuanto se hace la programación. Aunque las horas del turno cambien, un trabajador lo sabrá algunos días antes. Puede ser que acabando de terminar con un turno largo surja una emergencia por una avería o una petición de última hora de un producto y haga que los trabajadores tengan que trabajar horas extras; esto puede converger en cansancio o fatiga.

Con la pérdida de sueño, el trabajador se puede dormir fácilmente en momentos inapropiados. Esta condición puede impedir que un trabajador haga su trabajo de una manera segura y eficaz. El cansancio puede afectar al desempeño en el trabajo y en la vida. Después de una pérdida de sueño, es posible tener períodos breves de sueño que duran varios segundos. Muchas personas no se dan cuenta de que se durmieron por poco tiempo. Si pasa algo peligroso, el trabajador u otra persona se puede lesionar.

En general, la noche no es el mejor período para un buen desempeño, ya que afecta la actividad física y la capacidad de concentración. Las funciones del cerebro y del cuerpo se hacen más lentas durante las horas de la noche y la madrugada. La pérdida de sueño en combinación con el trabajo cuando el cuerpo está en ese punto bajo puede causar fatiga excesiva y somnolencia. Es más difícil hacer bien el trabajo, lo que aumenta el riesgo de accidentes.

Un calendario bien diseñado es una ventaja para la organización y el trabajador pues puede mejorar la salud y seguridad, la satisfacción del trabajador y la productividad.

Cuando se cambia un calendario, hay que considerar muchos aspectos de la vida del trabajo y fuera de él. Se recomienda que al principio, los cambios sean temporales y que sean evaluados minuciosamente. Los beneficios del cambio deben ser mayores que los posibles aspectos negativos. Si el cambio mejora el ambiente de trabajo, se puede adoptar permanentemente. El cambio es complejo, es una buena idea consultar con un especialista en ergonomía sobre el diseño y evaluación del calendario.

Algunas de las sugerencias siguientes podrían ser útiles al especialista para reubicar los calendarios de trabajo.

Considere alternativas al turno permanente (que no rota) de noche: la mayoría de los trabajadores nunca se acostumbran al turno de noche, porque vuelven al calendario de día durante sus días libres. Algunos que trabajan turnos permanentes de noche pierden contacto con la gerencia y otros trabajadores en la organización. Es posible que se sientan aislados o diferentes de otros trabajadores, lo que podría hacer que la comunicación sea difícil. Si es posible, considerar rotar el turno de noche, pero tomar medidas para aligerar la carga de una rotación semanal. Sin embargo, un turno de noche permanente es a veces la única opción, como en el caso de un guardia de noche.

Procure que los turnos de noche consecutivos sean mínimos: algunos investigadores sugieren que se debe trabajar solamente entre 2 y 4 noches consecutivas antes de tomar un día de descanso. Así se limita la pérdida de sueño y no se afecta demasiado el ritmo circadiano. Descansar entre 7 y 10 horas antes de rotar al nuevo turno. Por ejemplo, no cambiar del turno de la mañana al turno de noche en el mismo día de la semana, porque es difícil descansar antes de regresar al trabajo. Se recomienda que un trabajador descanse por lo menos durante 24 horas antes de rotar al próximo turno. Algunos investigadores sugieren que se descanse 48 horas mínimo entre los turnos.

Planee tomar algunos fines de semana libres: si se requiere que alguien trabaje 7 días por semana, tome uno o dos fines de semana libres por mes. La pérdida de contacto con los amigos y la familia es un gran problema para los trabajadores por turnos. Los fines de semana son mejores para reunirse con la familia y amigos que trabajan de día.

Procure que los turnos largos y las horas extras sean mínimos: las horas extras aumentan el cansancio. Hay menos tiempo durante el día para descansar. Si se usan turnos de 12 horas, no se debe trabajar más de dos o tres turnos consecutivos. Dos turnos consecutivos son mejor para los turnos de noche. Uno o dos días libres deben seguir a estos turnos de noche.

Considere variar la duración de los turnos: trate de adaptar la duración del turno a la carga de trabajo. Por la noche es especialmente difícil hacer el trabajo que es exigente física o psicológicamente o el trabajo que es monótono o aburrido. Tal vez podrían acortarse los turnos de noche. Si es posible, el trabajo exigente debe hacerse durante los turnos cortos y el trabajo ligero debe hacerse durante los turnos largos.

Examine las horas de empezar y terminar el trabajo: las horas flexibles de empezar o terminar el trabajo podrían ser útiles para los trabajadores que tienen niños pequeños o los que viven muy lejos del trabajo. Considere empezar un turno fuera de las horas pico.

Los turnos de la mañana no deben empezar muy temprano (entre los 5 y los 6), para no cortar demasiado el sueño de la noche.

Procure que los horarios de trabajo sean regulares y previsibles: los trabajadores deben saber los horarios de trabajo con suficiente tiempo de anticipación para poder planificar el descanso, el cuidado de los niños y el contacto con la familia y los amigos.

A continuación se muestra la tabla X, para visualizar la propuesta de reducción de un turno.

Tabla X. Reducción de turno nocturno

	Total de tiempo (min.)	Pedidos por turno	Número de turnos	Pedidos por día	Horas efectivas por turno
Método actual	71.09	6.33	3	18.99	7.5
Método propuesto	48.91	9.81	2	19.63	8
Diferencia	-22.18	3.48	-1	0.64	0.5

Como se ha demostrado se puede justificar eliminar el turno nocturno, trabajando solamente dos turnos que pueden ser de 8 horas cada uno, sin embargo, según la planificación y pronósticos de ventas se puede justificar poner horas extras o bien dejar cada turno en 7.5 horas.

Reducir un turno representa una ventaja para la empresa, en un incremento de producción por turno de 0.64 pedidos por día, mientras se trabaje un turno de 8 horas; evitándose así pagar el turno nocturno. Depende entonces el tipo de negociación que se establezca, ya que se puede determinar como un turno normal de las horas mencionadas o bien pagar $\frac{1}{2}$ hora extra. Así mismo representa un beneficio para la salud del trabajador eliminar el turno nocturno, por las ventajas mencionadas arriba en el texto, considérese las sugerencias indicadas para la rotación del personal y así mantener un buen rendimiento del trabajador y buena productividad.

3.7 Reducción de energía en el proceso de extrusión

Por lo general se utilizan motores de AC (corriente alterna) o DC (corriente directa) y la transmisión se puede constituir con reductores de velocidad variable como son transmisión por engranes o poleas variables que según el diseño se acoplan directamente al tornillo. Respecto al par es importante que se mantenga constante a pesar de que se cambie la velocidad o la carga. En ocasiones, si es necesario se acoplan motores de combustión interna que hacen girar a los tornillos entre 70 y 200 r.p.m. pero su consumo de energía es bastante elevado. Otra opción son los dispositivos hidráulicos.

Es importante resaltar que los extrusores de tornillo doble consumen menos energía para procesar el mismo gasto másico.

3.8 Reducción del reproceso de rodamientos extruídos

- Reproceso en frío: luego de ser extruido el material se coloca en el molino para ser procesado en bandas, las cuales son almacenadas en carros libro hasta ser utilizadas en el siguiente pedido del mismo compuesto. De esta forma se está reduciendo la cantidad de material que ingresa al área general de reproceso, a la vez que se está optimizando la materia prima evitando su desperdicio.
- Rodamientos rechazados en la cortadora: se colocó información de programación al operador de molino para que éste use la cantidad programada en cada pedido, así los pedidos salen con mayor exactitud. En el área del operador de la extrusora se instaló un metrómetro, que se utiliza para medir y verificar el número de metros por pedido.
- Rodamientos fuera de vida verde: se lleva un control más estricto de los rodamientos, al almacenar únicamente la cantidad que ha sido programada, evitando así los sobrantes.
- Rodamientos rechazados por construcción: se están verificando las dimensiones cada tres rodamientos extruidos para ver si cumplen con las especificaciones, si no es así se corrigen condiciones de extrusión, y los que han sido rechazados se llevan a reprocesarse en el molino.

