



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

**MONTAJE DE UN TORNO CNC (CONTROL NUMÉRICO POR
COMPUTADORA) Y SU SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN EN SERIE
DE PIEZAS (TORNILLOS) EN UN TALLER INDUSTRIAL**

Mario Eduardo Solorzano Barraza

Asesorado por el Ing. Luis Alberto Velásquez Aguilar

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE DE UN TORNO CNC (CONTROL NUMÉRICO POR
COMPUTADORA) Y SU SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN EN SERIE
DE PIEZAS (TORNILLOS) EN UN TALLER INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARIO EDUARDO SOLORZANO BARRAZA

ASESORADO POR EL ING. LUIS ALBERTO VELÁSQUEZ AGUILAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Rolando Chavez Salazar
EXAMINADOR	Ing. Renaldo Girón Alvarado
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MONTAJE DE UN TORNO CNC (CONTROL NUMÉRICO POR COMPUTADORA) Y SU
SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN EN SERIE DE PIEZAS (TORNILLOS) EN UN
TALLER INDUSTRIAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de octubre de 2010.



Mario Eduardo Solorzano Barraza

Guatemala, 19 de Julio del 2011

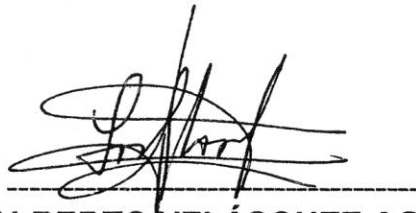
Ingeniero Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Director de Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Ingeniero Urquizu Rodas:

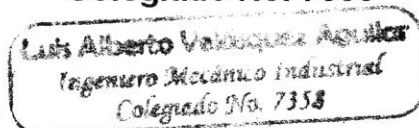
En cumplimiento a la resolución emitida por la Dirección de su Escuela, procedí a asesorar el trabajo de graduación del estudiante: Mario Eduardo Solorzano Barraza con carnet No. 2006-11021 titulado **"MONTAJE DE UN TORNO CNC (CONTROL NUMÉRICO POR COMPUTADORA) Y SU SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN EN SERIE DE PIEZAS (TORNILLOS) EN UN TALLER INDUSTRIAL"**.

Considero que el trabajo cumple con los requisitos que establece la legislación universitaria, por lo que recomiendo su aprobación e impresión.

Sin otro particular me suscribo atentamente.



LUIS ALBERTO VELÁSQUEZ AGUILAR
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado No. 7358





REF.REV.EMI.159.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MONTAJE DE UN TORNO CNC (CONTROL NUMÉRICO POR COMPUTADORA) Y SU SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN EN SERIE DE PIEZAS (TORNILLOS) EN UN TALLER INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Mario Eduardo Solorzano Barraza**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. García Morales'.

Ing. Aldo Estuardo García Morales
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
~~Escuela Ingeniería Mecánica Industrial~~

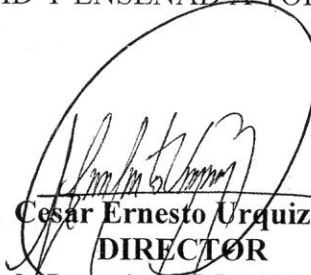
Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MONTAJE DE UN TORNO CNC (CONTROL NUMÉRICO POR COMPUTADORA) Y SU SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN EN SERIE DE PIEZAS (TORNILLOS) EN UN TALLER INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario **Mario Eduardo Solorzano Barraza**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2011.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de *conocer* la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE DE UN TORNO CNC (CONTROL NUMÉRICO POR COMPUTADORA) Y SU SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN EN SERIE DE PIEZAS (TORNILLOS) EN UN TALLER INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario: **Mario Eduardo Solórzano Barraza**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2011

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por bendecirme dándome la sabiduría, el entendimiento y la perseverancia para poder cumplir con esta meta. Gracias.
- Mis padres** Mario y Gloria, por su cariño, consejos y por apoyarme en todo momento.
- Mi hermano** Byron, por estar siempre apoyándome.
- Mis abuelos** En especial, a mi abuelita Argelia Rosales por todo lo que ha hecho por mí.

AGRADECIMIENTOS A:

- Mis tíos** En especial a los que estuvieron siempre apoyándome.
- Mis primos** En especial a Claudia por su apoyo.
- Mis amigos** Por su apoyo incondicional y las anécdotas que guardaré por siempre, me han demostrado que la amistad no tiene precio.
- Mi asesor** Luis Alberto Velásquez Aguilar, por su tiempo, motivación y comprensión en la realización de este trabajo.
- Rubén Chavez** Por abrirme las puertas de su empresa y darme la oportunidad de aprender.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. Antecedentes de empresas de tornos industriales	1
1.1.1. Descripción de la empresa.....	2
1.1.1.1. Reseña histórica.....	2
1.1.1.2. Actividades que desarrolla la empresa.....	3
1.1.2. Filosofía, misión y visión de la empresa.....	3
1.1.2.1. Filosofía.....	3
1.1.2.2. Misión.....	3
1.1.2.3. Visión.	4
1.1.3. Organización de la empresa	4
1.2. Antecedentes de la producción en serie en tornos industriales	5
1.2.1. Historia de producción en serie de piezas mecánicas	5
1.2.2. Piezas mecánicas que se pueden fabricar en serie en un torno	6
1.3. Antecedentes de tornos.	6
1.3.1. Descripción de tornos	6
1.3.2. Tipos de tornos en general.....	8
1.3.3. Historia de tornos CNC	10

1.3.4.	Historia de montajes de tornos	12
1.4.	Tipos de tornillos que existen actualmente en el mercado.	13
2.	DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN Y ESTUDIO	
2.1.	Actividades que desarrolla la empresa actualmente	17
2.1.1.	Descripción del proceso que se sigue	17
2.1.2.	Maquinaria que se utiliza en la empresa actualmente	17
2.1.3.	Función que cumple el torno en la empresa	19
2.1.4.	Descripción de tornos en la empresa	19
2.1.4.1.	Datos generales.....	19
2.1.4.2.	Recursos utilizados.....	19
2.1.5.	Tipos de piezas mecánicas que trabajan actualmente ...	20
2.1.5.1.	Clases de piezas.....	20
2.1.5.2.	Tiempo que se tardan en terminar piezas.....	20
2.1.5.3.	Costo de producción actual	21
2.1.5.3.1.	Costo unitario.....	21
2.1.5.3.1.1.	Materia prima.....	22
2.1.5.3.1.2.	Mano obra directa..	22
2.1.5.3.1.3.	Gastos fabricación .	22
2.1.5.3.2.	Precio de venta.....	25
2.1.5.3.3.	Utilidad.....	25
2.2.	Estudio de mercado de la demanda de tornillos según el tipo de tornillo	26
2.3.	Estimación de pronósticos de producción según la demanda.....	34
2.4.	Soluciones alternativas para producción de tornillos en serie	34
3.	PROPUESTA DE MONTAJE DE UN TORNO CNC	
3.1.	Montaje de torno CNC.....	35
3.1.1.	Características del montaje	36

3.1.2.	Costos de montaje	44
3.2.	Mantenimiento de torno CNC.....	47
3.2.1.	Plan general de mantenimiento.....	48
3.3.	Producción del torno CNC (tornillos).....	49
3.3.1.	Producto a fabricar	50
3.3.2.	Tiempo de fabricación	52
3.3.3.	Costos de fabricación.....	53
3.3.4.	Utilidades de fabricación	57
3.4.	Análisis de costos de montaje y mantenimiento de torno CNC.....	58
3.5.	Análisis de diagrama de operaciones con el montaje del torno CNC	59
3.6.	Análisis de diagrama hombre-máquina con el montaje del torno CNC	60
3.7.	Análisis de diagrama Bi-manual con el montaje del torno CNC.....	61
3.8.	Análisis financiero del montaje del torno.....	63
3.9.	Beneficios obtenidos por la empresa con el montaje del torno	70
3.9.1.	Determinar productividad	71
4.	IMPLANTACIÓN Y MODIFICACIÓN DEL PROGRAMA	
4.1.	Montaje de torno CNC	73
4.1.1.	Pasos para el montaje	73
4.1.2.	Lugar de montaje	77
4.1.3.	Herramientas para montaje.....	78
4.2.	Descripción de grasas y lubricantes a utilizar en el mantenimiento	78
4.2.1.	Cantidades a utilizar.....	78
4.2.2.	Frecuencia de cambio de aceites y/o lubricantes.....	79
4.3.	Stock de repuestos necesarios para el mantenimiento.....	79
4.3.1.	Descripción de repuestos.....	79

4.3.2.	Costo de repuestos.....	80
4.4.	<i>Stock</i> de herramientas para el uso del torno CNC.	80
4.4.1.	Descripción de herramientas	81
4.4.2.	Costo de herramientas.....	81
5.	IMPLANTACIÓN Y MODIFICACIÓN DEL PROGRAMA	
5.1.	Cronograma de actividades para un mantenimiento efectivo	83
5.2.	Estimación de cantidad de piezas que se pueden producir según las horas de trabajo	83
5.3.	Pronósticos sobre la demanda de tornillos	85
5.4.	Análisis de rentabilidad.....	85
5.5.	Análisis de productividad	90
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
6.1.	Problemas de contaminación o desperdicios	91
6.1.1.	Contaminación por viruta	91
6.1.2.	Contaminación por lubricantes	93
6.1.3.	Contaminación auditiva.....	94
6.1.4.	Consumo de electricidad	95
6.2.	Medidas de mitigación	95
6.2.1.	Reciclaje de la viruta.....	96
6.2.2.	Reciclaje y control de lubricantes	96
6.2.3.	Uso de protectores y aislantes contra el ruido	97
6.2.4.	Establecer plan para manejar el consumo de energía....	97
	CONCLUSIONES.....	99
	RECOMENDACIONES	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del taller industrial.....	4
2.	Diagrama de flujo de proceso en el taller industrial.....	18
3.	Encuesta en talleres industriales.....	29
4.	Resultados de encuesta preguntas 1 a la 3.....	30
5.	Resultados de encuesta preguntas 4 a la 6.....	31
6.	Resultados de encuesta preguntas 7 a la 9.....	32
7.	Imagen de torno CNC a instalar.....	36
8.	Detalle de cimentación para torno CNC.....	42
9.	Detalle de fabricación de pernos.....	43
10.	Forma general de tornillo de centro.....	50
11.	Procedimiento para fabricar tornillo de centro.....	51
12.	Diagrama de operaciones para producir en el torno CNC.....	60
13.	Diagrama hombre máquina para producir en el torno CNC.....	61
14.	Diagrama Bi-manual para operación de torno CNC.....	62
15.	Flujo efectivo mensual del proyecto.....	68
16.	Detalle de área a excavar para cimentación (fosa).....	74
17.	Detalle de armado longitudinal de hierro para cimentación.....	74
18.	Detalle de armado transversal de hierro para cimentación.....	75
19.	Detalle de armado de hierro dentro de la fosa.....	75
20.	Detalle de pernos de anclaje.....	76
21.	Detalle llenado inicial de concreto.....	76
22.	Detalle de cimentación finalizada.....	77
23.	Principales tipos de buriles.....	80

24.	Diagrama de Gantt para mantenimiento de torno CNC	84
25.	Flujo efectivo mensual del proyecto con producción máxima	88

TABLAS

I.	Tiempos de fabricación actuales según tipo de tornillo	21
II.	Estado de costo de producción actual	24
III.	Segmentación de mercado de tornillos	27
IV.	Medidas de tornillos de centro con mayor demanda.....	33
V.	Especificaciones generales de torno CNC a instalar	35
VI.	Precio de materiales necesarios para el montaje del torno.....	46
VII.	Estado de costo de producción con la implementación del torno CNC..	56
VIII.	Análisis de costos de montaje del torno CNC	58
IX.	Análisis de costos de mantenimiento del torno CNC	59
X.	Inversión inicial y costos fijos del proyecto.....	64
XI.	Ingresos según la demanda	65
XII.	Costos variables según la demanda	66
XIII.	Calculo de depreciación de torno CNC.....	67
XIV.	Calculo de tasa ponderada	68
XV.	Resultados de análisis financiero.....	69
XVI.	Comparación con costo de oportunidad al no invertir el dinero	70
XVII.	Costo de herramientas para el mantenimiento del torno CNC.....	82
XVIII.	Producción máxima de tornillos de centro según tiempo de trabajo	83
XIX.	Estado de costo de producción de la producción máxima mensual de tornillos de centro.....	86
XX.	Ingresos y egresos variables con producción máxima.....	87
XXI.	Calculo de tasa ponderada con producción máxima	88
XXII.	Resultados de análisis financiero con producción máxima	89

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centímetros
Cu	Costo unitario
σ	Esfuerzo
%	Porcentaje
Pv	Precio de venta
"	Pulgadas
Q	Quetzales
Un.	Unidades

GLOSARIO

Buril	Herramienta de corte formada por una barra de acero templado, sometida a un tratamiento térmico.
Cimentación	Elemento estructural encargado de distribuir las fuerzas de un objeto sobre el suelo.
CNC	Control Numérico por Computadora
Control numérico	Sistema de automatización de máquinas, que se basa en la programación mediante un medio de almacenamiento.
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
Mantenimiento	Serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo a fin de conservarlo y que preste el servicio para el cual fue diseñado.
MOD	Mano de obra directa
Montaje	Serie de pasos que se siguen para poder instalar una máquina óptimamente.

Perno de anclaje	Barra o perno embutido en el hormigón para sujetar o asegurar un elemento estructural.
Relación B/C	Fórmula para determinar si el proyecto es rentable, ya que relaciona los beneficios con los costos.
TIR	Tasa interna de retorno, tasa a la cual un inversionista obtiene equilibrio en su proyecto.
Torneado	Técnica para fabricar piezas mediante la revolución de esta.
Tornillo de centro	Tipo de tornillo utilizado generalmente para sostener piezas mediante presión.
Torno	Máquina herramienta que permite fabricar piezas mediante revolución.
Utilidad	Margen de ganancia o pérdida que adquiere un proyecto con su implementación.
Valor Presente Neto	Procedimiento que permite calcular el valor presente de un proyecto, con un determinado número de flujo de caja futuro.
VAUE	Valor anual uniformemente equivalente, es un método que sirve para determinar un valor dividido en etapas de un proyecto.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación establece una guía para el montaje de un torno CNC (Control Numérico por Computadora), indicando claramente los pasos que se deben ejecutar para que dicho montaje sea óptimo y trabaje eficientemente, poniendo énfasis en la cimentación, con el fin de evitar posibles efectos dañinos como por ejemplo vibraciones, fuerzas de volteo, etc. Además, se encontrará un análisis financiero acerca de los costos que implican la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento del torno CNC, así como su sostenibilidad en la producción en serie de piezas en un taller industrial.

Con la realización de distintos tipos de diagramas utilizados como técnicas de ingeniería, se demostrará si el proyecto es factible y en dado caso se quiera ejecutar en el futuro, este tenga un respaldo como para determinar si procede el montaje del torno o no.

Para determinar los beneficios que se obtienen con la instalación del torno CNC, se hace una comparación entre el proceso de producción actual de tornillos y el proceso que se seguiría con la instalación del torno CNC en el taller industrial, y así tener un punto de comparación para reconocer si el proyecto le conviene a la empresa y esta pueda proceder a realizarlo. Además, con la construcción de una guía, se pretende que el montaje del torno en un futuro sea lo más accesible posible para la empresa o persona que lo quiera realizar.

OBJETIVOS

General

Implementar una guía con tecnología moderna que sirva de referencia para futuros montajes de un torno CNC (Control Numérico por Computadora), para que éste pueda ser utilizado en la producción en serie de tornillos, en un taller industrial.

Específicos

1. Establecer los pasos a seguir, las herramientas a utilizar, recursos y costos que implicaría el montaje del torno CNC.
2. Determinar los beneficios económicos y el ahorro de material para la producción de tornillos con el torno CNC.
3. Considerar a través de un estudio técnico el funcionamiento del equipo de un taller de torno, para el logro de una mayor productividad.
4. Establecer mediante un estudio de mercado y un análisis de pronósticos, la demanda de tornillos en el mercado actual.
5. Establecer mediante un estudio socioeconómico, los beneficios con la implementación del proyecto de instalación de un torno CNC, en comparación con otra actividad con la que se quiera generar recursos económicos.

6. Determinar la productividad y la rentabilidad a alcanzar en la empresa, con la implementación del torno CNC.
7. Seguir una línea de desarrollo sostenible en el montaje del torno CNC, considerando los planos económico, ecológico y social.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día con el desarrollo de nuevas tecnologías, las empresas tienen la oportunidad de mejorar los servicios y productos que ofrecen al cliente, además de beneficiarse ellas mismas obteniendo mejores utilidades, ya que el implemento de éstas genera mejoras sustanciales tanto en el tiempo como en el costo de producción. Además, les permite a las empresas poder abrirse camino en mercados alternativos que no han explorado aún, es por ello que las pequeñas empresas pueden llegar a obtener mayores beneficios, si renuevan sus equipos para producir mejor y ampliar su horizonte.

En el siguiente trabajo, a través del estudio de mercado y el análisis de pronósticos, se establecerá la demanda que los clientes tienen de tornillos fabricados en tornos convencionales, los cuales por sus limitaciones generan una demanda insatisfecha, y que podrá ser atendida solamente con la implementación de nueva tecnología como la que ofrecen los tornos CNC.

En algunos casos, con la implementación de nueva tecnología, los costos pueden ser mayores que los beneficios, pero el propósito de este trabajo es demostrar que con un adecuado manejo de los recursos, resulta un proyecto sostenible que brindará beneficios a la empresa.

En tal sentido, resulta de gran utilidad para el estudiante universitario o profesional que está interesado en nuevas y mejores tecnologías como forma de obtener mejores resultados, debido a que tendrá una orientación clara para el montaje y mantenimiento de la misma, lo que en el presente trabajo significa tornos CNC.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes de empresas de tornos industriales

Las empresas de tornos industriales surgen con la necesidad de la mecanización de piezas en máquinas, debido a distintos inconvenientes que se pudieran presentar en las piezas. Originalmente, este tipo de empresas empezaron como empresas pequeñas en las cuales se trabajaba con pocas máquinas y servían principalmente para reparar averías en piezas mecánicas, ofreciendo servicios de torneado, taladrado, refrentado, moleteado, cilindrado, rectificado, roscado, torneado cónico, etc., que servían normalmente para componer ciertas piezas y volverlas a poner en uso, después se fueron introduciendo en el campo de la creación de piezas mecánicas, con base en modelos ya establecidos, y fueron adquiriendo máquinas especiales para cada tipo de trabajo.

Con el paso del tiempo estas empresas han ido creciendo y ampliando la variedad de productos que ofrecen, aunque la gran mayoría todavía se encuentra en el rango de las Pyme (pequeñas y medianas empresas).

Dentro de estas empresas de tornos industriales se encuentra la empresa donde se analizara el montaje de un torno CNC (Control Numérico por Computadora) y su posible expansión con respecto a la producción en serie de tornillos.