3.8.1 Análisis de los compuestos reprocesados en el área de bajo movimiento

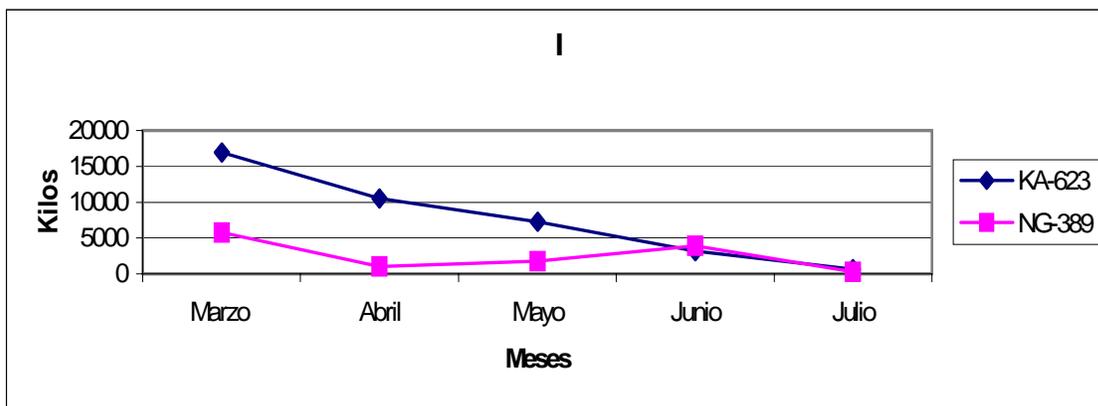
Durante la semana del 02-03-03, se inician planes de acción para poder disminuir los kilos almacenados en el área de bajo movimiento.

Se empieza a ver una disminución en la cantidad de kilos provenientes de cada uno de los materiales en sus formas de reproceso, notando que se van reduciendo en cada mes. En la tabla XI se compara el promedio en kilos de los compuestos estudiados. En la figura 28 se muestra la notable reducción de kilos inventariados en el área de bajo movimiento luego de haberse cambiado el manejo de dichos materiales.

Tabla XI. Inventario del reproceso con el método propuesto

MESES	COMPUESTOS (kg)	
	KA-623	NG-389
Marzo	16943	5779
Abril	10493	1061
Mayo	7221	1773
Junio	3169	3868
Julio	688	320

Figura 28. Inventario del reproceso con el método propuesto



3.9 Almacenamiento de los rodamientos extruídos

Terminado el proceso de extrusión, los rodamientos se dirigen al área de construcción, transportándolos en carros libros. Se coloca 1 rodamiento por lámina, recordando que no debe de exceder de 14 días sin que estos sean utilizados para construir el neumático.

3.10 Ventaja del nuevo método de extrusión

El método propuesto representa varias ventajas tanto para la empresa como para el trabajador, ya que se optimizará el tiempo de trabajo de los operarios, máquinas, materias primas y producto en proceso. Aquí se hace un resumen de dichas ventajas.

Con el método actual se utilizan tres molinos para preparar el material para la extrusión en caliente, sin embargo, al agregar a la línea de producción un cuarto molino que sería el molino quebrantador de 60" se puede reducir el tiempo de quebrantamiento o calentamiento del material y de la extrusión. Esto se debe a que el peso de la tira que viene del molino alimentador es más liviana y más angosta, lo cual permite que el tornillo gire más rápido así como la velocidad de la banda de alejamiento.

Se presenta este ejemplo que toma el compuesto NG – 389 utilizado para hacer rodamientos tipo *ultra light truck*, ya que es un material muy comercial y su calor específico es muy alto por lo que un buen extrusor debe ser capaz de extruirlo. Los datos del compuesto se encuentran en la hoja de especificación del material en el anexo no. 1.

Factores de extrusión

$$\text{kg/min/mm} = \frac{\text{peso de la tira que recorrió (kg)}}{\text{tiempo (min)} * 100 \text{ (mm)}} ; \frac{10.08 \text{ kg}}{1 \text{ min} * 100 \text{ mm}} = 0.1008$$

Nótese que en el método propuesto se ha reducido el peso de la tira a 0.1008 kg.

$$\text{kg. / min. / RPM} = \frac{(\text{kg/min/mm}) * \text{ancho de la tira (mm)}}{\text{Promedio de R.P.M.}}$$

$$\text{kg / min / RPM} = \frac{0.1008 * 254 \text{ mm}}{72 \text{ RPM}} = 0.3556$$

$$\text{FE 2} = 1 - \frac{(\% \text{ de encogimiento entre el cinturón de la báscula y el cinturón de la cortadora})}{100}$$

$$FE\ 2 = 1 - [(4-7)/100] = 1.03$$

Limitaciones de extrusión

Donde, V.L. = velocidad de la línea

$$V.\ L. = \frac{(\text{kg/min}) * (\text{largo de rodamiento de construcción}) * (FE - 2) * 3.281}{\text{Peso especificación} * \text{número de cavidades del dado}}$$

Peso especificación * número de cavidades del dado

$$V.\ L. = \frac{43.7 * 1.356 * 1.07 * 3.281}{8.74 * 1}; \text{ Velocidad de la línea} = 23.8$$

$$CPM = \frac{\text{velocidad de la línea}}{\text{Largo del rodamiento} * FE\ 2 * FE\ 1}; = \frac{23.8}{1.390\ m * 1.03 * 3.281} = 5.06$$

kg / min = CPM * peso del rodamiento * número de cavidades del dado.

$$\text{kg / min} = 5 * 8.74 * 1 = 43.7\ \text{kg/min}$$

$$RPM = (\text{kg / min}) / (\text{kg / min / RPM}); (43.7) / (0.3556) = 122.89$$

$$\text{Ancho de tira} = (\text{kg / min}) / (\text{kg / min / mm}) = (43.7\ \text{kg / min}) / (0.1008) = 433.53\ \text{mm}$$

Eficiencias

Cortes por minuto

$$E = (CPM / 5) * 100; E = (5.06 / 5) * 100 = 101.2\ \%$$

Máquina en general

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{kg/min}}{40\ \text{kg/min}} * 100; E = (43.7 / 40) * 100 = 109.25\ \%$$

Velocidad del tornillo

$$\text{Eficiencia} = RPM / 72 * 100; E = (122.89 / 72) * 100 = 170.68\ \%$$

Ancho de tira

$$\text{Eficiencia} = (\text{ancho de tira} / 254) * 100 = (433.53 / 254) * 100 = 170.68\ \%$$

Con el método propuesto se pueden mejorar las eficiencias de la velocidad del tornillo extrusor y el ancho de tira de la máquina extrusora, aunque hay que considerar los límites que la operación impone, esto se resuelve haciendo modificaciones en la máquina para incrementar su rendimiento, véase capítulo 6.

Otra ventaja que se propone se ve en el reproceso en frío, el cuál se utiliza en la siguiente corrida de material para evitar que se desperdicie. Además, se lleva un control más estricto del material planificado y producto almacenado para cumplir con lo requerido y no producir demás que luego se convierta en material de reproceso a causa de perder su vida verde. A través de los planes de acción tomados se redujo notoriamente el área general de bajo movimiento o material de reproceso en aproximadamente 21 veces menos desde cuando se inició el estudio, esto incita a manejar el material de reproceso como se propone.

Uno de los puntos que resaltan en la propuesta es el tiempo que se utiliza para realizar los pedidos, ya que además de producir los que actualmente se trabajan hay un incremento de 0.64 pedidos por día, considerando únicamente dos turnos, eliminando así un turno, el que se recomienda sea el nocturno, por los problemas que puede causar al trabajador y la economía de la empresa.

Con una reducción de aproximadamente 22.18 min. por pedido con el método propuesto y las ventajas que esto conlleva se recomienda adaptar el molino quebrantador de 60" a la línea de calentamiento de los molinos de la extrusora para extruir rodamientos tipo *ultra light truck*.

4 EVALUACIÓN DEL NUEVO MÉTODO EN LA MÁQUINA EXTRUSORA

4.1 Importancia de evaluar el nuevo método

Continuamente es necesario evaluar los métodos utilizados, ya que así se encuentran deficiencias en los mismos o bien se encuentra el problema que esté afectando la producción; para así solucionarlo.

Sin duda un nuevo método debe de ser evaluado cuando se le implemente para comparar los resultados obtenidos contra lo que el método plantea; si existieran diferencias en los resultados deben de ser estudiadas para decidir al respecto, ya sea corregir a quien intervino en la falta o bien considerar la diferencia para estandarizar el método. Recordando que las diferencias pueden ser grandes variaciones o bien tolerancias permisibles.

4.2 Procedimiento para evaluar el nuevo método

- a. Programar la evaluación, la cual debe de hacerse después de haberse dado la capacitación e instrucción.
- b. Se hará la notificación de la evaluación al director de producción, gerente de ingeniería industrial, programadores de la división, jefes de área y al personal de entrenamiento, esto para que se preparen y no interfiera en sus actividades.
- c. Se prepararán las hojas de verificación que se requerirán en la evaluación.

- d. Llegado el día de la evaluación se asistirá al área de trabajo, y se iniciará la evaluación tratando de que los operarios se sientan cómodos ante ella, para así poder demostrar lo aprendido en el adiestramiento y capacitación.

Recordando que la evaluación será más representativa si se realiza a las mismos operarios cada vez.