1.1.1. Descripción de la empresa

1.1.1.1. Reseña histórica

La empresa Taller Industrial Chávez, cuya actividad económica principal es la de transformación de metales, se fundó en 1978 en la ciudad de Guatemala, bajo la forma de empresa individual. Al principio sólo se contaba con los equipos necesarios para poder iniciar. Siendo éstos, equipo de soldadura eléctrica, equipo de soldadura autógena, barreno de pedestal, sierra eléctrica y herramienta manual.

Por esta misma situación la empresa se dedicaba sólo a la fabricación de estructuras metálicas básicas como puertas, portones, balcones y otras estructuras relacionadas. Además el taller industrial contaba con poco espacio.

La necesidad de ir creciendo y no perder mercado hizo que al cabo de 10 años de fundación la empresa se mudara a un local con mayor capacidad. Este crecimiento se hizo con base en ir actualizando los equipos e introduciendo cada vez más, herramientas que le permitieron poder fabricar y ampliar la cantidad de piezas que ofrecen en el mercado. Con este crecimiento se mejoro la calidad del servicio para la cada vez más amplia cartera de clientes.

Actualmente el taller cuenta con una amplia gama de maquinaria como tornos, fresas, taladros, cepillos y equipo de soldadura; que le permite cumplir con las expectativas de producción que exigen los clientes, acomodándose paulatinamente a los cambios de tecnología que se dan en el mercado; por lo que la introducción de un torno CNC ayudaría a la empresa a crecer exponencialmente y diferenciarse de sus competidores.

1.1.1.2. Actividades que desarrolla la empresa

La principal actividad económica de la que depende la empresa es la transformación de metales en piezas mecánicas, es decir, el área de metal mecánica para distintos sectores del mercado guatemalteco como agrícola, industrial y el de transporte. Además, la empresa ofrece servicios de rectificación de motores y culatas, fabricación de cuñeros y engranajes, servicio de mantenimiento de motores y en general, el diseño y construcción de piezas nuevas.

1.1.2. Filosofía, misión y visión de la empresa

1.1.2.1. Filosofía

La filosofía de la empresa se basa principalmente en el contexto de la Gremial de Metalmecánica de la Federación de la Pequeña y Mediana Empresa (FEPYME) a la que pertenece. Por lo tanto la misión y visión que sigue la empresa, tienen mucho que ver con los fundamentos que establece esta gremial.

1.1.2.2. Misión

La misión de la empresa se define a continuación: “Somos una empresa dedicada a la reparación y transformación de metales en piezas mecánico industriales, satisfaciendo las necesidades de los clientes, con un servicio de alta calidad”.

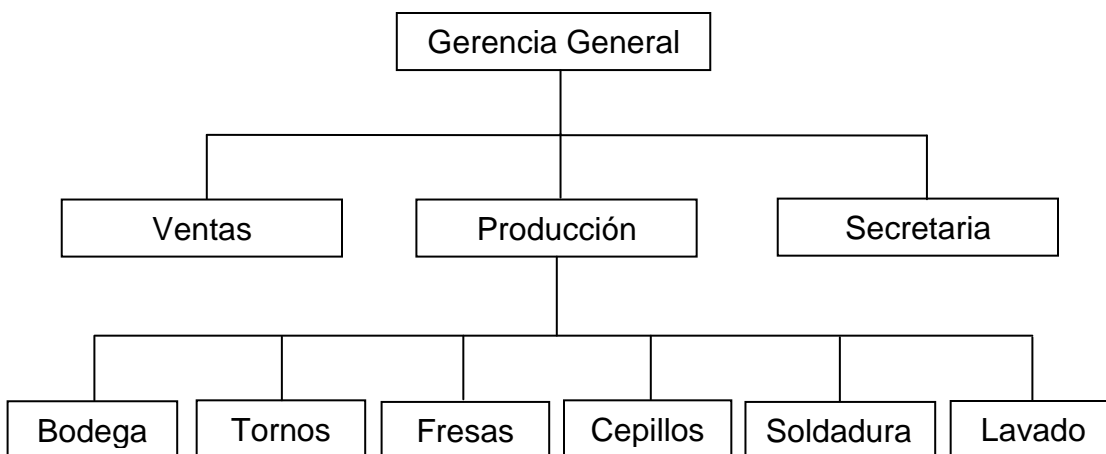
1.1.2.3. Visión

La visión de la empresa se define a continuación: “En el año 2020 ser la empresa líder en Guatemala en el rango de la transformación de metales mecánico industriales, aplicando el uso de nuevas técnicas e implementando tecnología que nos permitan seguir creciendo de manera exponencial como organización”.

1.1.3. Organización de la empresa

La empresa cuenta actualmente con veintiocho colaboradores distribuidos en los siguientes puestos: Gerente General, Secretaria, Encargado de Ventas, Jefe de Producción y Operarios. El siguiente organigrama muestra cómo se encuentra la estructura de trabajo de la empresa.

Figura 1. Organigrama del taller industrial



Fuente: Elaboración propia, con información de Taller Industrial Chavez

1.2. Antecedentes de la producción en serie en tornos industriales

1.2.1. Historia de producción en serie de piezas mecánicas

Las máquinas herramientas para la producción de piezas mecánicas que se conocen hoy en día, empezaron a crearse a partir del siglo XVIII, con la denominada Revolución Industrial; era la época de los primeros inventores, de estos surgió la construcción de la primera taladradora creada por el inventor británico John Wilkinson; el primer torno mecánico se construyó a finales del siglo XVIII por Henry Maudslay y a partir de ahí se dio una serie de avances tecnológicos que llevaron a desarrollar varios instrumentos que cada vez eran más precisos. Estos primeros trabajos llevaron a la fabricación de productos hechos con piezas intercambiables.

Estas producciones con piezas intercambiables llevaron al primer sistema de producción en serie, creado por el inventor Eli Whitney; este al final del siglo XVIII, consiguió un contrato con el gobierno americano para la producción de mosquetes y lo hizo con base en la producción de piezas de máquina de dimensiones exactas y hechos con piezas intercambiables.

A partir del siglo XIX, la producción en tornos, perfiladoras, cepilladoras, pulidoras, sierras, fresadoras, etc. fue aumentando tanto en tamaño como en grado de precisión, lo cual conllevó a que en el siglo XX aparecieran máquinas más grandes, con mayor capacidad y precisión, y se implantara la primera línea de montaje ideada por Henry Ford. Esto llevó a que las máquinas se especializaran en la producción de determinados productos, lo cual trajo a lo que hoy en día se conoce como estandarización, que permite fabricar productos en menor tiempo, a un costo bajo y sin necesidad de mano de obra calificada, especialmente.

1.2.2. Piezas mecánicas que se pueden fabricar en serie en un torno

En un torno se pueden fabricar piezas generalmente en donde la operación de maquinado sea cilíndrica, donde se pueda desgastar y rectificar; también se pueden fabricar productos en serie, ya que las operaciones de determinados productos en el torno son fáciles de hacer y no llevan mucho tiempo.

Algunos ejemplos de piezas que se pueden fabricar en un torno y en los que se pueda trabajar en un proceso en línea se encuentran: tornillos, ejes, flechas, bridas, rodillos, roscas (tanto internas como externas), elementos cónicos, discos de corte, etc.

1.3. Antecedentes de tornos

El torno de las máquinas herramienta que se utilizan actualmente para el mecanizado de piezas, es la máquina giratoria más común y antigua que existe; su uso data desde finales del siglo XVIII y con el paso del tiempo ha ido evolucionando al hacerse cada vez más preciso y con mayor versatilidad.

1.3.1. Descripción de tornos

El torno se basa en un principio fundamental que es el de sujetar una pieza ya sea de metal o de madera con algún mecanismo, para después hacerla girar mientras un instrumento de corte le da forma al objeto que se desea obtener. Generalmente el torno se utiliza para obtener piezas con forma cilíndrica o cónica, incluyendo entre estas la posibilidad de hacer canales.

El torno, con la utilización de otros instrumentos especiales, puede aplicarse también para obtener superficies lisas o para taladrar orificios en la pieza que se esté trabajando.

El torno, desde el inicio de la Revolución Industrial se ha convertido en la máquina más utilizada en el proceso de mecanizado de piezas. Los tornos modernos, por lo regular tienen cinco componentes principales, los cuales son: bancada, cabezal fijo, contrapunto, carros portaherramientas y cabezal giratorio.

- Bancada: es un elemento que sirve de soporte, ya que en su parte superior lleva las guías en las que se desplaza el contrapunto y el carro principal.
- Cabezal fijo: aquí se encuentran los engranajes que impulsan la pieza, además de servir de soporte para la pieza de trabajo, también ayuda a la rotación.
- Contrapunto: es el elemento que se utiliza para servir de apoyo en las piezas que son torneadas entre puntos; el contrapunto puede cambiar de posición a lo largo de la bancada.
- Carros portaherramientas: constan del carro principal, que produce los movimientos de avance y profundidad de pasada, y del carro transversal, que se desliza transversalmente sobre el carro principal.
- Cabezal giratorio: es el encargado de sujetar la pieza a mecanizar

Existen otros instrumentos que componen un torno y estos se conocen como auxiliares, entre ellos están: centros, pernos de arrastre, luneta fija, luneta móvil, plato de arrastre y torreta porta herramientas.

Dentro de las herramientas de corte que sirven para el torneado se encuentran los buriles que sirven para desbastar las piezas, brocas para

taladrar, herramientas para roscar, plaquetas para torneear exteriormente e interiormente, etc.

Las herramientas de torneado se diferencian en el material del cual están constituidas y el tipo de operación que realizan. Generalmente, el material del cual están hechas las herramientas para torneear o plaquetas, es de acero, metales duros, cerámicas, o diamantes policristalinos. La calidad así como la adecuación de las plaquetas, está controlada por las normas ISO/ ANSI que indican la aplicación en relación con la resistencia y tenacidad que tienen las plaquetas.

A la hora de seleccionar un torno, se debe tomar en cuenta sus especificaciones; dentro de las principales se encuentran: la capacidad, tamaño del cabezal, el recorrido de los carros, el contrapunto y la potencia con la que cuenta; esto con el fin de adecuarlos a las necesidades requeridas.

1.3.2. Tipos de tornos en general

Dentro del mercado actual existen diferentes tipos de tornos donde su elección depende principalmente de la cantidad de piezas a mecanizar, la complejidad de las piezas y el tamaño de las piezas. Dentro de los tipos de tornos se encuentran: el paralelo, copiador, revólver, vertical, automático y el torno CNC.

El torno paralelo o mecánico, debido a que es un torno de manejo manual, se utiliza principalmente para trabajos puntuales y su uso en la industria ha ido disminuyendo, ya que no son aptos para trabajar en serie, además de no ser tan precisos.

El torno copiador se basa en una plantilla que reproduce el perfil de la pieza que se está trabajando; este se opera a través de un dispositivo electrónico. Generalmente se utilizan para el torneado de piezas con poco material excedente y para piezas que han sido previamente forjadas. Debido a que la preparación para el mecanizado de piezas en este torno es sencilla y rápida, es útil para mecanizar series de piezas que no son muy grandes.

El torno revolver está diseñado para mecanizar piezas en las cuales es posible un trabajo simultáneo de varias herramientas, lo cual disminuye el tiempo de operación. Dentro de los trabajos simultáneos que se pueden realizar en la misma pieza, están el de taladrar, mandrinar o roscar la parte inferior de la pieza y a la vez se puede cilindrar, refrentar, roscar o cortar la parte exterior.

El torno vertical está diseñado principalmente para el mecanizado de piezas de gran tamaño, las cuales son muy difíciles de fijar en un torno horizontal.

En el torno automático el proceso de trabajo está totalmente automatizado, incluyendo la alimentación de la barra necesaria para cada pieza. La preparación para el mecanizado de este torno es muy trabajosa, por lo que se utiliza principalmente para grandes series de producción.

El torno CNC tiene la característica de que es operado mediante control numérico por computadora, es decir se mecanizan las piezas con base en un programa diseñado. El torno CNC es muy eficaz para mecanizar piezas, debido a que ofrece una gran capacidad de producción de piezas y una mayor precisión que los otros tornos. Este torno se podría llegar a confundir con el automático, pero tiene diferencias significativas, ya que en el torno automático solo se realiza una operación a la vez, se necesita de un operario y el error es

mayor. Este tipo de ventajas le dan al torno CNC un mejor rendimiento para el mecanizado de piezas en serie.

1.3.3. Historia de tornos CNC

El torno CNC o de control numérico por computadora, se diseñó para poder crear piezas difíciles de mecanizar en tornos convencionales. Este tipo de torno nació como una necesidad para mecanizar piezas durante la Segunda Guerra Mundial, como muchos otros inventos del último siglo.

Los primeros desarrollos de lo que hoy en día se conoce como control numérico se dieron a principios de 1940; debido a que una compañía (*Bendix Corporation*) dedicada a la industria de motores de aviación, tuvo problemas para diseñar una leva tridimensional para el regulador de una bomba inyectora de un motor de aviación; esta leva era imposible de manejar en las máquinas herramientas de ese entonces, por lo que se desarrolló matemáticamente la trayectoria a seguir en intervalos pequeños, y se procedía a mover la pieza de un punto a otro.

Pero no es hasta 1947, que un inventor americano de nombre John Parsons que se dedicaba a la fabricación de hélices de helicópteros bélicos creó un mando automático con entrada de información numérica; esto para definir las superficies del contorno de las hélices de un helicóptero. Este sistema utilizaba cartas perforadas y se le llamó DIGITON, el cual fue adoptado por la fuerza aérea de los Estados Unidos, quien lo perfeccionó. En 1953 el MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts, por sus siglas en inglés) por primera vez utilizó la apelación de “control numérico por computadora” para este tipo de máquinas.

El control numérico es una forma de automatización programable en una máquina, el cual puede controlar algunas o todas las acciones que esta realiza mediante una programación previa.

En una máquina herramienta normal, el operador forma parte del ciclo de trabajo ya que este controla los desplazamientos y ajuste de la máquina, compara el resultado obtenido con el deseado, e interviene visual y manualmente en el curso de las operaciones.

En una máquina herramienta con control numérico, el operador no forma parte del ciclo de trabajo sino interviene antes, únicamente, participando en la puesta a punto del programa de la pieza o modificando este.

La técnica numérica es significativa en las máquinas herramientas por lo siguiente:

- Todos los pasos de trabajo son elaborados antes en forma de números y letras y el resultado se denomina programa.
- El programa se acumula en los portadores de información que no son parte de la máquina.
- La unidad de mando numérico lee automáticamente los datos del portador de información.
- La unidad de mando numérico transforma los datos en órdenes de mando y supervisa la ejecución del programa.

Algunas de las ventajas de la aplicación de las máquinas herramientas con control numérico son:

- Reducción de los tiempos de operación.
- Mayor precisión.
- Menor revisión constante de planos y hojas de instrucciones.
- Menor verificación de medidas entre operaciones.
- Ahorro de herramientas y residuos.
- Reducción del porcentaje de piezas defectuosas.
- Reducción del tiempo de cambio de las piezas.
- Reducción del tiempo de inspección: dado que la probabilidad de que se produzcan piezas defectuosas dentro de una serie es menor, pueden evitarse inspecciones intermedias entre ciclos.

La facilidad para mecanizar piezas y la posibilidad de producir grandes cantidades en menor tiempo de la técnica del control numérico, llevo a la creación de distintas máquinas de este tipo, dentro de las cuales se incluye el torno CNC.

1.3.4. Historia de montajes de tornos

En la actualidad existen diversas maneras de cimentar un torno y su elección depende de 4 factores fundamentales los cuales son: el suelo sobre el cual se va a cimentar, el peso del torno, la vibración que el torno va a causar y la velocidad del mismo. Dentro de las formas que un torno puede ser instalado se pueden mencionar las más comunes, que son las siguientes: sobrepuesto sobre la superficie, sobre una plancha de concreto ligeramente más grande que la planta del torno y sobre bloques de concreto bajo la superficie donde van a ser anclados los pernos que sostendrán el torno.

Generalmente, cuando el torno es de poco peso y su fuerza no es considerable como para moverse lo suficiente, este se deja sobrepuesto y no es anclado de ninguna forma; esto ocurre con los tornos pequeños. Esta opción no es recomendable ya que el torno se va desestabilizando con el tiempo, pero es muy utilizada.

Cuando el torno es demasiado pesado y grande, este requiere una fundición de concreto en forma de plancha sobre la cual va a ser cimentado, esto a través de la utilización de pernos de anclaje usualmente del tipo L; así se logra tener una superficie segura en todo el torno. Y finalmente, la cimentación con bloques de concreto se da cuando el peso y fuerza del torno pueden ser distribuidos sobre los pernos de anclaje instalados en estos bloques, lo que evita la fundición de toda la plancha de concreto.

Así como el tipo de cimentación depende de las características del torno, los materiales que se usarán para esta, dependen además de las condiciones a las cuales va a ser sometido el torno. Como por ejemplo condiciones climáticas, frecuencia de uso, probabilidad de que lo cambien de lugar, vibraciones exteriores al torno, etc.

1.4. Tipos de tornillos que existen actualmente en el mercado

En el mercado actual existen muchas variedades de tornillos, ya que estos pueden variar tanto en el material, como en el tipo y tamaño que puedan tener. Normalmente, los tornillos se clasifican en relación con el uso que van a tener y en donde van a ser utilizados, por lo que se pueden clasificar en:

- Tornillos para madera
- Tornillos para paredes y muros de edificios

- Autorroscantes y autoperforantes para chapas metálicas y maderas duras
- Tornillos de roscas cilíndricas
- Tornillos especiales

Los tornillos para madera están regulados por la Norma DIN-97, y su característica principal es que la rosca ocupa el 75% de su longitud de espiga. Este tipo de tornillo además se hace más delgado en la punta como una forma de abrir camino a medida que avanza en la madera para facilitar el roscado, ya que no es necesario hacer un agujero previo en la madera. Los materiales con que se realiza este tipo de tornillos pueden ser: acero, latón, cobre, bronce, aluminio, etc. Las cabezas de estos pueden ser planas, ovales o redondeadas, dependiendo de la función que se les quiera dar y si se quiere que el tornillo sobresalga de la superficie en que se está instalando.

También la ranura de la cabeza puede ser recta, tipo Phillips, tipo Allen o Torx; estas tres últimas tienen la peculiaridad de que solo pueden ser atornilladas con llaves especiales. El tamaño y diámetro de este tipo de tornillos contiene una gran variedad.

Los tornillos para paredes y muros de edificio están regulados por la norma DIN-571, y los caracteriza que son más gruesos que los tornillos clásicos para madera debido a que pueden soportar mayores fuerzas.

Una diferencia significativa con los anteriores, es de que se perfora previamente la pared o el lugar donde van a ser instalados y se inserta un taco de plástico en el cual el tornillo se rosca a presión.

Los tornillos autorroscantes y autoperforantes para chapas metálicas y maderas duras pueden abrir su propio camino donde se estén instalando.

Los tornillos autorroscantes tienen la mayor parte de su longitud cilíndrica y forma cónica en el extremo, sus bordes son más afilados que el de los tornillos para madera simples. Los tornillos autoperforantes poseen una broca de punta, lo que evita hacer perforaciones previas para instalarlos; se utilizan para materiales más pesados. También se encuentran regulados por las normas DIN.

Los tornillos para uniones metálicas tienen la característica de que su rosca es triangular y pueden ir atornillados en un agujero ciego o en una tuerca; este tipo de tornillos es el que normalmente se utiliza en máquinas. Estos pueden variar en el sistema de rosca y tipo de cabeza que utilicen; dentro del sistema de rosca pueden mencionarse: rosca métrica, americana, *whitworth*, y cuadrada; además de que pueden ser de rosca fina, extrafina u ordinaria. Dentro de los tipos de cabeza están los mismos que se utilizan para madera tipo ranura recta, Phillips, Allen o Torx. También se encuentran regulados dentro de las normas DIN.

Dentro de la clasificación de tornillos especiales se encuentran todos aquellos que tienen un uso específico, aquí se incluyen los tornillos utilizados en máquinas como por ejemplo: tornillos de centro para tractores y automóviles, espárragos para flechas de vehículos, varillas roscadas, tornillos de bloqueo, cáncamos, tornillos de mariposa, etc. Estos tipos de tornillos debido a que tienen un uso específico, son ampliamente demandados en los talleres industriales ya que en el mercado no existen empresas dedicadas a la fabricación en masa de estos tornillos o su precio es muy elevado; además de que las medidas varían dependiendo la pieza para la cual son necesitados.

Otra clasificación para los tornillos es desde el punto de vista de la utilización, dentro de los cuales están:

- Para usos generales
- De miniatura
- De alta resistencia
- Inviolables
- De precisión
- Grandes o especiales
- De titanio

2. DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN Y ESTUDIO

2.1. Actividades que desarrolla la empresa actualmente

La empresa se dedica principalmente al mercado de la transformación de los metales, para lo cual utiliza distintos tipos de maquinaria siguiendo un proceso establecido.

2.1.1. Descripción del proceso que se sigue

El proceso para los distintos trabajos que se realizan dentro de la empresa se analiza con un diagrama de flujo (ver figura 2).

2.1.2. Maquinaria que se utiliza en la empresa actualmente

Para el desarrollo de la transformación de metales, la empresa cuenta con la siguiente maquinaria:

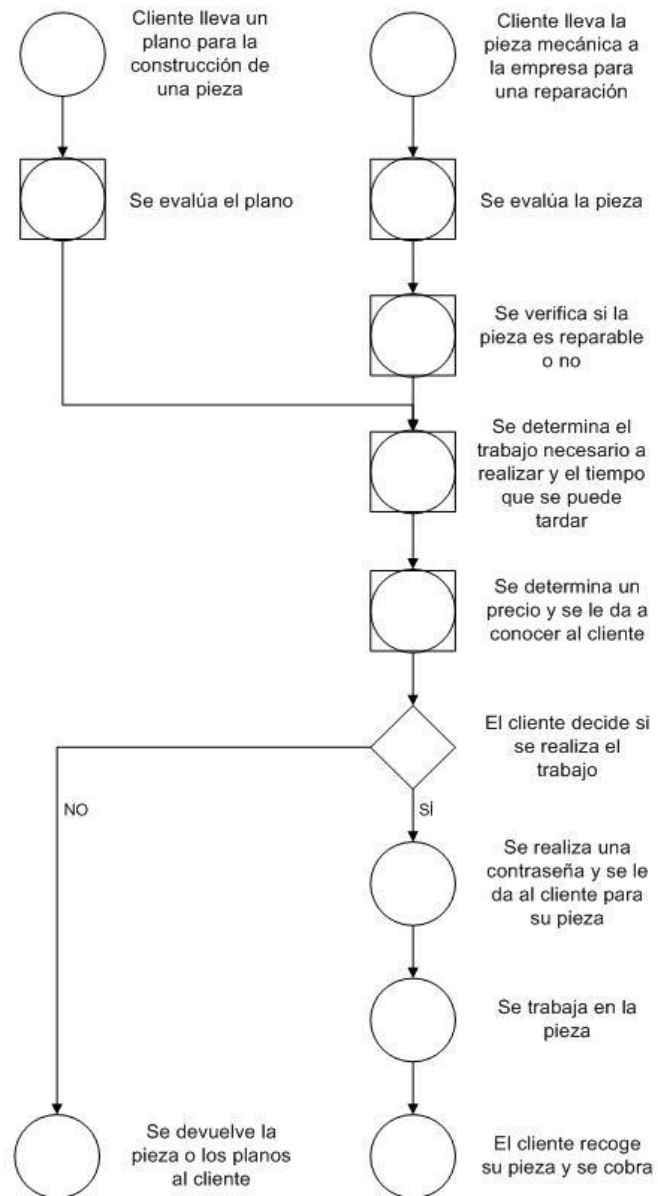
- 12 tornos horizontales
- 4 fresadoras
- 1 cepillo
- 4 taladros de pedestal
- Equipos de soldadura
 - 2 oxiacetilénicas
 - 5 de arco eléctrico
 - 2 TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Figura 2. Diagrama de flujo de proceso en el taller industrial

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE UN TRABAJO EN LA EMPRESA

Proceso: Orden de trabajo
Elaborado por: Mario Solórzano

Método: Actual
Fecha: 09/05/2011



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Función que cumple el torno en la empresa

El torno dentro de la empresa es la máquina principal, como se puede observar en el número de tornos con los que cuenta; debido a su versatilidad el torno en la empresa sirve para los siguientes procesos: cilindrado, refrentado, ranurado, roscado externo, roscado interno, moleteado, torneado de conos, y taladrado.

2.1.4. Descripción de tornos en la empresa

2.1.4.1. Datos generales

La empresa cuenta con 12 tornos; todos son del tipo horizontal, es decir que el eje del husillo es paralelo al suelo. Dentro de los mismos hay tornos alemanes, brasileños y españoles.

2.1.4.2. Recursos utilizados

Para la transformación de metales en el torno se necesitan dos principales recursos como: la energía eléctrica que hace funcionar el torno y la materia prima que se va a trabajar; dentro de los principales materiales que se usan se encuentra el acero, bronce, latón, cobre, aluminio y hierro fundido; esto con base en las especificaciones de las piezas que se van a trabajar.

Otros recursos que son secundarios y se utilizan en el proceso del torno son agua, aceites lubricantes, grasas, arena y lijas.

2.1.5. Tipos de piezas mecánicas que se trabajan actualmente

2.1.5.1. Clases de piezas

Actualmente, las principales piezas que fabrica la empresa son cuñeros, pernos, agujeros a piezas, tornillos, piezas nuevas según muestra o planos, bujes, estrías internas y externas, engranajes, piezas para motores, apagadores, conchas, candeleros, cargadores, retenedores, carrizos, espaciadores, poleas de compresor, propulsores y ejes. Como el campo de las piezas que se trabajan actualmente en el taller industrial es demasiado amplio, se centrará la atención de aquí en adelante a la producción de tornillos en el taller.

2.1.5.2. Tiempo que se tardan en terminar piezas

El tiempo para terminar una pieza depende de la dificultad de la misma para trabajarse y puede variar de 45 minutos para un tornillo pequeño hasta sobrepasar 2 semanas cuando se trata de piezas grandes. Otro factor que afecta la cantidad de tiempo que toma hacer una pieza es que la empresa no cuenta con equipo para hacer los distintos tratamientos térmicos que se necesitan para que una pieza sea resistente, por lo que deben ser enviados a otras empresas para que el trabajo sea finalizado.

Como el producto que se va a fabricar son tornillos, se decidió hacer una estimación para los tipos de tornillos con mayor demanda en el taller (según el posterior estudio de mercado definido en la sección 2.2 de este trabajo), donde se determinaron los siguientes tiempos de fabricación en un torno convencional de los que posee la empresa (ver tabla I.)

Tabla I. **Tiempos de fabricación actual según tipo de tornillo**

Tipo de tornillo	Tiempo de trabajo
Tornillo hexagonal rosca ordinaria de 3/8"	45 minutos
Espárrago rosca ordinaria 3/4" ancho x 1 1/2" largo	120 minutos
Tornillo de centro 1/2" ancho x 20 cm largo	360 minutos

Fuente: elaboración propia. Información proporcionada por Rubén Chavez.

2.1.5.3. Costo de producción actual

Se determinaron los costos de producción actuales para el tipo de tornillo que se decidió producir (en el posterior estudio de mercado de la sección 2.2, se definirá que el tornillo que se va a producir es el de centro de 1/2" de ancho x 20 cm de largo); estos costos corresponden a la producción de tornillos de centro en los tornos horizontales con los que cuenta la empresa.

2.1.5.3.1. Costo unitario

La empresa actualmente con un torno horizontal y un operario trabajando solo un turno de 8 horas al día; puede producir un tornillo de centro con medidas de 1/2" de diámetro por 7 7/8" (20 cm) de largo en 360 minutos; lo anterior genera una capacidad de producción de 32 tornillos por mes.

Como se podrá ver en el posterior estudio de mercado aunque se trabajen más turnos, la empresa no puede cumplir con la demanda actual. A continuación se describen los costos en los que se incurre actualmente con la producción de tornillos de centro y posteriormente se hace una integración de estos para determinar el costo unitario (ver figura 3).

2.1.5.3.1.1. Materia prima

Para la producción de tornillos de centro, la única materia prima necesaria son barras de acero 705 de $\frac{3}{4}$ " de diámetro; estas barras se pueden comprar por metro, lo que da la posibilidad de hacer 5 tornillos por barra. Para producir 32 tornillos se necesitan 7 barras, las barras tienen un precio individual en el mercado de Q 114,81 lo que genera un costo total de Q 803,67.

2.1.5.3.1.2. Mano de obra directa

Para producir 32 tornillos al mes se necesitan de la totalidad del tiempo ordinario de trabajo de un operario. Un operario gana Q 2 250 incluida la bonificación de ley (Q 250,00). Por lo tanto la mano de obra directa mensual es la siguiente:

$$\text{MOD} = 1\text{op. (Q 2 250)} = \text{Q 2 250.}$$

2.1.5.3.1.3. Gastos de fabricación

Dentro de los gastos de fabricación se encuentran la mano de obra indirecta, en la cual intervienen un vendedor y la secretaria que es la encargada de facturar a los clientes. Como dato del salario del vendedor y de la secretaria solo se tomará en cuenta un 2%, ya que actualmente se realiza en promedio una venta de tornillos por día la cual tarda 10 minutos como máximo (10min/día / (8 h/día x 60 min/1h) = 2%).

Debido a que tanto la secretaria como el vendedor tienen un sueldo ordinario de Q 2 250 más la bonificación de ley, el 2% equivaldría a Q 50 cada uno. El total de mano de obra indirecta es de Q 100,00

Debido a la cantidad de años que tienen en servicio los tornos con los que cuenta la empresa, la depreciación no se considera como un factor.

Otra consideración en los gastos indirectos es la cuota patronal de los trabajadores que intervienen directa o indirectamente, la suma de sus salarios ordinarios es de Q 1 850, por lo consiguiente la cuota patronal es de 10.67% de IGSS (Instituto Guatemalteco de Seguridad Social) equivalente a Q 197,39, 1% de IRTRA (Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala) equivalente a Q 18,50 y 1% de INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad) equivalente a Q 18,50.

Entre los gastos de fabricación se encuentra también el corte que se le debe hacer a la materia prima ya que como se dijo, las barras vienen de 1m de largo y se deberán de cortar en 5 partes del mismo largo (20cm), cada corte tiene un precio de Q 2,00 y se necesitan 4 cortes por barra, por lo tanto el total de gastos de corte equivale a Q 56,00 ($Q 2.00 \times 4 \text{ cortes} \times 7 \text{ barras}$).

Por último, se debe considerar la energía eléctrica que consume el torno horizontal, el cual tiene una potencia aproximada de 5.32 kwatts. Actualmente, el precio de la energía eléctrica para consumidores de la tarifa no social es de Q 1,7206 / Kw h, por lo que el costo para las 192 horas de uso que se necesitan para la fabricación de los tornillos es de Q 1 757,49.

Tomando en cuenta lo anterior se tiene que el costo unitario de producción es de Q 154,74 (ver tabla II.).

Tabla II. Estado de costo de producción actual

ESTADO DE COSTO DE PRODUCCIÓN			
TORNILLOS DE CENTRO FABRICADOS EN TORNO HORIZONTAL			
Mensual			
	<u>Materia prima</u>		Q 803,67
(+)	<u>Mano de obra directa</u>		Q 2 000,00
	Costo Primo		Q 2 803,67
(+)	<u>Gastos de fabricación</u>		
	Mano de obra indirecta	Q 100,00	
	Gastos de corte de piezas	Q 56,00	
	Depreciación		
	Cuota patronal		
	IGGS	Q 197,39	
	IRTRA	Q 18,50	
	INTECAP	Q 18,50	Q 234,39
	Energía eléctrica	Q 1 757,49	Q 2 147,88
	COSTO DEL PRODUCTO		Q 4 951,55

COSTO UNITARIO DEL Q 4 951,55 = Q 154,74
 PRODUCTO = 32 Unidades

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.3.2. Precio de venta

La empresa actualmente vende los tornillos de centro con las medidas especificadas a un precio de Q 210,00.

Cabe destacar que este precio actual fue establecido por el empresario y con base en el mismo, se trabajará la utilidad actual.

2.1.5.3.3. Utilidad

La utilidad mensual con la fabricación de tornillos de centro de la empresa está determinada por la cantidad de tornillos que se venden menos el costo unitario de estos; cabe destacar que este es el margen bruto de la utilidad, es decir antes de los impuestos (para determinar la utilidad después de los impuestos es necesario hacer un estudio de toda la empresa, el cual no es el objetivo de este trabajo de graduación).

La utilidad es la siguiente:

$$\text{Utilidad antes de impuestos} = \text{Un.} \times \text{Pv} - \text{Un.} \times \text{Cu}$$

$$\text{Utilidad antes de impuestos} = 32 \times (\text{Q } 210,00) - 32 \times (\text{Q } 154,74)$$

$$\text{Utilidad antes de impuestos} = \text{Q } 1\,768,32 \text{ mensuales}$$

2.2. Estudio de mercado de la demanda de tornillos según el tipo de tornillo

Antes de conocer qué tipo de tornillo se debe de producir, se hizo un estudio de mercado, ya que como punto de partida para la producción en serie y posterior venta de algún producto se deben conocer las necesidades del mercado actual, esto con el fin de tener una idea sobre qué producto es el más apto para producir en masa.

Los principales clientes de un taller industrial son aquellos que necesitan de reparación en cualquier tipo de maquinaria. Por lo que se realizó un análisis con el fin de conocer qué tipo de tornillo es el más demandado por los clientes en los talleres industriales, qué tan frecuente es su pedido, quiénes son los potenciales clientes y cuáles son sus opciones alternativas en el mercado. Este análisis indicará qué tornillo se debe producir para tener más posibilidades de lograr mejores utilidades.

Se segmentó el mercado, observando cuáles son los clientes potenciales para este tipo de producto (tornillos), siguiendo el comportamiento de los clientes actuales de la empresa. Esto dio como resultado ciertas características de los clientes potenciales (ver tabla III.)

Siguiendo el método de las preguntas WH, se detectaron los hábitos principales del cliente, los cuales son los siguientes:

- ¿Qué es lo que compra?

El cliente compra tornillos hechos en el torno para reemplazarlos en piezas, que están en mantenimiento.

Tabla III. **Segmentación de mercado de tornillos**

Variables geográficas	Niveles, intervalos, clases
País	Guatemala
Ciudad	Guatemala
Región	Departamento de Guatemala
Tamaño de la ciudad	+3,103,685 millones de habitantes
Densidad	Urbana
Variables demográficas	Niveles, intervalos, clases
Edad	Mayores de edad (18 +)
Sexo	Masculino (99%)
Nivel escolar	No aplica
Ocupación	Empresarios, mecánicos, técnicos
Clase social	No aplica
Variables psicográficas	Niveles, intervalos, clases
Estilo de vida	Personas que trabajan con máquinas
Variables conductuales	Niveles, intervalos, clases
Tasa de compra	Frecuente
Ocasión de compra	Necesidad o reparación de piezas

Fuente: elaboración propia.

- ¿Quién lo compra?

Empresarios dueños de maquinaria que necesita reparación o mecánicos que trabajan en ellas.

- ¿Dónde lo compran?

Pueden comprar piezas en distribuidoras, aunque si no las encuentran ahí, recurren a los talleres industriales con equipo de torneado.

- ¿Por qué lo compran?

Por la necesidad de reparar algún tipo de máquina.

- ¿Cómo lo compran?

Dependiendo del tipo de tornillo y la cantidad que lleve la pieza defectuosa, lo pueden comprar por unidad o por cantidades mayores.

- ¿Cuándo lo compran?

Cuando una máquina necesita reemplazo de estos tornillos en la realización del mantenimiento de esta.

Como conclusión, se tiene que los consumidores, son empresarios o mecánicos que trabajan con variedad de piezas, y que necesitan de tornillos para poder rearmarlas, ya que generalmente sufren daños y no pueden volverse a usar. Debido a que se necesita conocer qué tipo de tornillo es el más demandado por los clientes en los talleres industriales, se realizó una encuesta en 30 de estas empresas ubicadas en la zona 12, de la ciudad de Guatemala y en el municipio de Villa Nueva; se realizó en esta región, debido a que aquí se encuentra el taller donde se instalará el torno. La encuesta se trabajó con los dueños de estas empresas y en su defecto, los encargados de las mismas. (ver figuras 3, 4, 5, 6).

Figura 3. Encuesta en talleres industriales

EMPRESA _____ PUESTO: _____ FECHA: _____

1. ¿Poseen tornos en su empresa?

Sí No

Si la respuesta es sí puede continuar, si es no, gracias por su ayuda.

2. ¿Qué tipo de clientes visitan en mayor porcentaje su empresa?

Empresarios Mecánicos Otros

3. ¿Actividad a la que se dedican sus principales clientes?

Automotores livianos Automotores pesados Otro tipo de máquinas

4. ¿Cómo considera la demanda de tornillos en su empresa?

Excelente Buena Regular Mala Inexistente

5. Con respecto a los tornillos ¿Sus clientes en su mayoría necesitan reparaciones o necesitan piezas nuevas?

Reparaciones Piezas nuevas

6. ¿Cuál de estos tipos de tornillos tiene la mayor demanda?

Tornillos Hexagonales Tornillos de centro Espárragos Tornillo sin fin Otros

Si su respuesta es otros, por favor especificar _____

7. ¿Por qué considera usted que los clientes acuden a los talleres industriales para obtener tornillos en vez de recurrir a negocios de venta de tornillos?

No hay en el mercado Precio elevado Calidad Otros

Si su respuesta es otros, por favor especificar _____

8. ¿Posee su empresa tornos CNC?