4.3 Evaluación del método

Se evaluará de acuerdo con los resultados obtenidos en la hoja de verificación, la cual incluye tres opciones: satisfactorio, no satisfactorio, satisfactorio después de la instrucción; de allí se podrá tomar la decisión de continuar con el método, de proporcionar una nueva capacitación y /o adiestramiento o sustituir al operario hasta que esté preparado. Esta decisión la deben de tomar en conjunto el equipo que interviene en el proceso, el director de producción, supervisor de área, gerente de ingeniería industrial, entre otros.

Luego de la evaluación inicial, después de haberse implementado el método, se continuarán las evaluaciones según se requieran, ya sea periódicas o cuando exista un problema en la producción y se desee encontrar la causa. Para ello se recomienda llevar un historial de los resultados y analizarlos en conjunto cada vez que se evalúe.

4.4 Verificación de resultados versus tiempo estándar

Tal como se indicó en los procedimientos anteriores, se programó una evaluación que se llevó a cabo en el área de trabajo eligiendo a un operario considerado normal, la evaluación consideró 6 corridas de material elaboradas en el lapso de ½ turno.

Se anotan los tiempos cronometrados, se hace un promedio de éstos, el cual sirve para compararlo con el tiempo estándar del método propuesto, tal como se muestra en la tabla XII, de allí se puede observar que existen tres elementos con diferencias notorias, las cuales deben ser estudiadas para determinar las causas que provocaron su demora. Estos datos permiten calcular la eficiencia del proceso que es igual a decir;

$$\text{Eficiencia} = \text{real} / \text{estandar}$$

En la figura 29 se ilustran los tres elementos con tiempos no contemplados dentro del estándar.

Figura 29. Verificación de resultados versus tiempo estándar

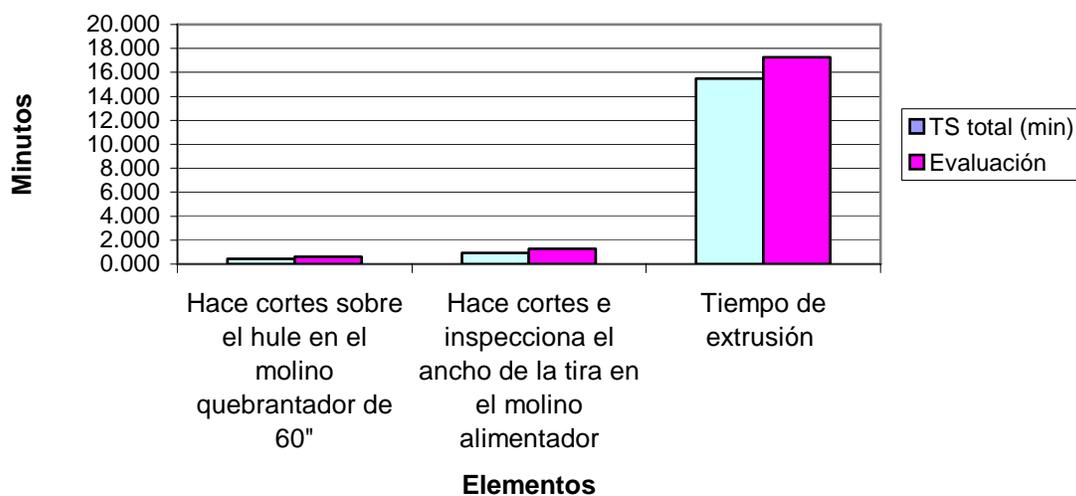


Tabla XII. Resultados de la evaluación

Act. Núm.	Elementos	TS total (min.)	Tiempo promedio de la evaluación
1	Arranca el cargador	0.043	0.052
2	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule	0.610	0.581
3	Corta la lámina que está subiendo al rodillo	0.177	0.172
4	Para el cargador	0.057	0.053
5	Baja las cuchillas a cilindros corta la tira y la envía al <i>conveyor</i> 1	2.665	2.684
6	Camina del molino quebrantador de 84" al molino intermedio	0.108	0.103
7	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule en el molino intermedio	0.095	0.092
8	Baja las cuchillas a los cilindros	0.152	0.143
9	Camina del molino intermedio al molino quebrantador 60"	0.110	0.127
10	Introduce la banda de hule al quebrantador de 60"	0.090	0.101
11	Hace un corte en lámina de hule que está abasteciendo para que se corte	0.154	0.162
12	Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule	0.460	0.613
13	Presiona el botón	0.060	0.045
14	Corta la tira y la coloca en el <i>conveyor</i> hacia el molino homogenizador	0.203	0.183
15	Presiona el botón	0.069	0.057
16	Camina del quebrantador de 60" al intermedio	0.106	0.105
17	Corta la tira y la envía al molino alimentador	0.245	0.186
18	Camina al molino alimentador	0.165	0.175
19	Hace cortes de izquierda a derecha e inspecciona el ancho de la tira en las cuchillas según especificación	0.930	1.273
20	Baja la palanca para subir las cuchillas al cilindro	0.232	0.258
21	Toca el timbre y envía la tira a la extrusora	0.125	0.134
22	Llega la tira de hule a la cabeza de la extrusora	0.914	0.911
23	Se calienta la cabeza	4.006	4.003
24	Cambio de dado	0.979	1.025
25	Tiempo de extrusión	15.467	17.243
26	Llega la punta de rodamiento a la cortadora	3.703	3.682
27	Finaliza el corte de rodamientos	10.502	10.463
28	Almacenamiento de los rodamientos en los carros libros	6.000	6.21
	Suma	48.425	50.836
	Diferencia		2.411

Eficiencia = real / estándar

Eficiencia =

104.98%

El primer elemento en la gráfica anterior es el número 12 en el proceso, en donde el molinero debe de hacer cortes de izquierda a derecha sobre el hule que está quebrantándose en el molino de 60". El segundo elemento en la gráfica 29 el molinero hace cortes de izquierda a derecha en el hule sobre el molino alimentador, así como debe inspeccionar el ancho de la tira que se especifique para cada compuesto. Para ambos elementos se pudo llegar a la conclusión de que el operario no prestaba la atención necesaria; a la hora de graduar las cuchillas en el molino alimentador titubeaba con la medida que debía de utilizar, mientras que en el quebrantador de 60", por falta de atención en las pláticas así como falta de práctica en el uso de dicho molino, se sentía inseguro y calentaba más el hule de lo que era necesario.

Para corregir ambas circunstancias, se entrenó al personal enfocándose en los problemas específicos, cálculo de hule a cargar en los molinos para cada extrusión y dificultad para ajustar las cuchillas en el molino alimentador según el ancho de la tira requerido.

Las últimas barras en la gráfica muestran el tiempo de extrusión del material, donde se pudo observar que el problema radicaba en que se perdía mucho tiempo cuando el hule entraba al tornillo y chocaba con la guarda.

Para resolver el problema se reparó la guarda, sin embargo, aún existe conducta insegura, por lo que para acabar con la causa del problema se recomienda cambiar la guarda, por una apropiada a la disposición, o bien agregar algún obstáculo para que la mano del operador no alcance el tornillo y pueda provocar un accidente.

La evaluación revela que el proceso tiene una eficiencia de 104.98% respecto el estándar, se ha incrementado si se compara con el método anterior que andaba en 65.86 %, lo cual demuestra que se ha mejorado la eficiencia en 39.12 %.

4.5 Análisis y comunicación de resultados

Los resultados obtenidos en la evaluación deben de ser presentados a todo el personal que en algún momento intervenga en el proceso, así como aquellos de alto mando, para así poder colaborar en futuras mejoras. Dentro del grupo de invitados se encuentran el gerente general, gerente financiero, director de producción, gerente de producción, supervisores de área, gerente de ingeniería industrial así como de ingeniería, programadores de producción, gerente de mantenimiento, gerente de calidad y tecnología, recursos humanos así como el gerente de seguridad.

Puede existir algún rechazo ante el cambio de método, entonces hay que convencerlos y venderles la idea para que se apruebe y llegue a implementarse el nuevo método; por ello se recomienda que la presentación se realice en un salón de conferencias y se auxilie con una cañonera, ya que una presentación gráfica resulta más comprensible. El programa que debe considerar la reunión es.

- a) Análisis del método actual y descripción del nuevo método
- b) Resumen de los nuevos tiempos para un cambio en la programación de la producción
- c) Personal y equipo involucrado
- d) Forma de la capacitación y adiestramiento
- e) Mejoras a la calidad
- f) Beneficios del nuevo método
- g) Formatos que se utilizarán
- h) Conclusiones y recomendaciones
- i) Preguntas y sugerencias
- j) Establecer un cronograma con los participantes para programar la implementación, evaluación, mantenimiento, etc.