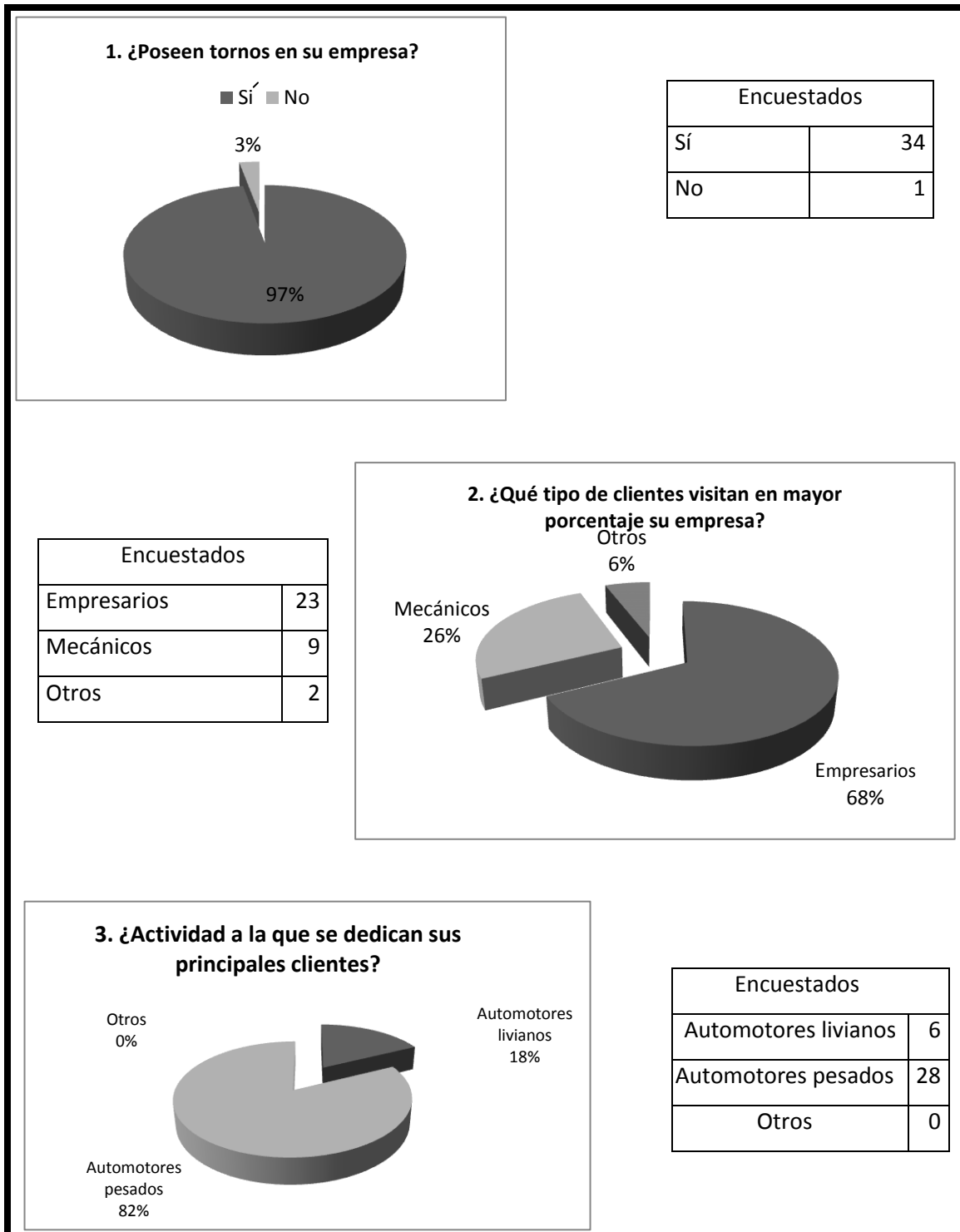
Sí No

9. En el caso de que la respuesta anterior fuera no ¿Considera que los tornos CNC serían de gran ayuda en su empresa?

Sí No

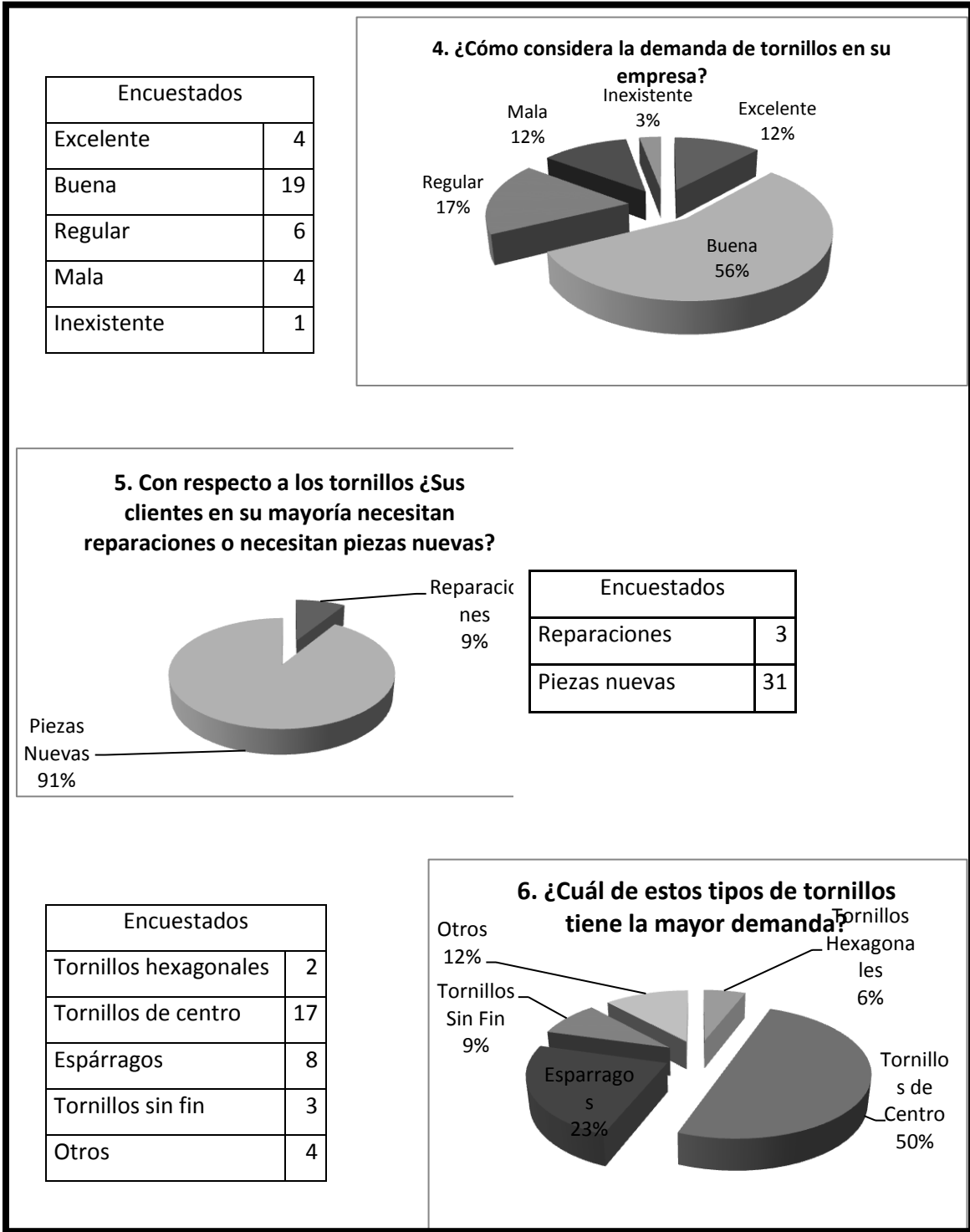
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Resultados de encuesta preguntas 1 a la 3



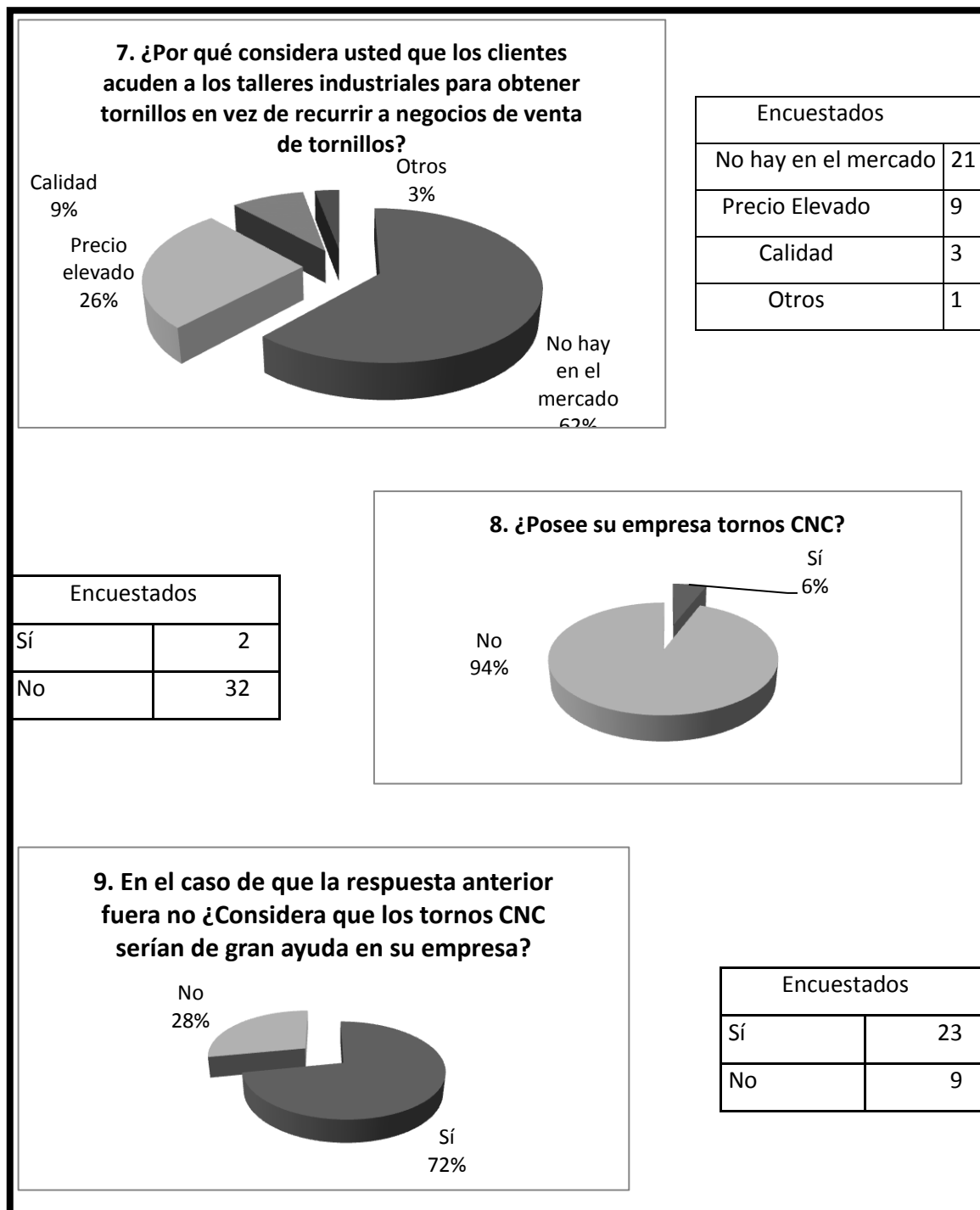
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Resultados de encuesta preguntas 4 a la 6



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Resultados de encuesta preguntas 7 a la 9



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar respecto de los resultados de la encuesta, los tornillos de centro son los que tienen mayor demanda debido a que como se pudo verificar posteriormente, éstos son difíciles de conseguir en los negocios de repuestos o son muy caros, por lo que es preferible hacerlos nuevos. Otras consideraciones importantes que se pueden observar según la encuesta son: los clientes en su mayoría son empresarios que por lo general poseen más de una máquina y se dedican principalmente al negocio de los automotores pesados (camiones, buses, tractores, cabezales, etc.).

La mayoría de los encuestados no posee un torno CNC con el cual trabajar pero consideran que sería de gran ayuda en la empresa ya que reduciría tiempos de trabajo. Debido a esto, se decidió hacer el estudio para la sostenibilidad de la producción en serie de tornillos de centro.

Como resultado de la elección de tornillos de centro se procedió a investigar cuáles eran las medidas más solicitadas para este tipo de tornillos, para luego determinar la demanda. Existen diferentes medidas para las cuales este tipo de tornillo se usa en automotores pesados, las más comunes son las siguientes:

Tabla IV. **Medidas de tornillos de centro con mayor demanda**

Diámetro rosca	Diámetro de cabeza	Largo de tornillo
$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	$3 \frac{15}{16}$ " = 10 cm
$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	$7 \frac{7}{8}$ " = 20 cm
$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	$11 \frac{13}{16}$ " = 30 cm
$\frac{9}{16}$ "	1"	5"
$\frac{3}{4}$ "	1"	8"

Fuente: elaboración propia.

2.3. Estimación de pronósticos de producción según la demanda

La demanda actual en el taller industrial de este tipo de tornillos de centro es mayor que la capacidad de producción actual de la empresa, ya que se estima que por lo general solo es atendido uno de cada veinticinco pedidos. Con base en el promedio de ventas del último año se estimó que la empresa vende 32 tornillos de centro aproximadamente al mes, esto limitado por supuesto a la capacidad de producción actual de la empresa.

Haciendo una relación entre los pedidos que no son atendidos y el promedio de ventas del último año, se puede determinar que la demanda podría alcanzar los 800 tornillos (25 x 32) en promedio en un mes.

2.4. Soluciones alternativas para la producción de tornillos en serie

Existen muchos métodos que se utilizan para fabricar tornillos, dentro de los cuales se pueden mencionar los siguientes: torneado, forjado en frío, laminado y rolado; estos métodos sirven para crear la rosca del tornillo y su elección depende principalmente del tipo, la precisión, el material y la cantidad de tornillos que se van a fabricar.

Respecto de los tornillos de centro, generalmente se trabajan en tornos convencionales o CNC dependiendo de la cantidad que se necesite, ya que estos requieren de un nivel de precisión elevado en las medidas, debido a su función en las piezas mecánicas.

3. PROPUESTA DE MONTAJE DE UN TORNO CNC

3.1. Montaje de Torno CNC

La empresa, luego de cotizar varias opciones de tornos CNC, decidió que la opción más conveniente para sus necesidades es un torno CNC marca Gildemeister, modelo CTX 400, serie 2; esta decisión se tomó con base en tres factores fundamentales para la empresa como: la posibilidad de trabajar piezas de pequeñas dimensiones, el precio, y por último el factor tiempo, ya que la creación de los programas en este torno es más fácil debido a la inclusión del control Heidenhain.

Tabla V. **Especificaciones generales de torno CNC a instalar**

Marca	Gildemeister
Modelo	CTX 400-2
Precio	\$68,000.00
Año	2000
Recorrido Eje X	220 mm
Recorrido Eje Z	635 mm
Diámetro máximo admitido	570 mm
Velocidad de rotación cabezal	25-5000 RPM
Motor	28.2 HP
Dimensiones máquina	4527 x 1947 x 1730 mm
Peso	5140 kg

Fuente: elaboración propia. Información de DMG Deckel Maho Gildemeister

Figura 7. **Imagen de torno CNC a instalar**



Fuente: fotografía de DMG Deckel Maho Gildemeister

3.1.1. Características del montaje

Para el montaje correcto del torno CNC, se debe tomar en cuenta una adecuada cimentación, pernos de anclaje adecuados, equipo con el que se va a instalar y el uso de aislantes de vibración. El objetivo de un montaje correcto es el de no permitir que se produzcan desplazamientos, hundimientos o vibraciones que puedan perturbar el trabajo del torno o de afectar la estabilidad de cualquier construcción próxima.

En el caso de la cimentación se deberá de tener conocimiento previo de las condiciones del suelo y cuando no se cuenten con estos, se asumirán valores de diseño conservadores.

Debido al peso y fuerza de la máquina, se trabajará la cimentación con la fundición de una plancha de concreto que cubrirá toda la superficie inferior del torno CNC, y se hará por debajo del nivel del suelo. Para la determinación del tamaño correcto y barras de acero que se necesitan en la cimentación, se

tomaron en cuenta la velocidad y fuerza normal de la máquina, sus cargas estáticas y la localización de pernos de anclaje.

Los datos que se necesitan conocer para diseñar la cimentación del torno CNC marca Gildemeister, modelo CTX 400, serie 2, son los siguientes:

- Largo de la base: 4.53 m, aproximadamente
- Ancho de la base: 1.95 m, aproximadamente
- Altura del torno: 1.73 m, aproximadamente
- Peso del torno CNC: 5140 kg = 5.14 ton
- Velocidad de rotación cabezal: 5000 RPM

Las características del lugar y el material que se utilizará en la cimentación, se describen a continuación:

- Características del suelo (se usarán datos conservadores):

$$\text{Grava Cu} = 5000 \text{ ton/m}^3$$

$$\sigma_{\text{max, suelo}} = 15 \text{ ton/m}^2$$

- Se usará concreto que tiene un peso específico de 2.65 ton/m^3

$$F_y = 2812 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$$

- Coeficiente de tensión para un σ dinámico sin interrupción: $C_t = 3$

El cálculo estructural del cimiento debe cumplir con los requisitos de los códigos de construcción para concreto reforzado (ACI 318-77) usando los métodos que se especifican allí.