5 CAPACITACIÓN DEL OPERARIO

5.1 Importancia del entrenamiento al operario

El entrenamiento es importante para que el personal conozca de su trabajo, pueda obtener un mejor desempeño, se desenvuelva eficientemente y así evitar riesgos que puedan perjudicar su integridad personal como provocar algún tipo de accidente.

- Todo el personal es habilitado para desempeñar las actividades básicas de su cargo previo a recibir su puesto de trabajo y deben de ser certificados, bajo las condiciones de seguridad y aspectos críticos en el área de trabajo.
- A través de un análisis de desempeño se pueden identificar las necesidades a cubrir en un entrenamiento. Una vez evaluado el desempeño se podrá medir el dominio en la aplicación del puesto de trabajo, los conocimientos y habilidades adquiridas.
- La empresa cuenta con un comité de entrenamiento permanente. Donde cada líder o gerente tiene bajo su responsabilidad el entrenamiento del personal a su cargo.
- Cada persona tiene un plan individual de entrenamiento anual basado en un análisis de necesidades de entrenamiento. En donde cada individuo debe de desarrollar su trabajo y comprometerse con las metas y objetivos de la empresa.
- Los especialistas o encargados del entrenamiento son entrenados para ser instructores, quienes a su vez proporcionan un apoyo al plan de negocios de la organización.

5.2 Inducción del nuevo método de trabajo al operario

Para darles a conocer el método a cada persona se siguen los siguientes pasos.

5.2.1 Explicación del método

Se explica en forma magistral, explicando y describiendo los objetivos, ventajas del nuevo método a implementar, considerando aspectos de seguridad. La seguridad se mira desde dos puntos de vista; de forma general, la cual todo personal que labora dentro de la empresa debe de conocer, y luego de forma específica al puesto de trabajo, en donde se mencionan aspectos propios del puesto para así poder evitar accidentes.

5.2.2 Demostración y práctica del método

Demostrar

En una práctica el especialista de entrenamiento se dirige con el aprendiz a mostrarle el procedimiento del método, en donde se tendrá que desempeñar. Esto sirve para resolver dudas que puedan surgir de los conceptos vistos en la fase anterior.

Práctica

Una vez se considera que el operario ya puede realizar las actividades enseñadas y las puede desarrollar sin peligro, se entra en la fase de práctica, la cual se lleva a cabo con un operario con experiencia, calificado y certificado que pueda ayudarlo a alcanzar los mismos logros.

5.2.3 Evaluación del desempeño

Después de un período de tiempo en práctica se procede a evaluar su desempeño dentro del puesto de trabajo. Para determinar si se le puede certificar, si se encuentra con las habilidades y conocimientos requeridos para dicha actividad. La evaluación se basa en la exactitud y velocidad que el operario demuestre y la seguridad que aplique, así como la calidad de su trabajo y aspectos de la gestión ambiental.

Una vez aprobada la evaluación se procede a certificar a través de las guías O.B.T, las cuales son basadas en objetivos. En caso no se obtengan resultados satisfactorios se hace una repetición del ciclo.

Se cuenta con dos meses de prueba, tal como lo indica el Código de Trabajo de Guatemala.

5.3 Guías O.B.T. (entrenamiento basado en objetivos) para el entrenamiento del operario

5.3.1 ¿En qué consisten las guías O.B.T?

Las guías O.B.T (*Training Based in Objectivs*), entrenamiento basado en objetivos, son guías o manuales de tareas de trabajo donde se analiza la seguridad, la uniformidad, según los procedimientos de ISO 9,000 e ISO 14,000. Cada operador debe de ser entrenado por lo menos una vez por año en su puesto de trabajo, y luego iniciar entrenamiento en un puesto adicional como una estrategia para cuando exista ausentismo. Para poder certificar al principiante debe de ser apoyado por un operario que ya se encuentre certificado en su puesto. Estas guías se utilizan también cuando existan cambios, mejoras o modificaciones en el equipo.

Como se ha dicho anteriormente, el entrenamiento se basa según los resultados del desempeño, para identificar el aspecto que se debe cubrir para poder satisfacer las necesidades del operario. Para medir el desempeño del personal se utilizan hojas de verificación, que miden el estándar de desempeño.

Estándares de desempeño: especifican la forma en que debe hacerse el trabajo y los resultados a obtener, constituyéndose en descriptores de los niveles aceptables de desempeño. Existen dos tipos de estándares de desempeño.

- a. Conductuales: que son acciones observables y repetibles.
- b. Orientados a resultados: son acciones controlables y medibles.

Las guías O.B.T siguen un formato donde se describen los objetivos, los procedimientos, los riesgos dentro de cada procedimiento así como su prevención y un análisis de uniformidad que considera aspectos que pueden afectar la calidad y la prevención de esos incidentes.

5.3.2 Objetivos de las guías O.B.T.

El sistema O.B.T es creado para conseguir que cada persona esté permanentemente calificada en su trabajo por medio de instructores obreros apoyados en manuales y luego practicados en las máquinas y en equipos. A través de las guías O.B.T, el operario se prepara para realizar una nueva actividad, la cual debe de dominar, adquirir el conocimiento y habilidades de un experto para sí poder certificarle en las mismas, de esta manera su desempeño se llevará a cabo con una secuencia lógica basándose en un procedimiento.

6 MEJORA CONTINUA

6.1 Evaluación de eficiencias en la operación de la máquina extrusora

Las eficiencias se controlarán según las limitaciones de la misma máquina, ya que estos factores no se pueden exceder de su regular operación. Estos factores son:

- Velocidad del tornillo (RPM): la velocidad del tornillo de extrusión se limita por el motor, equipo de caja, tamaño del tornillo, tipo de la caja de alimentación, construcción de la extrusora, etc.
- Capacidad de la extrusora (kg/min): son los kilogramos máximos que puede extruir por minuto, ya que si se excede puede ser que las condiciones de calidad del rodamiento no se cumplan, ya que el hule se puede quemar.
- Cortes por minuto (CPM): la capacidad de corte es otro factor limitante para la velocidad de la línea. La capacidad depende del tipo de banda y manejo. La capacidad de la banda se limita por la precisión de corte. Ensayos con diferentes velocidades (cortes por minuto) darán diferentes largos de rodamientos.

6.1.1 Reportes llenados por operadores

El operador de la máquina debe de llenar el formato indicado como figura 30 para que luego se puedan calcular las eficiencias, y así llevar mejor control de la producción. Como se verá se tomarán las eficiencias en la velocidad del tornillo, para lo cual se necesita el peso báscula, que es el que le sirve al operador para controlar que pase bien por todos los tanques y si existe algún descontrol hacer las correcciones antes de que llegue al final.

Existen dos columnas para controlar el peso en la báscula, una para lo especificado en cada rodamiento y la otra es el peso real en producción. Se requiere también el dato del ancho de tira, para ello se tienen dos columnas una para lo especificado y la otra para lo real. A su vez se requieren las revoluciones del tornillo, donde también se cuentan con dos columnas una para lo especificado y otra para lo real. Se incluye la velocidad de la banda de alejamiento, que el dato sirve para calcular la eficiencia de los cortes por minuto; tiene dos columnas, lo especificado y lo real. La temperatura es una condición importante para la buena eficiencia ya que si se excede de lo especificado puede quemar el hule. Se encuentran las columnas, código del rodamiento, código del compuesto, y código del dado para llevar un mayor control de lo que se programó, de lo que se produjo y para fines de eficiencias por compuestos, rodamientos.

Además, tienen los datos básicos de identificación, como la fecha, el turno, el número de identificación del operario, nombre del mismo y firma y nombre del supervisor encargado del turno.

6.1.2 Fórmula para el cálculo de eficiencia

Muchos operadores prefieren correr sus extrusoras por baja alimentación; aunque esto simplifica la operación para prevenir bloqueos puede representar un problema. Si se corre el producto en un tornillo de manera de inanición se incrementa la porosidad (extrusora giratoria), se añade o ataca la cura prematuramente. Si el proceso no ha estado siendo diseñado por tales condiciones, dimensional, estabilidad del producto, entonces se pierde. Por esta razón, es muy importante que kilogramo / hora / milímetro y kilogramo / hora / RPM, debe estar establecido sobre todos los compuestos de todas las extrusoras. Aquí se presentan las fórmulas para dichos factores.

Factores de extrusión

- $k / \text{min} / \text{mm}$ (para el molino de alimentación)
- $k / \text{min} / \text{RPM}$ (para la extrusora)

kg / min / mm

Este factor sirve para calcular el ancho de la tira que viene del molino alimentador. Se obtiene usando 100 mm de ancho en las cuchillas del molino, se hace una señal y empieza a correr el reloj durante un minuto, una cierta cantidad de la tira del molino alimentador es separada durante un intervalo de tiempo. Dicha tira es separada y se pesa. De allí se obtiene el factor:

$$\text{kg/min/mm} = \frac{\text{peso de la tira que recorrió (kg)}}{\text{tiempo (min)} * 100 \text{ (mm)}}$$

kg / min / RPM

Se utiliza este factor para calcular la velocidad del tornillo. La caja de alimentación se verifica para la condición apropiada durante una corrida con un promedio de la apertura del dado y conociendo el ancho de la tira que viene del molino alimentador. La velocidad del tornillo se obtiene contando el número de revoluciones del tornillo durante un intervalo de tiempo. Con eso el RPM puede ser calculado. Se chequea tres veces y el promedio RPM es calculado.

$$\text{kg / min / RPM} = \frac{(\text{kg/min/mm}) * \text{ancho de la tira (mm)}}{\text{Promedio de R.P.M.}}$$

Limitaciones de extrusión

Cada extrusora tiene sus factores limitantes que no pueden ser excedidos de su operación regular, se consideran algunos de estos factores.

- Velocidad del tornillo (RPM): la velocidad del tornillo de extrusión se limita por el motor, caja de fuerza, tamaño del tornillo, tipo y caja de alimentación, construcción de la extrusora, etc.

- Capacidad del molino (Kg. / min.): La capacidad de la línea de molinos de quebrantar el hule se limita por el tipo de hule, tamaño de los molinos, tipo de molinos y el operador.
- Velocidad de la línea y banda de alejamiento (m / min.): se limitan por la velocidad de extrusión, dependen del tamaño del motor, sistema de manejo y su configuración.
- Cortes por minuto (CPM): la capacidad de cortes es otro factor limitante de la velocidad de la línea. Depende del tipo y manejo de la cortadora, ya que diferentes velocidades de CPM dan diferentes largos de rodamientos.

Fórmulas para los cálculos de extrusión

- Cortes por minuto

$$\text{CPM} = \frac{\text{velocidad de la línea}}{\text{largo del rodamiento} * \text{FE 2} * \text{FE 1}} \quad \text{Donde,}$$

Buscar en la hoja de especificación el factor de encogimiento 1 como FE 1 y el largo del rodamiento que es el largo de corte en pantalla.

- Factor de encogimiento - 2

$$\text{FE 2} = 1 - \frac{(\% \text{ de encogimiento entre el cinturón de la báscula y el cinturón de la cortadora})}{100}$$

- Kilos por minuto

$$\text{kg / min} = \text{CPM} * \text{peso del rodamiento} * \text{número de cavidades del dado.}$$

- Ancho de la tira de alimentación = (kg / min) / (kg / min / mm)

- Velocidad del tornillo

$$\text{RPM} = (\text{kg / min}) / (\text{kg / min / RPM})$$

- Velocidad de la línea

$$V. L. = (\text{kg/min}) * (\text{largo de rodamiento de construcción}) * (\text{FE} - 2) * 3.281$$

Peso especificación * número de cavidades

Estándares y fórmulas para eficiencias

Cortes por minuto

$$E = (\text{CPM} / 5) * 100$$

Donde, CPM = es el dato real, 5 es el estándar de cortes por minuto y E es la eficiencia.

Máquina en general

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{kg/min}}{40 \text{ kg/min}} * 100$$

El resultado obtenido en kg / min se divide dentro de lo estándar que es 40kg/min.

Velocidad del tornillo

$$\text{Eficiencia} = \text{RPM} / 72 * 100$$

Se obtiene dividiendo la cantidad real dentro del estándar permitido que es 72 y luego multiplicado por 100.

6.2 Verificación del cumplimiento del nuevo método establecido

6.2.1 Hojas de verificación del nuevo método

Las hojas de verificación son herramientas que sirven para recolectar datos, que representan valiosa información para analizar la situación en estudio; acumulando datos se puede visualizar el desarrollo obtenido, ponerse metas, buscar medidas correctivas y desarrollar planes de acción, todo en busca de mejorar constantemente la eficiencia y productividad del proceso y ambiente de trabajo.

Las hojas de verificación deben requerir información realmente necesaria, concisa y fácil de obtener, ya que siempre deben de llenarse para mantener un registro de la producción, pero que a la larga en la práctica puede resultar tedioso estar llenando datos redundantes para el operario y que luego resulte difícil analizarla.

Las hojas de verificación en este estudio son anteriormente vistas como guías O.B.T., que llevan control de los procedimientos, los riesgos para cada uno de ellos, su prevención; ello para tratar de controlar las variables que pueden afectar la calidad evitando accidentes. A través de las guías O.B.T. se puede tener una certeza que el operario cuenta con los conocimientos y destrezas para poder desempeñarse como un operario capacitado en su área.

En la figura 31 se presenta la hoja de verificación para el cumplimiento de las partes y funciones de la máquina, esta hoja sirve para evaluar el funcionamiento y estado de las partes, puede servir para programar el mantenimiento de las partes o bien detectar donde hay problemas de producción, cuando la máquina no esté trabajando en sus condiciones ideales.

En la figura 32, se hace relevancia a la seguridad e higiene en el proceso, ya que se diseña una hoja de verificación del equipo de trabajo utilizado por los operarios así como de la protección personal para laborar en el área; con esta hoja se puede observar si los operarios están cumpliendo con dichos requisitos, para poder planificar actividades de seguridad que incluyan charlas, rastreos de condiciones inseguras, entre otras, todo para evitar accidentes.

Se presenta la figura 33, que representa el procedimiento utilizado en la propuesta del método, esto para llevar un control si los operarios están cumpliendo con el método y estándar establecido y poder tomar medidas correctivas o bien incidentes.

Figura 31. Hoja de verificación para el cumplimiento de las partes y funciones de la

Objeto: verificar el cumplimiento de las partes y funciones de la máquina extrusora
 Proceso: extrusión de rodamientos tipo *ultra light truck*
 Operarios atribuidos: operador 1 y 2 de, molinero, cortador-almacenador, almacenador - transportador
 Nombre: _____ Ficha Núm. _____ Firma: _____

Núm.	Elemento de la máquina	Descripción / función
1	Conveyor de alimentación	Transporta el hule de la tarima al molino quebrantador
2	Molino quebrantador de 84"	Calienta el hule
3	Conveyor 1	Transporta el hule del molino quebrantador de 84" al molino homogenizador
4	Molino quebrantador de 60"	Calienta el hule
5	Conveyor 2	Transporta el hule de molino quebrantador de 60" al molino homogenizador
6	Molino homogenizador de 84"	Homogeniza el hule fresco y reproceso
7	Conveyor 3	Transporta el hule del molino homogenizador al molino alimentador
8	Molino alimentador de 60"	Gradúa ancho de la tira de alimentación según el material a extruir
9	Conveyor 4	Transporta el hule del molino alimentador a la caja de alimentación de la extrusora
10	Panel de control eléctrico de la extrusora	Controla el encendido/apagado de conveyor 4 y la velocidad del tornillo
11	Sistema de control de temperatura	Controla la temperatura del cuerpo y la cabeza de extrusora
12	Caja de alimentación	Recibe el hule
13	Tornillo	Empuja el hule hacia la cabeza
14	Tuerca de acoplamiento	Sujeta la cabeza al cuerpo de extrusora
15	Cabeza de 31"	Engancha los dados para extruir diferentes productos
16	Panel de control eléctrico del sistema de conveyors de extrusión y molino para cojín	Controla el encendido/apagado y la velocidad del sistema de conveyors y del molino para cojín
17	Banda de alejamiento	Hala el material extruido de la cabeza para darle las dimensiones
18	Asckania	Centra el extruido y cojín
19	Banda de preencogimiento	Retrae el extruido, para compensar el estiramiento sufrido en la banda de alejamiento. Aquí se le adhiere el cojín a los rodamientos
20	Control ultrasónico	Controla la distancia de la curva de lo extruido
21	Báscula de peso	Controla el peso de lo extruido
22	Cementadora	Aplica el cemento a los rodamientos
23	Secador	Seca el cemento de los rodamientos
24	Aproximación	Transporta el extruido a los tanques de enfriamiento
25	Tanques de enfriamiento 1, 2 y 3	Reducen la temperatura del material extruido
26	Sistema automático de control de PH	Regula el PH del agua en los tanques de enfriamiento

Figura 32. Hoja de verificación del equipo de trabajo y protección personal

Objeto: verificar el cumplimiento del equipo de trabajo y protección personal en la máquina extrusora
 Proceso: Extrusión de rodamientos tipo *ultra light truck* Método: propuesto
 Operarios atribuidos: se indican con el símbolo O Página 1 de 1
 Nombre: _____ Ficha Núm. _____ Firma: _____