El proceso de cálculo para la cimentación es el siguiente:

- Estimación del peso del cemento (Debe ser 50 % más que la máquina):

$$1.5 \times \text{Peso de torno} = 1.5 \times 5.14 = 7.71 \text{ ton}$$

- Se va a adoptar una área de soporte de L: 5.1 m y b = 2.5 m; esto con base en que, según recomendaciones, el tamaño de la plancha debe ser mayor al de la máquina en aproximadamente 0.5 m como mínimo.
- Se calcula la velocidad angular de la máquina, como en el caso de esta que induce muy poca fuerza dinámica, su valor puede ser omitido.
- Se calcula el espesor de la cimentación:

$$H = \text{Peso de cemento} / (\text{Peso específico concreto}) (\text{Área})$$

$$H = 7.71 / (2.65)(5.1 \times 2.5) = 0.2282 \text{ m} = 0.23 \text{ m}$$

- Debido a que la fuerza dinámica es muy poca, la amplitud de vibración tiende a 0.
- El coeficiente de vibración por lo tanto equivale a su valor mínimo: $Y = 1$
- Se obtiene el valor de carga estática equivalente:

$$P_s = C_t \times Y \times (\text{Peso del cemento} + \text{Peso máquina})$$

$$P_s = 3 \times 1 \times (7.71 \text{ ton} + 5.14 \text{ ton}) = 38.55 \text{ ton}$$

- El valor de carga total equivalente es de:

$$P_t = P_s + (\text{Peso del cemento} + \text{Peso máquina})$$

$$P_t = 38.55 \text{ ton} + 7.71 \text{ ton} + 5.14 \text{ ton} = 51.4 \text{ ton}$$

- Se calcula el esfuerzo en el terreno, que debe ser menor a $\sigma_{\max, \text{suelo}}$:

$$\sigma = P_t / (\text{área}) = 51.4 \text{ ton} / (5.1\text{m} \times 2.5\text{m}) = 4.03 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma < \sigma_{\max, \text{suelo}} = 4.03 \text{ ton/m}^2 < 15 \text{ ton/m}^2 \text{ (cumple)}$$

Las medidas de la cimentación cumplen por lo tanto son adecuadas para trabajar; se procede entonces a calcular el diseño estructural del cimiento:

- Se calcula el esfuerzo último, para esto se usa un factor de seguridad de 1.4 para la carga estática y 1.7 para la carga total estática equivalente:

$$\sigma_{\text{Ult.}} = [1.4 (\text{Peso del cimiento} + \text{Peso máquina}) + 1.7 (P_t)] / \text{Área}$$

$$\sigma_{\text{Ult.}} = [1.4 (7.71 \text{ ton} + 5.14 \text{ ton}) + 1.7 (51.4 \text{ ton})] / (5.1\text{m} \times 2.5\text{m})$$

$$\sigma_{\text{Ult.}} = 8.26 \text{ ton/m}^2$$

- Se hace el cálculo de la distancia para las barras de acero en el lado menos crítico que es el lado largo; en este caso se utilizarán barras de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro ó 1.91 cm:

$$d = \text{Altura de cimiento} - \text{distancia libre} - 1.5 (\text{diámetro barra})$$

$$d = 23 \text{ cm} - 7.5 \text{ cm} - 1.5 (1.91) = 12.63 \text{ cm.}$$

- Se verifica que el esfuerzo de corte [V] no sea mayor al esfuerzo de corte admisible en el concreto (8.88 kg/cm²)

$$V = \sigma_{\text{Ult.}} \times (\text{Largo cimentación} - \text{Largo máquina}) / 2$$

$$V = 8.26 \text{ ton/m}^2 (5.1\text{m} - 4.53\text{m}) / 2 = 2.35 \text{ ton}$$

$$V = V \times 1000 / (0.85 \times d \times 100) = 2.35 \times 1000 / (0.85 \times 12.63 \times 100) =$$

$$V = 2.18 \text{ kg/cm}^2$$

$$2.18 \text{ kg/cm}^2 < 8.88 \text{ kg/cm}^2 \text{ (cumple)}$$

- Se calcula el momento flexionante del cimiento:

$$M = (\sigma_{Ult.} / 2) \times [(Largo cimentación - Largo máquina) / 2]^2$$

$$M = 0.335 \text{ ton-m}$$

- Se calcula el área de acero requerida (A_S) con base en la siguiente fórmula:

$$A_S^2 \left[\frac{F_Y^2}{1.7 \cdot f' C \cdot 100} \right] - A_S (F_Y \cdot d) + \frac{M \cdot 100000}{0.9} = 0$$

$$A_S^2 \left[\frac{2812^2}{1.7 \cdot 281 \cdot 100} \right] - A_S (2812 \cdot 12.63) + \frac{0.335 \cdot 100000}{0.9} = 0$$

$$A_S = 1.053 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{S \text{ total}} = 1.053 \text{ cm}^2/\text{m} \times 2.5 \text{ m} = 2.63 \text{ cm}^2$$

- Se determina el número de barras de acero:

$$\text{No. barras} = A_{S \text{ total}} / A_{\text{Acero}} = 2.63 \text{ cm}^2 / 2.85 \text{ cm}^2 = 0.92$$

- Se procede ahora con el lado crítico y se empieza con el cálculo de la distancia para las barras de acero en el lado corto:

$$d = \text{Altura de cimiento} - \text{distancia libre} - 0.5 (\text{diámetro barra})$$

$$d = 23 \text{ cm} - 7.5 \text{ cm} - 0.5 (1.91) = 14.54 \text{ cm}$$

- Se verifica que el esfuerzo de corte $[V]$ no sea mayor al esfuerzo de corte admisible en el concreto (8.88 kg/cm^2)

$$V = \sigma_{Ult.} \cdot x (Largo cimentación - Largo máquina) / 2$$

$$V = 8.26 \text{ ton/m}^2 (2.5\text{m} - 1.95\text{m}) / 2 = 2.27 \text{ ton}$$

$$V = V \times 1000 / (0.85 \times d \times 100) = 2.27 \times 1000 / (0.85 \times 14.54 \times 100) =$$

$$V = 1.84 \text{ kg/cm}^2$$

$$1.84 \text{ kg/cm}^2 < 8.88 \text{ kg/cm}^2 \text{ (cumple)}$$

- Se calcula el momento flexionante del cimiento:

$$M = (\sigma_{Ult.} / 2) \times [(Largo\ cimentación - Largo\ máquina) / 2]^2$$

$$M = 0.3123\ \text{ton-m}$$

- Se calcula el área de acero requerida (A_S) con base en la siguiente fórmula:

$$A_S^2 \left[\frac{F_Y^2}{1.7 * f'c * 100} \right] - A_S (F_Y * d) + \frac{M * 100000}{0.9} = 0$$

$$A_S^2 \left[\frac{2812^2}{1.7 * 281 * 100} \right] - A_S (2812 * 14.54) + \frac{0.3123 * 100000}{0.9} = 0$$

$$A_S = 0.8516\ \text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{S\text{total}} = 0.8516\ \text{cm}^2/\text{m} \times 5.1\text{m} = 4.34\ \text{cm}^2$$

- Se determina el número de barras de acero:

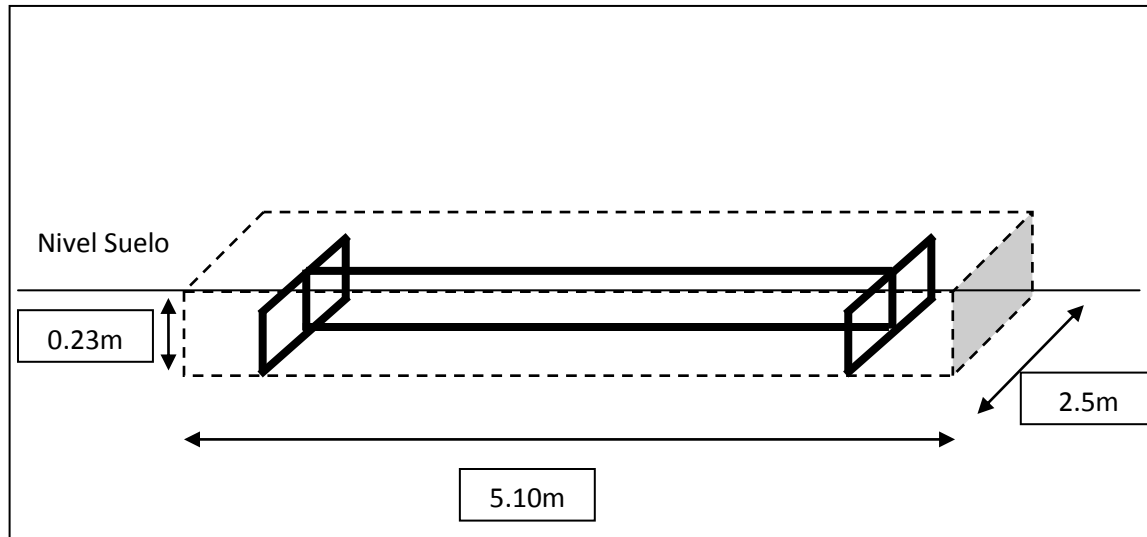
$$\text{No. Barras} = A_{S\text{total}} / A_{\text{Acero}} = 4.34\ \text{cm}^2 / 2.85\ \text{cm}^2 = 2\ \text{barras}$$

- Su espaciamiento será: (Largo cimiento- Espacio) / # de espacios

$$= (5.10\ \text{m} - 0.15\ \text{m}) / 1 = 4.95\ \text{m}$$

En resumen, la cimentación para el torno CNC será la construcción de una plancha de concreto de 2.5 m x 5.10 m x 0.23 m de ancho, largo y alto, respectivamente; que incluirá además un refuerzo de barras de acero de $\frac{3}{4}$ “ distribuida una barra en el lado corto y dos barras en el lado largo. El detalle de la cimentación se puede observar en la figura 9. Antes de verter la totalidad del concreto se deben de instalar los pernos de anclaje para que estos queden más seguros y evitar hacer agujeros posteriores en la plancha de concreto; según el diseño del torno CNC se utilizarán seis pernos de anclaje para su instalación.

Figura 8. **Detalle de cimentación para torno CNC**

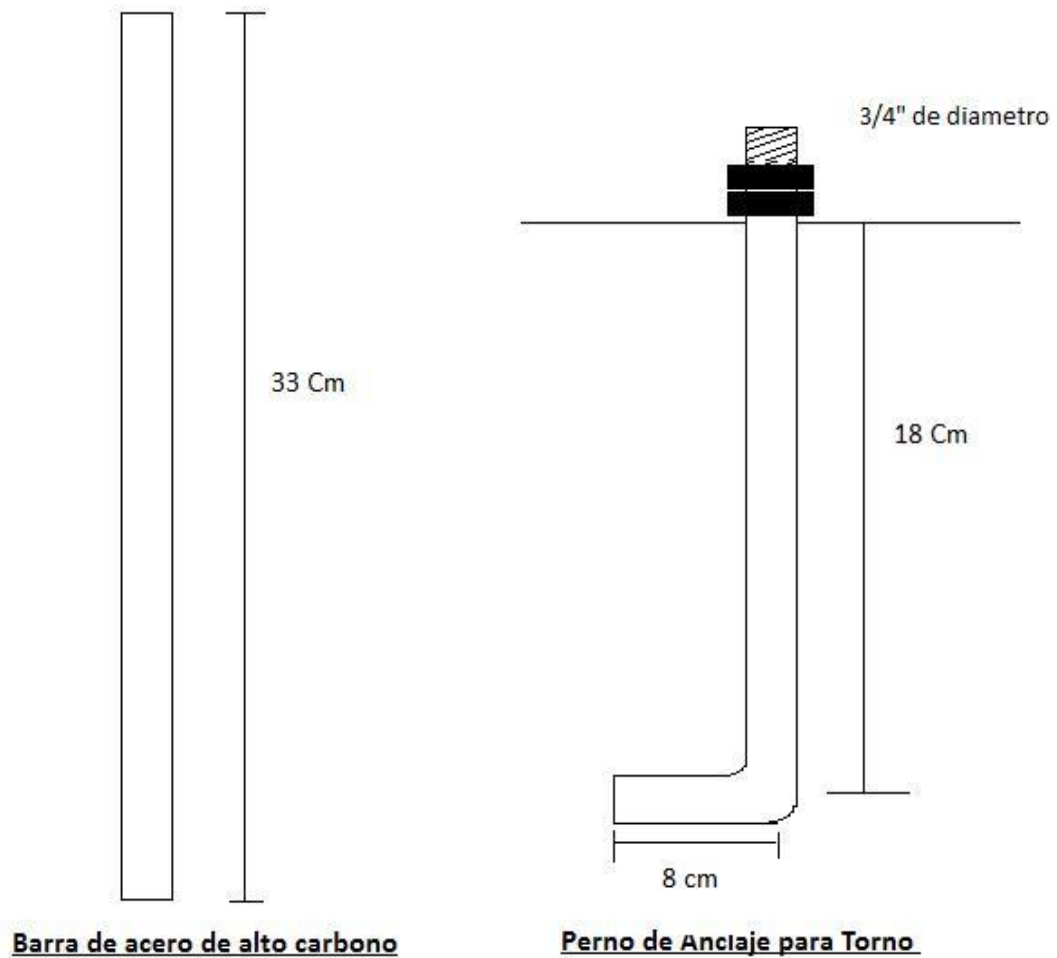


Fuente: elaboración propia.

Los pernos deben poseer las siguientes características: se fabricarán de barras lisas de acero de alto carbono y trabajadas en frío para minimizar el riesgo de que estas se quiebren. Se usarán anclajes tipo “L”, los cuales tendrán rosca en su extremo superior para poder asegurarlos con tuercas.

Debido a que la altura de la cimentación es relativamente corta, se usarán pernos de anclaje de diámetro $\frac{3}{4}$ ” y su longitud debajo del nivel del suelo será de 18 cm, dejando 5 cm de margen entre la parte inferior de la cimentación y el lugar donde van a ser colocados. La longitud de la “L” aproximando el patrón que se recomienda de 4 veces su diámetro, será de 8 cm. Se deberá de fabricar rosca ordinaria en la parte superior del anclaje y se usarán dos tuercas para asegurar los pernos en la parte superior. El detalle de los pernos de anclaje se puede observar en la figura 9.

Figura 9. **Detalle de fabricación de pernos de anclaje para la cimentación**



Fuente: elaboración propia.

Para eliminar el efecto de vibraciones, se instalará una plancha de dos milímetros de espesor de neopreno entre la cimentación y la parte inferior del torno; se escogió este material ya que es un buen dispersor de vibraciones y tiene aplicación en este caso, ya que ayudará a evitar el deslizamiento del torno.

Adicionalmente, se deberán de tomar en cuenta factores adicionales en la cimentación; por ejemplo se debe de fabricar como medida de seguridad un molde de madera de la parte inferior del torno, para así colocar los pernos en su lugar exacto cuando ya se está instalando el torno.

La proporción de la mezcla de concreto debe ser la correcta, lo aconsejable es: 1 parte de cemento, 2 1/2 de arena y 4 1/2 de piedrín. Por metro cúbico deben de usarse 161 litros de agua, 236 kg de cemento, 530 kg de arena y 985 kg de piedrín. Los pasos que se deben seguir para el montaje del torno se explicarán más adelante.

3.1.2. Costos de montaje

Para conocer los costos del montaje se debe determinar la cantidad necesaria de materiales, personal y operaciones para realizarlo.

El volumen de la cimentación servirá para determinar las cantidades de materiales que se necesitan en la mezcla. El volumen total está definido por:

$$V_t = 0.23 \times 5.10 \times 2.50 = 2.94 \text{ m}^3 = 3 \text{ m}^3$$

Siguiendo la mezcla adecuada para concreto, por metro cúbico la cantidad de cemento, arena, piedrín y agua debe de ser 708 kg, 1590 kg, 2955 kg y 483 kg, respectivamente.

Para determinar la cantidad de hierro de construcción de $\frac{3}{4}$ " que lleva la cimentación, se sumaron las longitudes totales y se necesitan 2 barras de 4.95 m, 4 barras de 2.35 m, 2 barras de 0.1263 m y 4 barras de 0.1454 m, lo que da un total de 20.13 m y por seguridad se trabajará con 21 m.

El área inferior del torno servirá para determinar la cantidad de madera y poliuretano necesaria para los moldes; en este caso el área es de 1.95 m x 4.93 m, lo que da un valor de 9.61 m² y por seguridad se trabajará con 10 m².

Para los anclajes se necesita 6 barras de acero de alto carbono de ¾" de diámetro de 33 cm de largo, por lo que se requiere de una barra de 2 m para luego cortarla en 6; los cortes, las tuercas y la fabricación de los pernos también se deben tomar en cuenta. Luego, la mano de obra para la cimentación, pues se deberá contratar un operario, quien se encargará de la excavación y fundición de la cimentación.

Por último, se debe de alquilar equipo de elevación, para colocar el torno CNC en su lugar.

Se deben trasladar todas las unidades métricas a como se venden en el mercado, por lo tanto se necesita de:

- 17 bolsas de cemento (1 bolsa de cemento contiene 42.5 kg)
- 2 m³ de arena (tomando en cuenta 1200kg de arena son 1 m³)
- 2m³ de pedrín (tomando en cuenta 1600 kg de pedrín son 1 m³)
- 4 varillas de hierro de construcción de ¾" (1 varilla mide 6 m)
- 10 m² de madera de pino para hacer molde (1 tabla aprox. 1 m²)
- 10 m² de plancha de neopreno de 2 mm de espesor
- 1 varilla lisa de acero de ¾" para anclajes (1 varilla mide 6 m)
- 12 tuercas para los anclajes
- 1 albañil contratado por obra
- Alquiler de equipo de elevación para instalar el torno

El costo promedio en el mercador guatemalteco de los materiales y herramientas que se necesitan para realizar el montaje es el siguiente:

Tabla VI. **Precio de materiales necesarios para el montaje del torno**

Descripción	Cantidad necesaria	Precio unitario	Precio total
Cemento	17 bolsas	Q 67,03	Q1 139,51
Arena	2 m ³	Q 106,92	Q 213,84
Piedrín	2m ³	Q 177,33	Q 354,66
Hierro de construcción de ¾"	4 varillas	Q 121,18	Q 484,72
Barra lisa ¾" diámetro	1 barra	Q 138,60	Q 138,60
Madera de construcción (1 tabla = 1 m ²)	10 m ²	Q 6 ,75	Q 67,50
Neopreno 2 mm de espesor área 1 m"	10 m ²	Q 168,76	Q 1687,76
Tuercas ¾" rosca ordinaria grado 8	12 tuercas	Q 13,71	Q 164,52
Fabricación de anclaje	6 anclajes	Q 12,00	Q 90,00
Alquiler polipasto de 5 ton por 1 hora	2 polipastos	Q 100,00	Q200,00
Mano de obra	1 albañil	Q 350,00	Q350,00
TOTAL			Q 4 891,11

Fuente: elaboración propia. Datos mayo de 2011.

3.2. Mantenimiento de torno CNC

El mantenimiento es un elemento muy importante en el desempeño de cualquier equipo para que trabaje en óptimas condiciones; este se define como una serie de trabajos que se necesita ejecutar en algún equipo, planta o método, con el fin de conservarlo y que preste el servicio para el cual fue diseñado. Actualmente existen muchos tipos de mantenimiento dentro de los cuales se pueden mencionar: mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y productivo total. Cada uno de estos tipos de mantenimiento ayudan a mantener el equipo operando y la elección depende principalmente de las necesidades de la empresa.

Para la elección del tipo de mantenimiento que se debe de utilizar en este equipo, se determinó qué es lo que más le conviene a la empresa, por lo que se analizaron los diferentes tipos, y se encontró lo siguiente:

El mantenimiento productivo total es el ideal para cualquier equipo ya que se basa en la eliminación de paros con la inclusión de todo el personal; pero tiene una desventaja enorme ya que consume muchos recursos de la empresa pues se necesita capacitar a todo el personal en mantenimiento, por lo que no es ideal para todas las empresas. En el mantenimiento predictivo se utilizan equipos adicionales para predecir cuándo un equipo va a fallar; pero a su vez estos equipos son muy costosos lo que no lo hace viable en esta empresa.

En el mantenimiento correctivo solo se trabaja en el mismo cuando es necesario; pero esa ventaja genera también problemas ya que solo se trabaja cuando el equipo falla, es decir el equipo no se puede utilizar para producir durante el tiempo que dure su reparación; además de que se pueden generar posibles daños irreparables en algunas partes del equipo. En el mantenimiento

preventivo se trata de prevenir posibles fallos con base en rutinas de mantenimiento establecidas, pero algunas veces los equipos fallan sin que se puedan detectar problemas internos dentro de los dispositivos.

3.2.1. Plan general de mantenimiento

Debido a que la empresa no cuenta con los recursos necesarios para ejecutar un mantenimiento productivo total y tampoco dispone de presupuesto extra para la compra de equipos de predicción, se trabajará un modelo sistemático de mantenimiento basándose en la prevención. El mantenimiento del torno CNC se trabajará bajo un método de chequeo preventivo, el cual se deberá realizar mensualmente como lo recomienda el manual para mantener el equipo en condiciones óptimas y lo deberá realizar una persona capacitada para esto.

Fundamentalmente, lo que se deberá verificar en este chequeo mensual es lo siguiente:

- Revisar y verificar la alimentación eléctrica del equipo
- Verificar si existen desgastes en las guías de la bancada
- Verificar el juego del husillo principal
- Verificar los conductos de lubricación y garantizar que la lubricación sea la ideal en las distintas partes del equipo
- Revisar si existen ruidos extraños en cualquier parte del equipo
- Limpieza del tablero
- Limpieza de desechos de materiales trabajados en el equipo
- Revisar todas las funciones principales del torno

3.3. Producción del torno CNC (tornillos)

En la actualidad existe una cantidad innumerable de tipos de tornillos debido a que son funcionales en, prácticamente, todas las actividades de los seres humanos, tanto personales como laborales. Debido a esto se determinó que el tipo de tornillo que se debe de fabricar para la producción en serie debe ser ampliamente demandable en los talleres industriales, apto para trabajar en el torno CNC, que mejore la utilidad (entre trabajar en un torno convencional y un torno CNC) y en general que sea benéfico tanto para la empresa como para el cliente. Considerando lo anterior, se decidió entre cuatro opciones las cuales se analizaron en el estudio de mercado.

Dados los resultados del estudio, las necesidades tanto de la empresa como del mercado, así como las desventajas de fabricar cada uno de los tornillos, se decidió hacer el estudio para la producción en serie de tornillos de centro con las medidas siguientes $\frac{1}{2}$ " (cuerpo) x $\frac{3}{4}$ " (cabeza) x 20 cm (largo).

Este tipo de tornillos se usa en tractores de todo tipo y normalmente fallan por fatiga lo que los hace imposibles de reparar, por lo que se necesita instalar nuevos. Un inconveniente cuando fallan es que son muy difíciles de conseguir en el mercado y debido a esto las compañías que usan tractores recurren a los talleres industriales para que los fabriquen como nuevos.

Considerando que es un producto altamente demandado para su fabricación, que la utilidad se puede aumentar y que actualmente no existe en el mercado alguna empresa que se dedique a atender este nicho de mercado, la fabricación de tornillos de centro para tractores es la más viable para producir en serie.

3.3.1. Producto a fabricar

Los tornillos de centro tienen una gran cantidad de aplicaciones dentro de las cuales se encuentra su uso en las suspensiones de los vehículos pesados. En algunos lugares se les conoce como pitón y su función principal es la de mantener dos o más piezas unidas y centradas, las cuales no requieren movimiento. Este tornillo es instalado a presión por lo que sus medidas deben ser precisas y necesarias, para que las piezas no tengan movimiento y queden aseguradas. La forma general del tornillo es la siguiente:

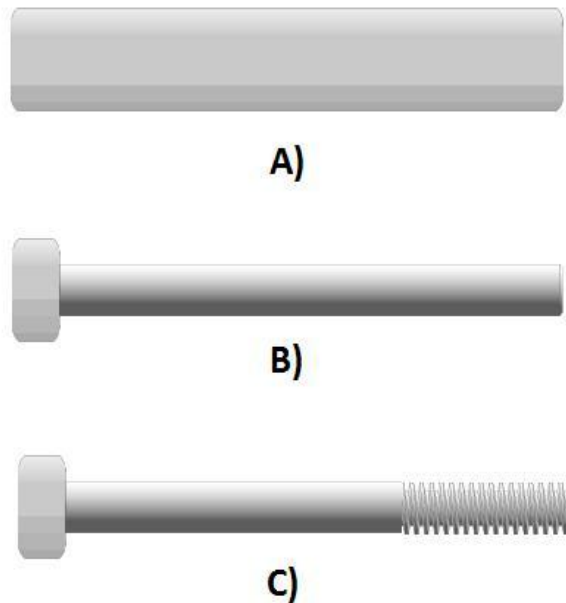
Figura 10. **Forma general de tornillo de centro**



Fuente: elaboración propia.

El material con que se fabrican, el grado de dureza y el tipo de rosca que se desea para este tornillo depende de la máquina para cual se va a utilizar. Generalmente, para automotores pesados lo más demandado es que sean de acero 705 ó 708 con un grado de dureza 12 y rosca ordinaria, para evitar que la rosca se dañe cuando se instale, ya que esto se hace a presión. El procedimiento básico para la fabricación de este tornillo en el torno CNC es el siguiente:

Figura 11. **Procedimiento para fabricar tornillo de centro**



Descripción:

A) Se trabaja a partir de una barra redonda del material que se va a fabricar el tornillo, si existen barras del diámetro final de la cabeza de tornillo esta solo se corta del largo requerido para el tornillo, si no existen barras de ese diámetro esta se desgasta en el torno hasta el diámetro requerido.

B) Con el torno se desgasta el cuerpo del tornillo hasta el diámetro requerido, no tocando la cabeza del tornillo.

C) Se fabrica la rosca del tornillo con las medidas requeridas.

Fuente: elaboración propia.

Como se pudo comprobar en el estudio de mercado, existen diferentes diversas medidas de tornillos de centro que son frecuentemente demandados por los clientes, ya que sus características dependen del uso que vayan a tener y el lugar donde van a ser instalados.

Se eligió trabajar para la producción en serie los tornillos de centro con mayor demanda en los talleres industriales, cuyas características son: tornillos de $\frac{1}{2}$ " de diámetro de rosca por $\frac{3}{4}$ " de diámetro de cabeza y $7 \frac{7}{8}$ " de largo, fabricados de acero 705, con grado de dureza 12 y rosca ordinaria. La fabricación del tornillo con estas medidas tiene la facilidad de que existe materia prima en el mercado, con el diámetro de cabeza y el grado de dureza necesario, lo que ahorra tiempo, como se explicó.

3.3.2. Tiempo de fabricación

El tiempo de fabricación de un tornillo con las características elegidas en el torno CNC a instalar, es de aproximadamente, 6 minutos de tiempo de trabajo. Lo que se traduce en poder producir 10 tornillos por hora y en una jornada ordinaria de trabajo, 80 tornillos. Esto establece una diferencia significativa con los 1.33 tornillos que se pueden producir con un torno convencional en una jornada de trabajo; la diferencia se atribuye a que en un torno convencional, los operarios necesitan verificar las medidas con micrómetro hasta que estas sean las necesarias y en el torno CNC no es necesaria esta operación solo hasta el final y como una medida de seguridad.

3.3.3. Costos de fabricación

Para la fabricación de tornillos de centro en el torno CNC se necesita principalmente de materia prima, mano de obra directa y otros gastos como energía eléctrica y algunas herramientas. Como se estableció anteriormente, la demanda estimada de este tipo de tornillos es de 800 por mes; para efectos del estudio de los costos de fabricación se añadió un 10 % como variable de holgura, por lo tanto la estimación de costos se evaluó con la cantidad de 880 tornillos. Los costos son los siguientes:

- Materia prima

La única materia prima necesaria para la producción de un tornillo de centro son barras de acero 705 de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, con una barra de un metro de largo se pueden producir 5 tornillos de centro con las medidas establecidas (de $\frac{1}{2}$ " de diámetro de rosca por $\frac{3}{4}$ " de diámetro de cabeza y 20 cm de largo), haciendo los cortes con las medidas exactas.

Debido a que se quiere trabajar la fabricación de tornillos en el torno CNC como máximo la mitad del tiempo ordinario de trabajo, es decir 88 horas por mes, se pueden producir 880 tornillos de centro. Por lo tanto se necesita del siguiente número de barras de acero 705 de $\frac{3}{4}$ " de diámetro:

No. barras necesarias = No. de tornillos a producir/ 5

No. barras necesarias= $880 / 5 = 176$ barras

El precio promedio de una barra de acero 705 de $\frac{3}{4}$ " de diámetro y un metro de largo en el mercado es de Q 114,81. Por lo que el valor total de materia prima es de:

Materia prima necesaria = Q 114,81 x 176 barras

Materia prima necesaria = Q20 206,56 al mes

- Mano de obra directa

El torno CNC cumple con la demanda de tornillos por sí solo y además únicamente necesita de un operario para manejarlo, por lo tanto, sólo se debe tomar en cuenta el salario de este; otro factor que se debe tomar en cuenta es que para cumplir con la demanda mensual de 880 tornillos, se puede ocupar solo la mitad del tiempo de una jornada normal de trabajo del torno CNC, es decir solo se tomará en cuenta la mitad del salario del trabajador.

Esto se puede comprobar con el número de tornillos que produce el torno por hora, si se trabajaran solo 4 horas, se producirían 40 tornillos en un día normal y trabajando un mes se obtendría la demanda 880 tornillos.

Por lo tanto el total de mano de obra directa es:

$$\text{MOD} = (\text{Salario mensual} \times \# \text{ trabajadores}) / 2$$

$$\text{MOD} = (\text{Q}2000 \times 1) / 2 = \text{Q} 1\ 000 \text{ al mes}$$

- Gastos de fabricación

Como se estableció previamente, la mano de obra indirecta que se toma en cuenta es la del vendedor y la secretaria, quien es la encargada de facturar a los clientes. Los salarios del vendedor y la secretaria son de Q 2 250 más la bonificación de ley, para cada uno solo se tomará un 10.42 % debido a que una venta dura en promedio 10 min y para completar la demanda en el mes se espera que haya en promedio 5 ventas por día ($50\text{min}/480\text{min} = 10.42\%$), solo de tornillos de centro, cabe aclarar. Este 10.42 % equivale a Q 260,42 de cada salario. La mano de obra indirecta total es de Q 520,84.

El corte que se le tiene que hacer a la materia prima se debe de considerar, ya que como se dijo, las barras vienen de 1m de largo (3.28 pies) y se deberá de cortar en 5 barras del mismo largo ($20\text{ cm} = 7\ 7/8''$), cada corte tiene un precio de Q 2.00 y se necesitan 4 cortes por barra; por lo tanto el total de gastos de corte equivaldría a Q 1 408 ($\text{Q} 2.00 \times 4 \text{ cortes} \times 176 \text{ barras}$).

La depreciación del torno CNC es de 20 % anual como toda la maquinaria en Guatemala. Por lo tanto la depreciación mensual será de 1.67% del precio del torno \$ 68 000 equivalentes a Q 8 744,12, (1 dólar = Q 7,70). Pero como el torno solo trabajará la mitad del tiempo con los tornillos y la otra mitad en otras actividades, solo se tomará la mitad de la depreciación mensual que es de Q 4 372,06.

Se debe tomar en cuenta la cuota patronal de los trabajadores que intervienen, la suma del salario ordinario con sus respectivos porcentajes de estos es de Q1 343,90, la cuota es la siguiente 10.67% de IGSS (Instituto Guatemalteco de Seguridad Social) equivalente a Q 143,39, 1% de IRTRA (Instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala) equivalente a Q 13,44 y 1% de INTECAP (Instituto técnico de capacitación y productividad), equivalente a Q 13,44.

Por último en los gastos de fabricación se debe tomar en cuenta la energía eléctrica que consumirá el torno CNC, tomando en cuenta que se necesita de 80 horas para cumplir con la producción de 800 tornillos y el torno tiene una potencia de 28.2 Hp (21.03 kwatts):

$$\text{Consumo} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo}$$

$$\text{Consumo} = 21.03 \text{ Kwatts} \times 80\text{h} = 1682.40 \text{ Kw h}$$

$$\text{*Energía Eléctrica} = \text{Q } 1,72 / \text{Kw h} \times 1682.40$$

$$= \text{Q } 2\,894,74$$

Para cumplir la demanda se puede trabajar solo la mitad del tiempo ya que el torno CNC trabaja más rápido. El costo unitario de fabricación con la utilización del torno CNC es de Q 34,95 (ver tabla VII.)

Tabla VII. Estado de costo de producción con la implementación del torno CNC

ESTADO DE COSTO DE PRODUCCIÓN			
TORNILLOS DE CENTRO FABRICADOS EN TORNO CNC			
Mensual			
	<u>Materia prima</u>		Q 20 206,56
+)	<u>Mano de obra directa</u>		Q 1 000,00
	Costo primo		Q 21 206,56
+)	<u>Gastos de fabricación</u>		
	Mano de obra indirecta	Q 520,84	
	Gastos de corte de piezas	Q 1,408,00	
	Depreciación	Q 4,372,06	
	Cuota patronal		
	IGGS	Q 143,39	
	IRTRA	Q 13,44	
	INTECAP	Q 13,44	Q 170,27
	Energía eléctrica	Q 2 894,74	Q 9 365,91
	COSTO DEL PRODUCTO		Q 30 572,47
	COSTO UNITARIO DEL	<u>Q 30 572,47</u>	
	PRODUCTO =	880 Unidades	= Q 34,95

Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Utilidades de fabricación

Para efectos de demostración se estableció que el precio de venta debe ser de 2 veces lo que cuesta hacer un tornillo, por lo tanto el precio unitario para la venta del tornillo a fabricar es de Q 69,90. (Con el posterior análisis financiero se comprobará si este precio establecido le conviene al empresario y hace que su inversión sea rentable). Considerando que el precio de venta para la fabricación de este tipo de tornillos en un torno convencional es de alrededor de Q 210,00 se puede decir que el precio nuevo es aceptable ya que se obtendrán ganancias por parte del empresario además de que se beneficiará a los clientes debido a que dicho precio disminuirá notablemente.

Con este precio se procede a calcular la utilidad con base en la demanda de 880 tornillos de centro al mes, como se dijo anteriormente este es el margen bruto de la utilidad, es decir antes de impuestos (para determinar la utilidad después de impuestos es necesario hacer un estudio de toda la empresa, el cual no es el objetivo de este trabajo de graduación). La utilidad es la siguiente:

$$\text{Utilidad antes de impuestos} = \text{Un.} \times \text{Pv} - \text{Un.} \times \text{Cu}$$

$$\text{Utilidad antes de impuestos} = 880 \times (\text{Q } 69,90) - 880 \times (\text{Q } 34,95)$$

$$\text{Utilidad antes de impuestos} = \text{Q } 30\ 756,00 \text{ mensuales}$$

Esta utilidad justifica por el momento que el torno CNC es capaz de mejorar las ganancias de la empresa. Con el posterior análisis financiero se determinará si el proyecto es factible y en cuánto tiempo el empresario recuperaría su inversión.

3.4. Análisis de costos del montaje y mantenimiento del Torno CNC

A continuación se detallarán los costos derivados tanto del montaje como del mantenimiento que conlleva la instalación del torno CNC. En la inversión inicial se toma en cuenta el valor del torno y el costo del montaje; para efectos del mantenimiento se subcontratará un técnico que lo realizará mensualmente. Cabe destacar que aquí todavía no son tomados en cuenta los costos de producción que se revisarán más adelante en el análisis financiero.

Tabla VIII. Análisis de costos de montaje del torno CNC

ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSIÓN INICIAL (MONTAJE)		
<u>Precio del torno CNC</u>	(\$ 1.00 = Q7.70)	Q 523 600,00
<u>Costos de montaje</u>		
Cemento	Q 1 139,51	
Arena	Q 213,84	
Piedrín	Q 354,66	
Hierro de construcción	Q 484,72	
Barra lisa ¾" diámetro	Q 138,60	
Madera de construcción	Q 67,50	
Neopreno	Q 1 687,76	
Tuercas	Q 164,52	
Fabricación de anclaje	Q 90,00	
Alquiler polipasto	Q 200,00	
Mano de obra	Q 350,00	Q 4 891,11
TOTAL DE INVERSIÓN INICIAL		Q 528 491,11

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Análisis de costos de mantenimiento del torno CNC**

ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO MENSUAL		
Subcontratación de técnico que realizara el mantenimiento una vez por mes		Q 300,00
TOTAL DE MANTENIMIENTO MENSUAL		Q 300,00

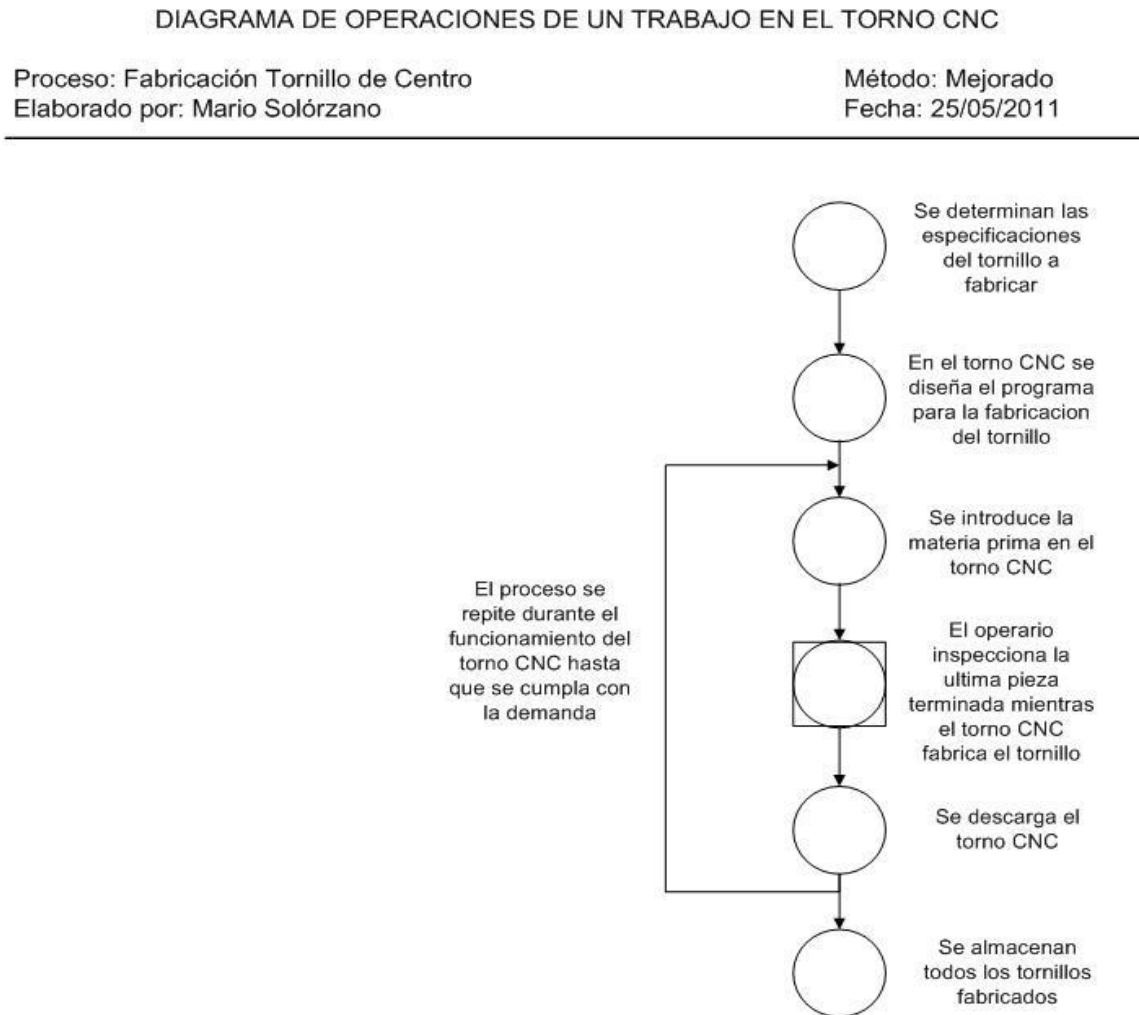
Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis de diagrama de operaciones con el montaje del torno CNC

Con el montaje del torno CNC se necesitará de menos operaciones para la fabricación de los tornillos como se puede ver en el diagrama de la figura 12.