Núm.	Equipo	Op.1	Ayudante	Molinero	Cortador-almacenador	Almacenador-transportador	S	NS
1	Equipo de protección personal							
1.1	Cinturón de seguridad	O	O	O	O	O		
1.2	Zapatos de seguridad con punta de acero	O	O	O	O	O		
1.3	Tapones auditivos y/o orejeras	O	O	O	O	O		
1.4	Guantes de cuero 2.5"	O	O		O	O		
1.5	Guantes de cuero 9 "	O	O	O				
1.6	Mascarilla		Al llenar cementadora					
2	Equipo de trabajo							
2.1	Espátula con punta de machete afilada	O						
2.2	Barras para quitar el hule de la cabeza	O						
2.3	Cuchillas	O	O	O	O	O		
2.4	Rodillos de arandelas	O						
2.5	Carros libros	O	O		O	O		
2.6	Pinturas	O	O					
2.7	Perilla de vapor	O	O					
2.8	Espátula de madera	O						
2.9	Báscula eléctrica	O	O		O			
2.10	Cinta métrica	O	O	O	O	O		
2.11	Calibrador randall	O	O					
2.12	Calibradores pasa o no pasa				O			
2.13	Pantógrafo	O						
2.14	Manómetros	O	O	O	O			
2.15	Termómetros	O	O	O	O			
2.16	Sistema de control de temperatura	O			O			
2.17	Sistema de control automático de PH	O						
2.18	Indicadores de velocidad	O	O		O			
2.19	Metrímetro	O	O					
2.20	Polipasto	O	O					

Nomenclatura:

N Satisfactorio
 NS No satisfactorio

Figura 33. Hoja de verificación para el cumplimiento del nuevo método

Objeto: verificar el cumplimiento del cumplimiento del nuevo método de trabajo en la máquina extrusora										
Proceso: Extrusión de rodamientos tipo <i>ultra light truck</i>							Método: propuesto			
Operarios atribuidos: marcarlo con el símbolo X							Página 1 de 1			
Nombre: _____			Ficha Núm. _____			Firma: _____				
Núm.	Operador					Procedimiento	Calificación			Notas
	O	M	O 1	O A	O C		O T	S	NS	
1						Arranca el cargador				
2						Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule				
3						Corta la lámina que está subiendo al rodillo				
4						Para el cargador				
5						Baja las cuchillas a cilindros corta la tira y la envía al <i>conveyor</i> 1				
6						Camina del molino quebrantador de 84" al molino intermedio				
7						Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule en el molino intermedio				
8						Baja las cuchillas a los cilindros				
9						Camina del molino intermedio al molino quebrantador 60"				
10						Introduce la banda de hule al quebrantador de 60"				
11						Hace un corte en lámina de hule que está abasteciendo para que se corte				
12						Hace cortes de izquierda a derecha sobre el hule				
13						Presiona el botón				
14						Corta la tira y la coloca en el <i>conveyor</i> hacia el molino homogenizador				
15						Presiona el botón				
16						Camina del quebrantador de 60" al intermedio				
17						Corta la tira y la envía al molino alimentador				
18						Camina al molino alimentador				
19						Hace cortes de izquierda a derecha e inspecciona el ancho de la tira en las cuchillas según especificación				
20						Baja la palanca para subir las cuchillas al cilindro				
21						Toca el timbre y envía la tira a la extrusora				
22						Llega la tira de hule a la cabeza de la extrusora				
23						Se calienta la cabeza				
24						Cambio de dado				
25						Tiempo de extrusión				
26						Llega la punta de rodamiento a la cortadora				
27						Finaliza el corte de rodamientos				

6.2.2 Reentrenamiento si no se está cumpliendo con el nuevo método

En caso no se está cumpliendo el nuevo método se debe revisar el proceso de capacitación, en donde se debe de volver a explicar el procedimiento, se deben de demostrar los pasos y luego dejar que el aprendiz practique corrigiendo los pequeños desvíos, luego se volverá a evaluar para ver si se cumplieron los objetivos.

6.3 Evaluación de extrusión de rodamientos con dado de doble cavidad

La boquilla o dado tiene dos funciones durante la extrusión; dar forma al producto y constreñir el flujo para controlar la velocidad de flujo del extrusor (gasto másico). Su diseño mecánico y la temperatura a la que llegue en este punto son factores importantes para el control de calidad de las características en el producto.

6.3.1 Evaluación de kilos producidos en dado de dos cavidades versus dado de una cavidad

La capacidad y flexibilidad del proceso se incrementa de manera considerable usando dos dados. Este formato permite producir extrusiones de secciones mayores con varillas de alimentación de tamaño normal a unos ritmos de producción más elevados.

El diseño perfeccionado en configuración de doble dado, permite crear productos que pueden ser producidos a más altas velocidades de salida y a unas tolerancias más precisas.

Usando una cámara de matriz especial, cada tira alimentada puede formarse para fabricar un producto separado. Esta función incrementa de manera considerable la capacidad de la máquina para productos con sección más reducida, al tiempo que permite extruir eficazmente una más amplia gama de productos sin necesidad de cambiar los tamaños de las tiras o de los dados.

Utilizando un dado

$\text{kg / min} = \text{CPM} * \text{peso del rodamiento} * \text{número de cavidades del dado}$

$\text{kg / min} = 5 * 8.74 * 1;$ $\text{kg / min} = 43.7$

Utilizando dos dados

$\text{kg / min} = 5 * 8.74 * 2;$ $\text{kg / min} = 87.4$

Si se instalan dos dados se puede incrementar la capacidad de la máquina el doble de kilos producidos hoy en día.

Tabla XIII. Ahorro en tiempo para la producción de rodamientos con doble cavidad de dados

Rodamientos	Demanda (unidades)	CPM anterior	CPM actual	Tiempo anterior (min.)	Tiempo actual (min.)	Ganancia en tiempo	NOTAS
rod. 1315 (doble cavidad)	5740	7	12	820.0	478.3	341.7	
rod. 1240 (doble cavidad)	2415	8	14	301.9	172.5	129.4	
rod. 1470 (doble cavidad)	1222	8	14	152.8	87.3	65.5	
rod. 1480 (doble cavidad)	2212	6	10	368.7	221.2	147.5	

Para demostrar el ahorro de tiempo se eligieron los códigos de los anteriores rodamientos mencionados en la tabla XIII, para los cuales se hizo el cálculo, mostrando la cantidad producida, los cortes por minuto utilizando solo un dado (CPM anterior) y los cortes por minuto para dos dados (cantidad actual), así como el tiempo para las dos situaciones, en resumen se suma un tiempo de ahorro de 648 min., aproximadamente 11 horas.

Si se considera un turno de 8 horas, se habla de un turno y medio, incluyendo una hora de almuerzo, que puede economizarse al producir esa cantidad de rodamientos; lo que da la oportunidad para programar otras actividades para los operarios o bien producir otros pedidos de rodamientos.

6.3.2 Evaluación del tipo de rodamientos que se pueden extruir a través de hojas de verificación de anchos

Estas hojas de verificación permitirán llevar un control de los rodamientos extruidos en cuanto al ancho y largo que estos reporten al final de un periodo de producción.

La figura 34, contempla el código que identifica al rodamiento extruido, el largo de corte se divide en dos: el largo de pantalla y el largo almacenado, ambos con sus respectivos datos de especificación y real.

Se sabe que cuando el rodamiento ha sido extruido tiene un largo, el de pantalla, luego de cuatro horas este largo ha cambiado, se ha encogido, este largo se conoce como almacenado, que es el que debe de tener mientras está siendo almacenado, para después llevarlo al área de construcción, donde tendrá otro largo más corto, pues se ha encogido aún más.

Se incluyen los anchos, total y de hombro, para los que también hay datos dados en la especificación y los obtenidos o reales.

Así también la información de identificación, turno, fecha, operario y supervisor.

Figura 34. Hoja de verificación de anchos de rodamientos extruidos

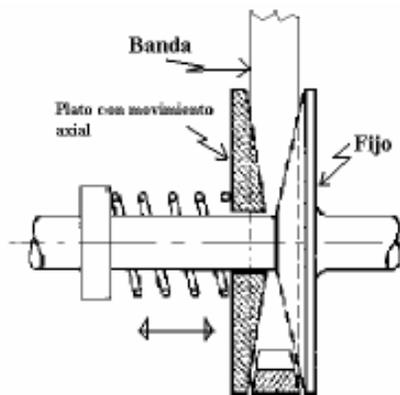
HOJA DE VERIFICACIÓN DE ANCHOS DE RODAMIENTOS EXTRUIDOS									
Fecha:								Firma:	
Turno:		Nombre del supervisor:				Firma:			
Operario Núm.		Nombre del operario:				Firma:			
Código rodamiento	Largo de corte				Ancho total (+/-5mm)		Ancho de hombro (+/-4mm)		Acciones correctivas
	Pantalla		Almacenado (+/-2 mm)		Espec.	Real	Espec.	Real	
	Espec.	Real	Espec.	Real					

6.4 Evaluación del aumento de velocidad del tornillo de la extrusora

El control de velocidad del tornillo de extrusión es manual. Este dispositivo es mecánico y está formado por una manivela la cual está acoplada a un tornillo y éste a su vez a una corredera; cuando su manivela gira la corredera se desplaza verticalmente por acción del tornillo, la corredera es la base del motor.