Como se puede observar en el diagrama, son pocas las operaciones que se necesita realizar para fabricar tornillos de centro; podría decirse que la etapa del diseño del programa es la más crítica para poder obtener tornillos con las especificaciones establecidas.

Figura 12. Diagrama de operaciones para producir en el torno CNC



Fuente: elaboración propia.

3.6. Análisis de diagrama hombre máquina con el montaje del torno CNC

Para la fabricación de tornillos de centro en un torno CNC solo se necesita que un operario esté cargando y descargando la máquina y que a su vez inspeccione que las piezas terminadas cumplan con las especificaciones.

Figura 13. Diagrama hombre máquina para producir en el torno CNC



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama, el tiempo total aproximado de operación para la fabricación de un tornillo es de 6 minutos; en los cuales el operario carga, descarga e inspecciona la pieza mientras el torno CNC está en funcionamiento.

3.7. Análisis de diagrama Bi-manual con el montaje del torno CNC

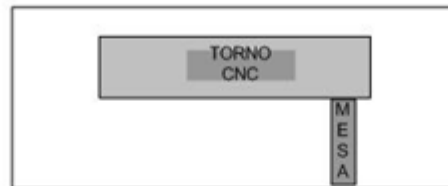
Con el diagrama bi-manual se representará por medio de los *therbligs* cómo se ocupan las manos del operario en la fabricación de tornillos de centro.

.Figura 14. Diagrama bi-manual para operación de torno CNC

DIAGRAMA BI MANUAL DE TRABAJO EN EL TORNO CNC

Proceso: Fabricación Tornillo de Centro
Elaborado por: Mario Solorzano

Método: Mejorado
Fecha: 25/05/2011



MANO IZQUIERDA			MANO DERECHA		
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO	TIEMPO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
			3"	Al T M So	Alcanzar Materia Prima
Cargar Máquina	P	24"	24"	P S	Cargar Máquina
			3"	Se	Activar Máquina
Inspeccionar Pieza Terminada	Al T M So I S	300"	300"	Al T M So I S	Inspeccionar Pieza Terminada
Descargar Máquina	Al M S	30"	30"	Al M S	Descargar Máquina

Detalle:		
Al = Alcanzar	So = Sostener	Se = Seleccionar
T = Tomar	P = Posicionar	I = Inspeccionar
M = Mover	S = Soltar	

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis financiero del montaje del torno

El siguiente análisis financiero determinará si el proyecto es factible; para el análisis se tomarán las siguientes consideraciones:

- El estudio se hará con la producción de 880 tornillos por mes (esto sólo para cubrir la demanda establecida aunque como se sabe, la capacidad de producción del torno es mayor); este valor se tomará para las ventas. Para producir 880 tornillos el torno sólo necesita trabajar la mitad del tiempo ordinario (4 horas), por lo que se puede utilizar la otra mitad para otros efectos (trabajos) que en este análisis no serán tomados en cuenta.
- Debido a que se espera tener una demanda estable, los costos variables mensuales que tienen que ver con la producción de tornillos siempre serán iguales, al igual que las ventas.
- El mantenimiento, como se describió anteriormente, se realizará una vez por mes con la subcontratación de un técnico.
- El proyecto se evaluará para 24 meses que es el tiempo máximo en que el empresario desea recuperar su inversión, ya que este cuenta con el dinero. Por esto último, se hará al final una comparación entre qué le beneficia más al empresario, si tener su dinero guardado o invertirlo en el torno.
- Las tasas pasiva y activa, así como el porcentaje de inflación, se tomaron de las establecidas por el Banco de Guatemala el día 25 de mayo de 2011. Nota: El Banco de Guatemala publica las tasas anuales; para efectos del análisis se convirtieron a tasas mensuales.

ANÁLISIS FINANCIERO

Tabla X. **Inversión inicial y costos fijos del proyecto**

INVERSIÓN INICIAL (MONTAJE)		
<u>Precio del Torno CNC</u>		Q 523 600,00
<u>Costos de montaje</u>	-	
Cemento	Q 1 139,51	
Arena	Q 213,84	
Piedrín	Q 354,66	
Hierro de ¾"	Q 484,72	
Barra lisa ¾"	Q 138,60	
Madera	Q 67,50	
Neopreno	Q 1 687,76	
Tuercas	Q 164,52	
Fabricación de anclajes	Q 90,00	
Alquiler polipasto	Q 200,00	
Mano de obra	Q 350,00	Q 3 660,85
TOTAL DE INVERSIÓN INICIAL		Q 528 491,11

COSTOS FIJOS	
Subcontratación de técnico que realizara el mantenimiento una vez por mes	Q 300,00
TOTAL DE COSTOS FIJOS MENSUALES	Q 300,00

* Los demás costos fijos van incluidos en el costo unitario del producto.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Ingresos según la demanda

INGRESOS				
Mes	Tornillos vendidos	Precio unitario		Total
1	880	Q	69,90	Q 61 512,00
2	880	Q	69,90	Q 61 512,00
3	880	Q	69,90	Q 61 512,00
4	880	Q	69,90	Q 61 512,00
5	880	Q	69,90	Q 61 512,00
6	880	Q	69,90	Q 61 512,00
7	880	Q	69,90	Q 61 512,00
8	880	Q	69,90	Q 61 512,00
9	880	Q	69,90	Q 61 512,00
10	880	Q	69,90	Q 61 512,00
11	880	Q	69,90	Q 61 512,00
12	880	Q	69,90	Q 61 512,00
13	880	Q	69,90	Q 61 512,00
14	880	Q	69,90	Q 61 512,00
15	880	Q	69,90	Q 61 512,00
16	880	Q	69,90	Q 61 512,00
17	880	Q	69,90	Q 61 512,00
18	880	Q	69,90	Q 61 512,00
19	880	Q	69,90	Q 61 512,00
20	880	Q	69,90	Q 61 512,00
21	880	Q	69,90	Q 61 512,00
22	880	Q	69,90	Q 61 512,00
23	880	Q	69,90	Q 61 512,00
24	880	Q	69,90	Q 61 512,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Costos variables según la demanda**

COSTOS VARIABLES				
Mes	Tornillos producidos	Precio unitario		Total
1	880	Q	34,95	Q 30 756,00
2	880	Q	34,95	Q 30 756,00
3	880	Q	34,95	Q 30 756,00
4	880	Q	34,95	Q 30 756,00
5	880	Q	34,95	Q 30 756,00
6	880	Q	34,95	Q 30 756,00
7	880	Q	34,95	Q 30 756,00
8	880	Q	34,95	Q 30 756,00
9	880	Q	34,95	Q 30 756,00
10	880	Q	34,95	Q 30 756,00
11	880	Q	34,95	Q 30 756,00
12	880	Q	34,95	Q 30 756,00
13	880	Q	34,95	Q 30 756,00
14	880	Q	34,95	Q 30 756,00
15	880	Q	34,95	Q 30 756,00
16	880	Q	34,95	Q 30 756,00
17	880	Q	34,95	Q 30 756,00
18	880	Q	34,95	Q 30 756,00
19	880	Q	34,95	Q 30 756,00
20	880	Q	34,95	Q 30 756,00
21	880	Q	34,95	Q 30 756,00
22	880	Q	34,95	Q 30 756,00
23	880	Q	34,95	Q 30 756,00
24	880	Q	34,95	Q 30 756,00

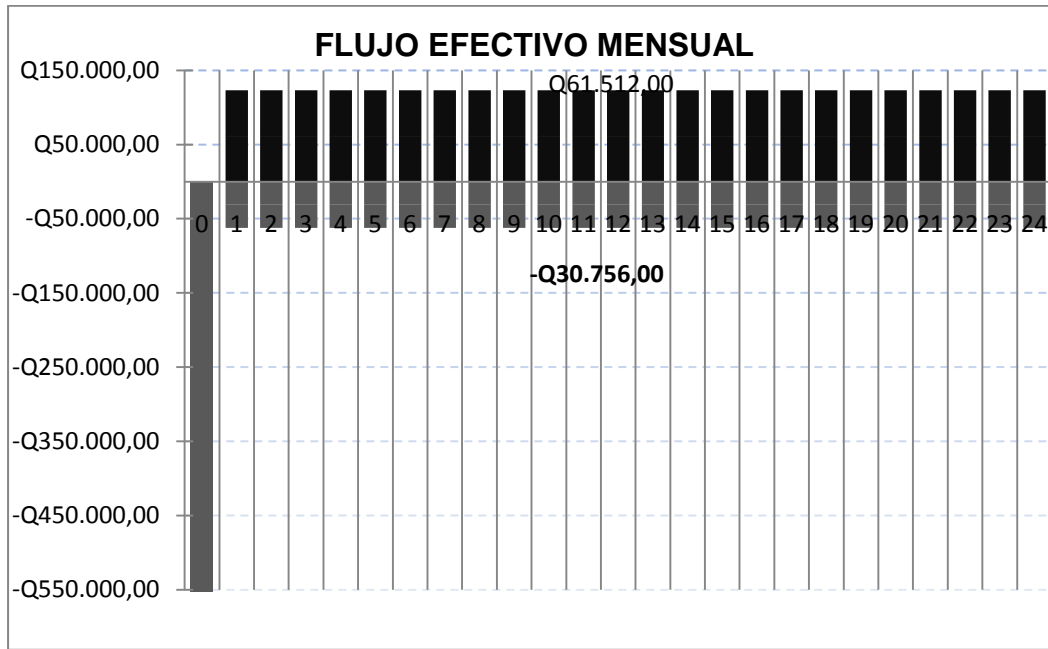
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Cálculo de depreciación de torno CNC**

Mes	% Dep.	Depreciación		Valor	Valor
	Mes	Por mes	Acumulada	inicio	al final
1	0.833%	Q 4 363,33	Q 4 363,33	Q 523 600,00	Q 519 236,67
2	0.833%	Q 4 363,33	Q 8 726,67	Q 519 236,67	Q 514 873,33
3	0.833%	Q 4 363,33	Q 13 090,00	Q 514 873,33	Q 510 510,00
4	0.833%	Q 4 363,33	Q 17 453,33	Q 510 510,00	Q 506 146,67
5	0.833%	Q 4 363,33	Q 21 816,67	Q 506 146,67	Q 501 783,33
6	0.833%	Q 4 363,33	Q 26 180,00	Q 501 783,33	Q 497 420,00
7	0.833%	Q 4 363,33	Q 30 543,33	Q 497 420,00	Q 493 056,67
8	0.833%	Q 4 363,33	Q 34 906,67	Q 493 056,67	Q 488 693,33
9	0.833%	Q 4 363,33	Q 39 270,00	Q 488 693,33	Q 484 330,00
10	0.833%	Q 4 363,33	Q 43 633,33	Q 484 330,00	Q 479 966,67
11	0.833%	Q 4 363,33	Q 47 996,67	Q 479 966,67	Q 475 603,33
12	0.833%	Q 4 363,33	Q 52 360,00	Q 475 603,33	Q 471 240,00
13	0.833%	Q 4 363,33	Q 56 723,33	Q 471 240,00	Q 466 876,67
14	0.833%	Q 4 363,33	Q 61 086,67	Q 466 876,67	Q 462 513,33
15	0.833%	Q 4 363,33	Q 65 450,00	Q 462 513,33	Q 458,150,00
16	0.833%	Q 4 363,33	Q 69 813,33	Q 458 150,00	Q 453 786,67
17	0.833%	Q 4 363,33	Q 74 176,67	Q 453 786,67	Q 449 423,33
18	0.833%	Q 4 363,33	Q 78 540,00	Q 449 423,33	Q 445 060,00
19	0.833%	Q 4 363,33	Q 82 903,33	Q 445 060,00	Q 440 696,67
20	0.833%	Q 4 363,33	Q 87 266,67	Q 440 696,67	Q 436 333,33
21	0.833%	Q 4 363,33	Q 91 630,00	Q 436 333,33	Q 431 970,00
22	0.833%	Q 4 363,33	Q 95 993,33	Q 431 970,00	Q 427 606,67
23	0.833%	Q 4 363,33	Q 100 356,67	Q 427 606,67	Q 423 243,33
24	0.833%	Q 4 363,33	Q 104 720,00	Q 423 243,33	Q 418 880,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Flujo efectivo mensual del proyecto



Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Cálculo de tasa ponderada

Capital propio	Q 528 491,11
* Tasas según Banco de Guatemala 25/05/2011	
*Tasa pasiva mensual	0,44%
*Porcentaje de inflación mensual	0,22%
Ganancia esperada mensual	1,00%
*Tasa activa mensual	1,12%
Tasa del inversionista	1,66%
Tasa ponderada mensual	1,66%

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Resultados de análisis financiero**

Valor presente	Q 156 361,51
TIR (% mensual)	4,044%
VAUE	Q7 949,75
Análisis B/C	
Valor presente beneficios	Q 1 209 863,91
Valor presente costos	-Q 942 110,15
Relación B/C	1.28

Fuente: elaboración propia.

Considerando el análisis financiero se puede comprobar que el montaje del torno CNC es rentable debido a que los índices indican un valor presente positivo; por lo tanto un valor anual uniformemente equivalente positivo, con una tasa ponderada menor que la tasa interna de retorno y por último una relación beneficio costo mayor que 1.

A continuación se realiza una comparación con el qué pasaría si el empresario deja su dinero (el monto de la inversión inicial, Q 528 491,11) en el banco, ganando intereses y nunca lo invirtiera, es decir el costo de oportunidad.

El Banco de Guatemala tiene una tasa pasiva de 1.78% anuales para depósitos de ahorro al 25 de mayo de 2011 que es la fecha cuando se hace el estudio. Por lo tanto, si el empresario dejara su dinero en el banco al final de los dos años obtendría la siguiente ganancia por intereses:

Tabla XVI. **Comparación con costo de oportunidad al no invertir el dinero**

Monto	Tasa pasiva anual	Monto ganando intereses al final de 2 años	Costo de oportunidad
Q 528 491,11	1.78%	Q537 898,25	Q 9 407,14

Fuente: elaboración propia.

Como se puede comprobar, el costo de oportunidad es mucho menor que las ganancias que se obtendrían con el torno; por lo tanto el proyecto le genera más rentabilidad al empresario que tener su dinero en el banco.

3.9. Beneficios obtenidos por la empresa con el montaje del Torno

Con los análisis hechos se puede comprobar que los beneficios con el montaje del torno son los siguientes:

- El proyecto es factible como lo indica el análisis beneficio costo mayor que 1; esto indica que el empresario recuperará su inversión.
- El tiempo de operación para la fabricación de un tornillo disminuirá considerablemente de 360 minutos a 6.
- El costo unitario de producción disminuirá considerablemente y por ende se puede vender a un menor precio, lo que beneficiará a los clientes.

- Las utilidades de la empresa mejorarán, debido en gran parte, al tiempo que se ahorra en la producción de tornillos.
- El número de clientes para estos tornillos aumentará debido a que el precio será menor.
- El precio que se determinó es bueno pues como ya se mencionó se beneficia al cliente; ya que este nuevo precio (Q 69,90) es mucho más bajo que el actual (Q 210,00), y a la vez beneficia al empresario, debido a que genera utilidades positivas.
- Al trabajar solo la mitad del tiempo con el torno CNC, este puede ocuparse en otras actividades.
- El empresario recuperará su inversión en un tiempo menor al que había establecido de 24 meses. Y tendrá mejores utilidades de su dinero que al tenerlo en el banco.

3.9.1. Determinar productividad

La productividad está determinada por la relación entre lo que se produce y lo que se gasta para producir. Para el torno CNC la productividad es:

$$P = (\# \text{ tornillos producidos} / \# \text{ horas hombre}) =$$

$$\text{Productividad} = 880 \text{ tornillos} / 88 \text{ H-h} = 10 \text{ unidades por cada hora hombre}$$

4. IMPLANTACIÓN Y MODIFICACIÓN DEL PROGRAMA

A continuación se procede a describir la guía para el montaje del torno CNC, estableciendo claramente los pasos que se deben ejecutar para que el montaje sea el óptimo y sirva de referencia para futuros montajes de este tipo de tornos.

4.1. Montaje de torno CNC

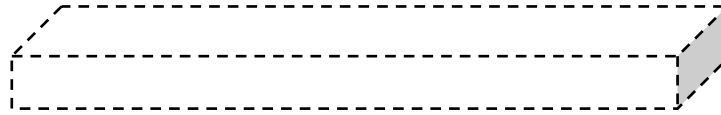
Como se describió anteriormente, el montaje del torno CNC consistirá en la construcción de una plancha de concreto que servirá como base al torno, asegurado con pernos de anclaje; el lugar donde se realizará la cimentación será un suelo firme a base de grava. El detalle de los pasos, el lugar dentro de la empresa y las herramientas que se utilizarán, se describen a continuación.

4.1.1. Pasos para el montaje

Con base en los cálculos de la cimentación, en cuanto a materiales, personal y herramientas, se deben seguir los siguientes pasos para el montaje del torno:

- Paso 1: se debe despejar el lugar seleccionado para la cimentación dentro de la empresa; posteriormente se procederá a medir y marcar el lugar donde se realizará la excavación necesaria. Esto según las medidas que se determinaron en el detalle de la cimentación (5.10 m x 2.50 m x 0.23 m).

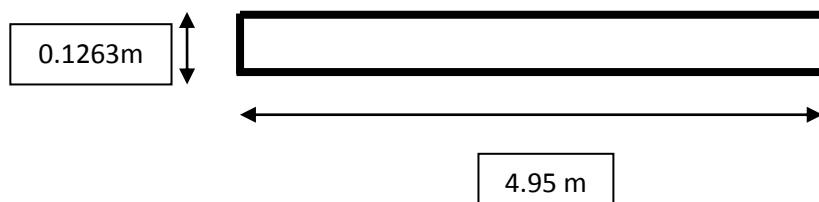
Figura 16. **Detalle de área a excavar para cimentación (fosa)**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 2: la persona encargada de la obra procede a excavar el área ya delimitada con la profundidad establecida, hasta que quede nivelada en toda la superficie.
- Paso 3: con la fosa ya nivelada, se procede a realizar el único armado longitudinal de hierro de construcción de $\frac{3}{4}$ ", como se muestra en la figura, con las medidas establecidas.

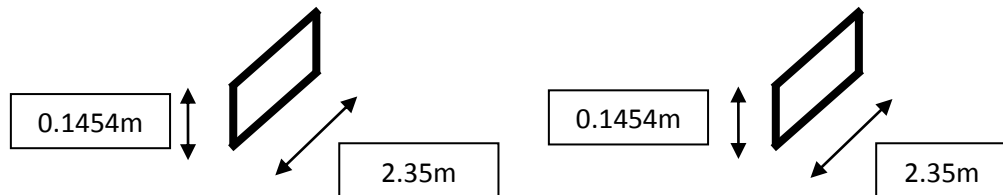
Figura 17. **Detalle de armado longitudinal de hierro para cimentación**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 4: se realizan los dos armados transversales de hierro de construcción de $\frac{3}{4}$ ", como se muestra en la siguiente figura.