El motor en su eje tiene una polea variable, las poleas variables lo que hacen es variar su radio y por lo tanto varían la relación de velocidad de acuerdo a la ecuación. $\omega_1 R = \omega_2 R$. El siguiente diagrama es una polea variable;

Figura 35. Polea variable



Fuente: Arturo Molina Cristóbal, **Polea variable**, página 63

6.4.1 Cálculo de revoluciones por minuto de la tubera actual

(Comúnmente la tubera es lo que se llama extrusora).

$$\text{kg/min/mm} = \frac{\text{peso de la tira que recorrió (kg)}}{\text{tiempo (min)} * 100 \text{ (mm)}} ; \frac{17.20 \text{ kg}}{1 \text{ min} * 100} = 0.172 \text{ kg/min/mm}$$

$$\begin{aligned} \text{kg / min / RPM} &= \frac{(\text{kg/min/mm}) * \text{ancho de la tira (mm)}}{\text{Promedio de R.P.M.}} = \frac{0.172 * 254 \text{ mm}}{72} \\ &= 0.6067 \text{ kg/min/RPM} \end{aligned}$$

Este factor depende del compuesto, de la abertura del dado, de la caja de alimentación, tornillo, cabeza, temperatura, etc.

Es específico por cada compuesto y extrusora. Un factor por cada apertura del dado podría ser establecido pero es impráctico para un funcionamiento regular, por consiguiente, se usa un promedio de la apertura del dado. Las correcciones de la velocidad del tornillo son hechas durante pruebas exteriores o descargos del dado.

$$\text{RPM} = \frac{(\text{kg/ min})}{(\text{kg / min / RPM})} = 43.7 \text{ kg/min} / 0.6067 = 72.029$$

kg / min, véase la página 37 en el inciso cálculo de eficiencia en la máquina extrusora.

Esto significa que para el método anterior se consideran 72.029 RPM, utilizando los tres molinos.

Cálculo de revoluciones por minuto de la extrusora con el método propuesto

$$\text{kg/min/mm} = \frac{\text{peso de la tira que recorrió (kg)}}{\text{tiempo (min)} * 100 \text{ (mm)}}$$

$$\text{kg/min/mm} = \frac{10.08 \text{ kg}}{1 \text{ min} * 100} = 0.1008 \text{ kg/min/mm}$$

Nótese que para este método se utilizan 10.08 kg que es el peso obtenido en la corrida durante un minuto con un ancho de tira de 100 mm.

$$\text{kg / min / RPM} = \frac{(\text{kg/min/mm}) * \text{ancho de la tira (mm)}}{\text{Promedio de R.P.M.}} = \frac{0.1008 * 254 \text{ mm}}{72} = 0.3556$$

$$\text{RPM} = \frac{(\text{kg/ min})}{(\text{kg / min / RPM})} = 43.7 \text{ kg/min} / 0.3556 = 122.89$$

Se propone un incremento del 58 % en las revoluciones por minuto del tornillo extrusor utilizando cuatro molinos para el quebrantamiento del material.

Concluyendo: método actual 72.02 RPM
método propuesto 122.89 RPM

6.4.2 Evaluación de las modificaciones a realizar en la máquina extrusora para extruir con mayor número de revoluciones

Se aumentará la temperatura de extrusión por cada revolución por minuto del tornillo. La velocidad correcta del tornillo de la extrusora es la mínima que puede ser usada por la cantidad extruída a través del dado.

Cuando hay excesivas velocidades o excesivas inaniciones del tornillo la temperatura tiende a subir a alta velocidad, consiguiendo la cura del material o vibraciones por presión que resulta en dimensiones no uniformes del artículo extruido.

Es necesario considerar las limitantes para aumentar las RPM, para no llegar a afectar el material, los factores que limitan son el número de cavidades del dado así como los cortes por minuto, lo que influye en la cantidad de almacenadores de rodamientos.

6.4.3 Cálculo del número de almacenadores al aumentar el número de revoluciones por minuto del tornillo extrusor

Tabla XIV. Minutos estándares para los almacenadores con el incremento de RPM

Operario	Núm. de min. estándares para ejecutar la operación	Tiempo de espera basado en la operación más lenta	Núm. de min. estándares permitidos
Cortador – almacenador	6.97	0	6.97
Almacenador – transportador	4.68	2.29	6.97
Suma	11.65		13.94

Eficiencia = 83.57%
 Suma M. E. A. = 13.94
 N = 2.4395

La tabla XIV, muestra los tiempos estándares cuando se han incrementado las revoluciones del tornillo, estos datos sirven para calcular la eficiencia así como los minutos estándares permitidos por la operación más lenta, de allí se obtiene que se requieren 2.4 operadores para almacenar los rodamientos, donde son 84 rodamientos por corrida que tiene que almacenar en los carros libros, para llevar luego a construcción.

Tabla XV. Número de almacenadores con el incremento de RPM

Operario	Núm. de min. estándares para ejecutar la operación	Minutos estándares minutos / unidad	Número de operarios asignados	Operación más lenta
Cortador - almacenador	6.97	1.21975	1	5.97
Almacenador - transportador	4.68	0.819	1	3.68

Factor = 480 min / 84 rodamientos = 5.71

Ambos operarios trabajarán una jornada de 8 horas equivalente a 480 minutos, lo que sirve para calcular los minutos estándares por unidad, así, $480 \text{ min.} \div 84 \text{ rodamientos} / \text{ corrida} = 5.71 \text{ min.} / \text{ rodamiento}$, factor sirve para calcular los minutos estándares por unidad.

Considerando el primer elemento de la tabla para ejemplo, $6.97 \div 5.71 = 1.22$, que es 0.22 tiempo más de un operario, tal como se presenta en la tabla XV, de la misma forma se hace para el siguiente elemento.

Según la distribución realizada se podrán utilizar dos operarios, el almacenador – transportador, deberá apoyar al cortador – almacenador,

Al incrementar las revoluciones por minuto se limita el personal de almacenamiento, el puesto de cortador - almacenador sólo requerirá una persona, la cual necesitará la ayuda del almacenador – transportador para trabajar eficientemente.

CONCLUSIONES

1. El método actual utiliza un total de tiempo de 71.09 min. para extruir una corrida de material. El método propuesto continúa con una alimentación en caliente, pero usa cuatro molinos, el quebrantador de 84", el molino intermedio o homogenizador adicionando un tercero que es el quebrantador de 60" y por último el mismo molino alimentador. Este método propone un tiempo total de proceso por corrida de 48.91 min., es decir 22.18 min. menos que el método actual.
2. El método propuesto justifica la reducción de un turno que se aconseja sea el nocturno para beneficio de la salud y rendimiento del trabajador. Con dos turnos diurno y mixto de 8 horas cada uno, hay un incremento en la producción de 0.64 pedidos por día lo que es favorable para el cumplimiento de la demanda.
3. Se han reducido 8.534% del inventario de material reprocesado a través de planes de acción tomados del método propuesto. Estos planes incluyen, utilizar el material sobrante en la siguiente corrida del mismo compuesto, sin dejar que supere las seis horas de su tiempo de vida. Almacenar únicamente los rodamientos que han sido programados y tener un control de calidad más estricto verificando si los rodamientos cumplen con las especificaciones y tomar las medidas correctivas si no cumplen.
4. Con el molino quebrantador de 60", se mejoran las eficiencias de la velocidad del tornillo extrusor y el ancho de tira en un aumento adicional de 70.66% del método actual. El peso de la tira que es abastecida del molino alimentador es más liviano y la tira es más angosta.

El tornillo puede girar con más velocidad incrementado también la velocidad de la banda de alejamiento, sin embargo, se tiene la limitante de los cortes por minuto que no puede exceder de lo establecido 5 CPM. La eficiencia del proceso se incrementa 39.12% del método actual, el cual tenía 65.86%, y el método propuesto tiene una eficiencia de 104.98%.

5. Los resultados de la evaluación mostraron tres elementos con diferencias del estándar establecido, dos de ellos resultaron ser porque el operario no prestaba la atención necesaria en la capacitación y mostraba inseguridad a la hora de realizar la actividad. Para resolver el problema se reentrenó al personal enfocándose en los problemas específicos tales como el cálculo del hule a cargar en los molinos para cada extrusión y la dificultad para ajustar las cuchillas en el molino alimentador según el ancho de la tira requerido. El otro problema fue el tiempo de extrusión del material, donde se observó que el problema radicaba en que se perdía mucho tiempo cuando el hule entraba al tornillo y chocaba con la guarda; se resolvió reparando la guarda.
6. La capacidad y flexibilidad del proceso se incrementa usando doble cavidad de dado ya que permite crear productos a altas velocidades de salida y tolerancias más exactas. La capacidad de la máquina se incrementa el doble de 43.7 kg. / min. a 87.4 kg. / min. Al mismo tiempo se reduce el tiempo en 648 min. aproximadamente 11 horas.
7. Al incrementar la velocidad del tornillo de 72.02 RPM a 122.89 RPM con el método propuesto se deben de considerar dos trabajadores en el área de almacenamiento, un cortador y un almacenador, donde el almacenador debe de apoyar al cortador – almacenador; se debe hacer una evaluación de puestos y así asignarles nuevas funciones a los mismos. En el método actual se requieren tres trabajadores, dos cortadores y un almacenador.

RECOMENDACIONES

1. Para una retroalimentación del método al ser implementado se deben continuar las evaluaciones según se requieran, éstas pueden ser periódicas o bien según algún problema en la producción. El resultado de las evaluaciones indicará las medidas que se deben de tomar, éstas pueden ser correctivas o bien motivar su incidencia.
2. Para acabar con la causa del problema en la caja de alimentación donde hay una condición insegura se debe de cambiar la guarda por una apropiada con el propósito que la mano del operador no alcance el tornillo y pueda provocar un accidente.
3. Evaluar la reducción de un turno o la redistribución del personal en otras actividades si se llega a instalar el dado de doble cavidad. Aunque sería más ventajoso aprovechar la capacidad de la máquina para producir mayor cantidad de rodamientos y abarcar otros mercados.
4. Actualizar la programación del material para producir rodamientos según este estudio y la demanda real, para aprovechar la capacidad del proceso y que no exista desperdicio de recursos.
5. Concederle una capacitación al molinero acerca del cálculo de hule a utilizar debido a que éste calcula el hule, basándose en su experiencia; teniendo el inconveniente de que el pedido puede no cumplirse o bien producir más de lo estipulado.
6. Motivar al personal operativo haciéndolo participe de las decisiones tomadas por la dirección, así como considerar sus opiniones por medio de pláticas y reuniones.

7. Verificar que se estén llenando correctamente las hojas de verificación al final de la corrida o de turno, y principalmente llevar un registro de la información ya que por medio de un historial se puede estudiar el comportamiento de la producción y tomar decisiones de mantenimiento, de planificación y de personal entre otras.

8. Evaluar la aplicación de los extrusores de tornillo doble ya que consumen menos energía para procesar el mismo gasto másico.

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://bridgestone-eu.com>. Octubre 2003
2. <http://www.expansionyempleo.com>. Septiembre 2003
3. <http://www.goodyear.com>. Octubre 2003
4. Llantas Vitatrac. **Partes principales de una llanta**. s.i. s.a.
5. Molina Cristóbal , Arturo. Diseño e implementación de un sistema de control para una máquina extrusora. Tesis Licenciado en ingeniería mecánica eléctrica. Universidad Iberoamerica, México D.F., 1999.
6. Niebel, Benjamín W. **Ingeniería Industrial métodos, tiempos y movimientos**. 9ª. ed. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. 1996.

ANEXOS

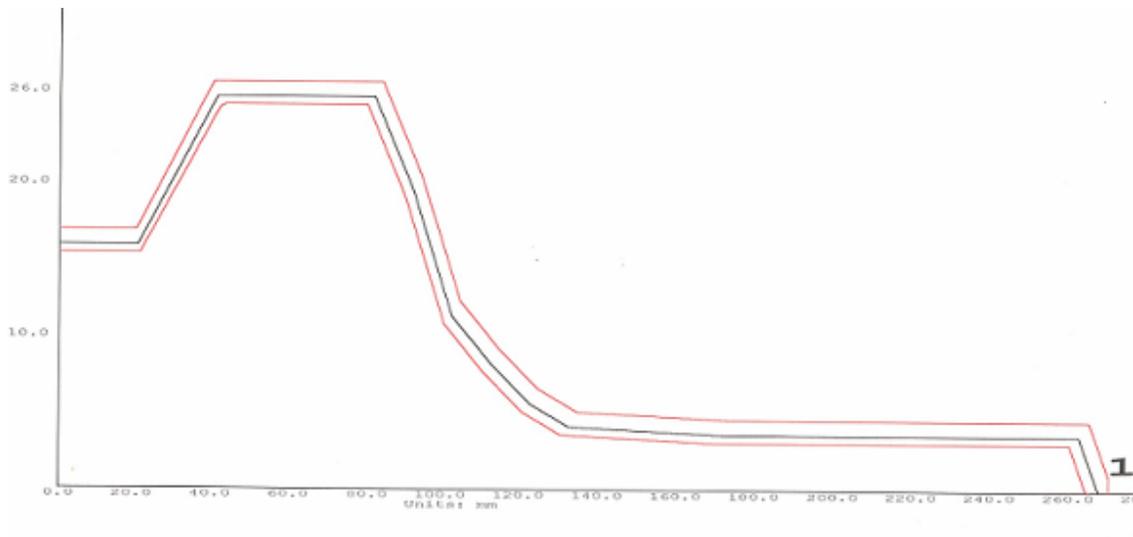
Tabla VI. Especificación 1541

Especificación:	1541 R	
Código de cabeza:	31"	Código dado: 1541 Compuesto: NG – 389 Componente: Rodamiento <i>Ultra light</i> Tipo: <i>truck</i>
Condiciones de extrusión		
Ancho de tira (plg)	10	(254 mm)
Velocidad tornillo extrusora (RPM)	72	
Velocidad banda de alejamiento (FPM)	24	
Cortes por minuto (CPM)	5	
Encogimiento al final de la cortadora	-7%	
Encogimiento en la báscula	-4%	
Características del componente en la cortadora		
Peso especificación (kg)	8.74	
Largo de corte en pantalla (m)	1.39	
Largo de corte en construcción (m)	1.356	
Ancho total (mm)	530	
Ancho hombro (mm)	160	
Rodamientos por corrida	84	
Elementos para los factores de extrusión		
Ancho de tira (mm)	100	
Peso de tira que recorrió (kg.)		
	Método actual: 17.20	Método propuesto: 10.08
Factor de encogimiento 1	3.281	
Notas:	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	

Fuente: *Good Year*, Guatemala

Figura 36. Patografía

Contorno de dado: 1541 R



Fuente: *Good Year*, Guatemala

Figura 37. Requisición de dado

Código de dado: 1541

Contorno de dado: 1541R

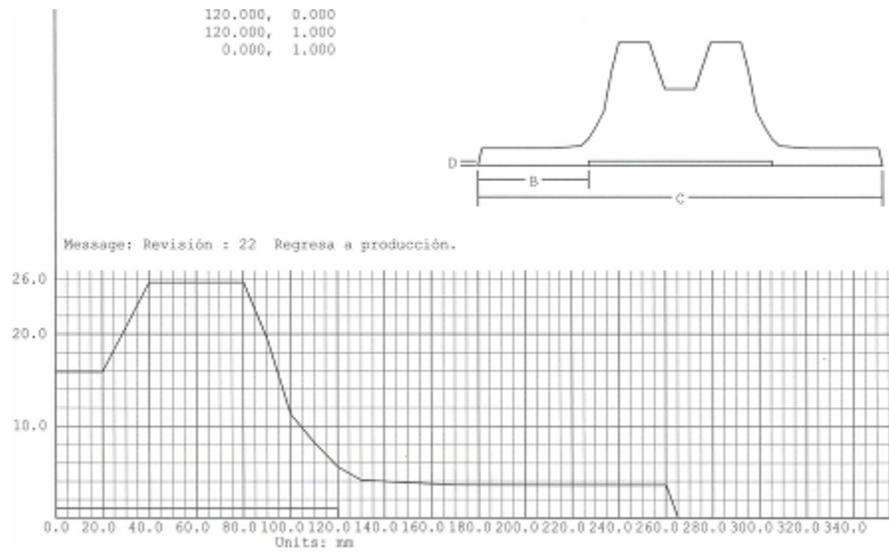
Código de la llanta: 1541

Dimensiones del contorno:

B = Ancho del talón = 145.000

C = Ancho total = 530.000

D = Ancho del cojín = 1.000



Fuente: *Good Year*, Guatemala