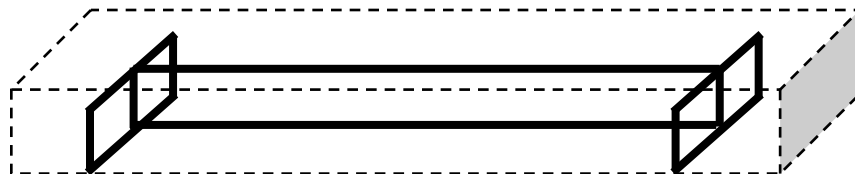
Figura 18. **Detalle de armado transversal de hierro para cimentación**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 5: se ensambla el armado transversal y el longitudinal y se colocan en su posición en la fosa, es decir al centro de esta.

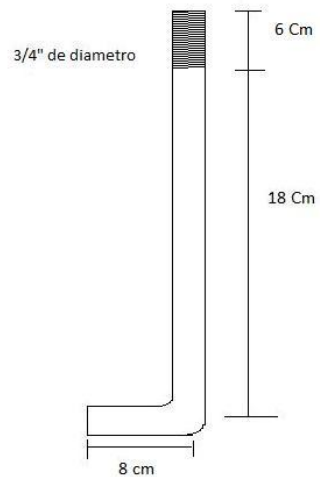
Figura 19. **Detalle de armado de hierro dentro de la fosa**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 6: con la madera se hace un molde de la parte inferior del torno, se procede a perforar el molde en el lugar donde van a ser instalados los pernos, esto como referencia.
- Paso 7: se procede a fabricar los 6 pernos de anclaje con las barras lisas, y las medidas previamente establecidas.

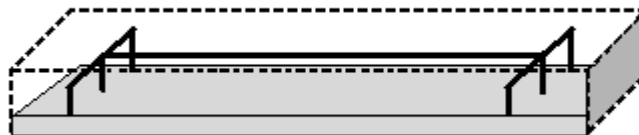
Figura 20. **Detalle de pernos de anclaje**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 8: se hace la mezcla de concreto con las proporciones ya establecidas y se vierte en la fosa hasta una altura de 5 cm.

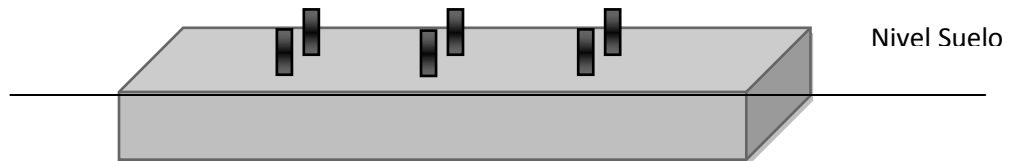
Figura 21. **Detalle llenado inicial de concreto**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 9: con la ayuda del molde de madera, se colocan los seis pernos en la fosa para que estos queden en el lugar exacto; se debe de verificar el nivel de estos, luego se procede a rellenar el resto de la fosa.

Figura 22. **Detalle de cimentación finalizada**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 10: mientras la cimentación fragua, se hace un molde de la parte inferior con la plancha de espuma de poliuretano y luego se coloca sobre la cimentación; esta servirá como aislante de vibración.
- Paso 11: ya con la cimentación seca, con la ayuda de polipastos, se procede a elevar el torno CNC sobre la cimentación y luego es colocado en su lugar exacto, de manera que los pernos de anclaje queden en el lugar establecido.
- Paso 12: el último paso consiste en instalar las tuercas de seguridad en los pernos de anclaje, dos por perno.

4.1.2. Lugar de montaje

La cimentación del torno CNC se realizará en un terreno de consistencia firme, compuesto principalmente de grava y roca. En toda la extensión que cubra la cimentación, no se deberán colocar otras máquinas y se deberá de dejar libre el espacio; esto debido a que la cimentación se encuentra diseñada solo para el torno CNC.

4.1.3. Herramienta para montaje

Para el montaje las personas encargadas de su realización deberán de contar principalmente con palas, piochas, alambre de amarre, alicate, medidor de nivel, sierra, serrucho, metro, polipastos, llaves de tuercas, torquímetro y un torno para realizar la rosca de los anclajes.

4.2. Descripción de grasas y lubricantes a utilizar en el mantenimiento

La lubricación en cualquier equipo mecánico es de gran importancia para su desempeño óptimo, ya que evita desgastes en la maquinaria, además de disminuir la fuerza de fricción de las distintas partes móviles de la máquina. La lubricación de un equipo puede ser por medio de aceites minerales, aceites sintéticos, grasas o fluidos gaseosos.

En este tipo de torno, la lubricación es automática como en la mayoría de los tornos CNC que se usan en la actualidad. Esto garantiza tener una lubricación adecuada y confiable en sus partes móviles sin perder lubricante por aplicaciones excesivas. Cuenta con un medidor de lubricante el cual establece la cantidad con la que se cuenta.

4.2.1. Cantidades a utilizar

Al tratarse de un torno con lubricación automática, la cantidad de lubricante a utilizar para el mantenimiento, dependerá del medidor incorporado en el torno CNC, el cual indicará la cantidad necesaria que se va a utilizar.

4.2.2. Frecuencia de cambio de aceites y/o lubricantes

La frecuencia del cambio de aceite en el mantenimiento también dependerá del medidor incorporado de lubricante en el torno CNC; por la misma razón de ser un torno con lubricación automática.

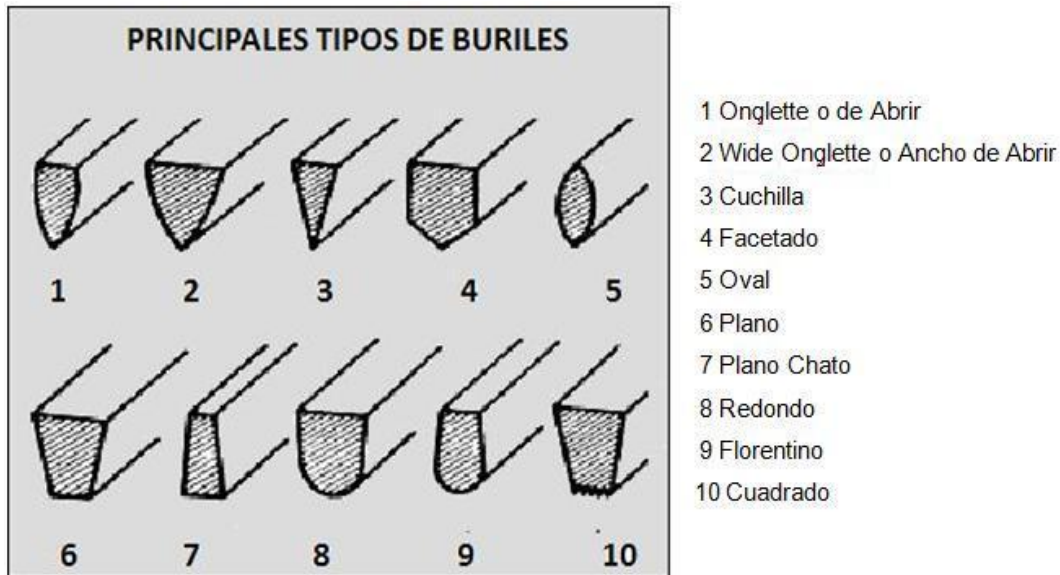
4.3. Stock de repuestos necesarios para el mantenimiento

Para evitar contratiempos cuando se realice el mantenimiento, es necesario tener ciertos repuestos para poderlos cambiar fácilmente en el torno. Pero esto no siempre es posible ya que la mayoría de repuestos tienen un precio muy elevado y no siempre son necesarios. Por lo que debido a las necesidades de la empresa solo se puede contar con los repuestos que realmente son necesarios y cuyas piezas se dañan debido al constante uso, como por ejemplo las herramientas de corte.

4.3.1. Descripción de repuestos

Tanto para el mantenimiento efectivo como para las diversas operaciones del torno CNC, se debe contar con repuestos de las herramientas de corte o buriles dentro de los cuales se tienen los siguientes: de abrir, ancho de abrir, cuchilla, facetado, oval, plano, plano chato, redondo, florentino y cuadrado.

Figura 23. Principales tipos de buriles



Fuente: <http://www.ganoksin.com/borisat/nenam/engraving-10-4.htm> 10/07/2011

4.3.2. Costo de repuestos

El costo de una herramienta de corte como un buril varía dependiendo del material del cual están hechos, este costo oscila entre Q 25,00 y Q 2 000,00; dentro de los buriles más comunes, aunque también existen buriles que tiene un precio mayor.

4.4. Stock de herramientas para el uso del torno CNC

Para efectuar un mantenimiento efectivo del torno CNC, se necesita contar con ciertas herramientas que ayudarán al técnico en su labor.

4.4.1. Descripción de herramientas

Si la empresa desea realizar con su personal el mantenimiento, deberá de contar con ciertas herramientas. Las principales herramientas para el mantenimiento con las que se debe contar para trabajar en el torno CNC son:

- Multímetro
- Destornilladores
- Alicates
- Pinzas
- Osciloscopio
- Compresor de aire

Sin estas herramientas no se puede realizar un mantenimiento efectivo, ya que son necesarias para el plan general de mantenimiento.

4.4.2. Costos de herramientas

El valor de las herramientas necesarias en el mercado guatemalteco es variable, por lo que se estableció un promedio para determinar el costo. (ver tabla XVII.).

Tabla XVII. Costo de herramientas para el mantenimiento del torno CNC

Herramienta	Precio medio por unidad (Q)
Multímetro digital marca Fluke	Q 1 200,00
Destornillador Phillips	Q 10,00
Destornillador Allen	Q 40,00
Destornillador Plano	Q 10,00
Alicate	Q 15,00
Pinzas	Q 12,50
Osciloscopio marca Daymatek	Q 3 500,00
Compresor de aire marca Air Coleman	Q 4 100,00
TOTAL	Q 8 887,50

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA

5.1. Cronograma de actividades para un mantenimiento efectivo

El mantenimiento se deberá realizar una vez al mes, siguiendo el procedimiento descrito en la figura 24.

5.2. Estimación de cantidad de piezas que se pueden producir según las horas de trabajo

A continuación se detallarán las cantidades establecidas y máximas de tornillos de centro de $\frac{1}{2}$ " de diámetro de rosca y $7 \frac{7}{8}$ " (20 cm) de largo, que se pueden producir en el torno CNC:

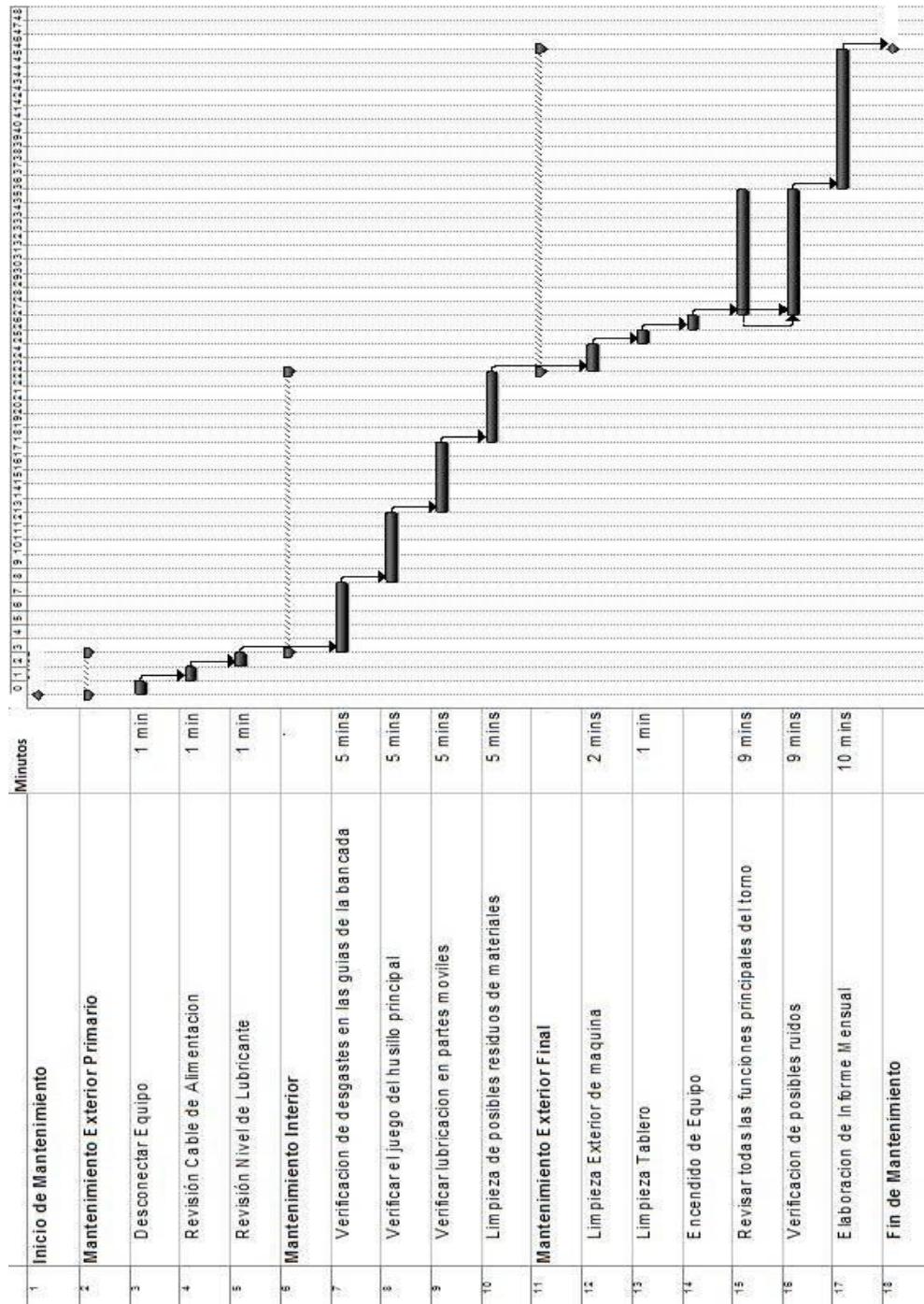
Tabla XVIII. **Producción máxima de tornillos de centro según tiempo de trabajo**

Tiempo	Producción establecida	Producción máxima
1 hora	10 tornillos	10 tornillos
1 día	40 tornillos	80 tornillos
1 semana	220 tornillos	440 tornillos
1 mes	880 tornillos	1760 tornillos
1 año	10,560 tornillos	21,120 tornillos

Fuente: elaboración propia.

La producción establecida es con base en el tiempo que la empresa considera gastar en la producción de tornillos en el torno CNC y la producción máxima está basada en medidas de tiempo comerciales.

Figura 24. Diagrama de Gantt para mantenimiento de torno CNC



Fuente: elaboración propia.

5.3. Pronósticos sobre la demanda de tornillos

La demanda se estableció en 880 tornillos mensuales en los primeros dos años; este dato es el máximo de tornillos que se piensa trabajar en el torno CNC, pero si el negocio va bien y la demanda rebasa la capacidad establecida, se puede trabajar en el torno con su producción máxima y así poder cumplir con la demanda.

5.4. Análisis de rentabilidad

Con una demanda optimista es decir producción máxima, se trabajará un análisis de rentabilidad de la producción de tornillos de centro, para conocer si es viable trabajar al máximo de capacidad.

Para analizar el estado de costo de producción para la producción máxima (1760 tornillos) se doblaron los valores de la demanda para la producción establecida (880 tornillos). Se utilizará el mismo precio de venta de Q 69.90 para tener una mejor comparación.

Tabla XIX. **Estado de costo de producción de la producción máxima mensual de tornillos de centro**

ESTADO DE COSTO DE PRODUCCIÓN			
TORNILLOS DE CENTRO FABRICADOS EN TORNO CNC			
Producción máxima mensual			
<u>Materia prima</u>			Q 40 413,12
+ <u>Mano de obra directa</u>			Q 2 000,00
Costo primo			Q 42 413,12
+ <u>Gastos de fabricación</u>			
Mano de obra indirecta		Q 1 041,68	
Gastos de corte de piezas		Q 2 816,00	
Depreciación		Q 8 744,12	
Cuota patronal			
IGGS	Q 286,78		
IRTRA	Q 26,88		
INTECAP	Q 26,88	Q 340,54	
Energía eléctrica		Q 5 789,48	Q 18 731,82
Costo del producto			Q 61 144,94
COSTO UNITARIO DE	<u>Q 61 144,94</u>	=	Q
PRODUCTO =	1760 Un.		34,74

Fuente: elaboración propia.

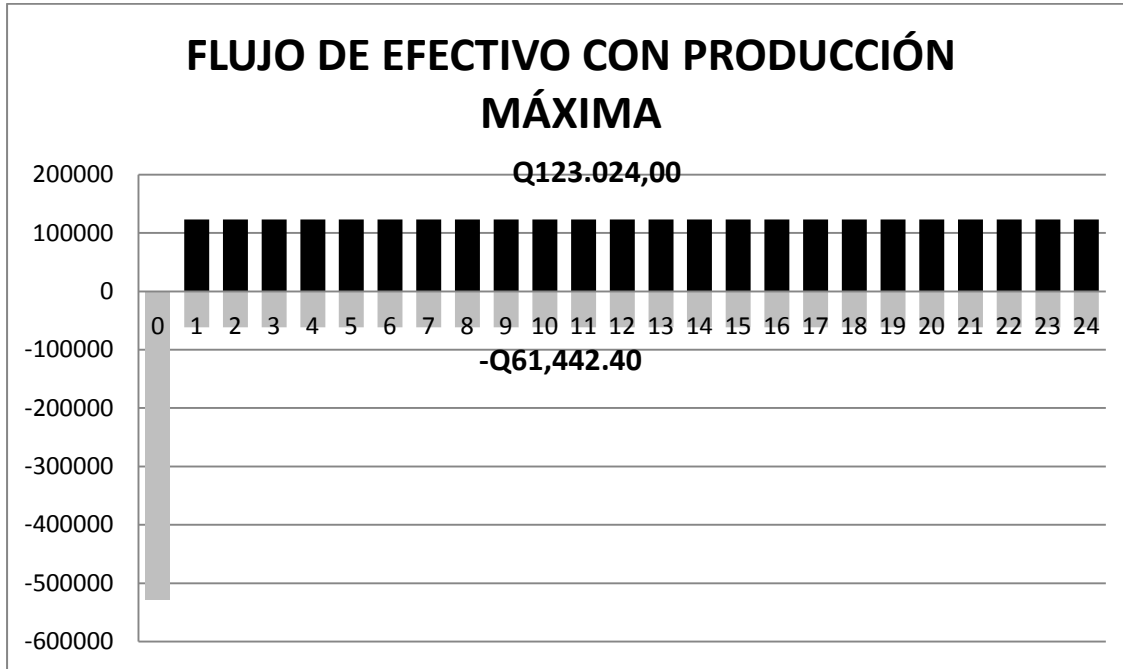
Para la producción máxima, los costos de mantenimiento, así como de la inversión inicial se mantienen iguales: Q 300,00 mensuales y Q 528 491,11, respectivamente.

Tabla XX. Ingresos y egresos variables con producción máxima

		INGRESOS		COSTOS PRODUCCIÓN.	
M	Tornillos	Precio unitario	Total	Costo unitario	Total
1	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
2	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
3	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
4	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
5	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
6	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
7	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
8	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
9	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
10	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
11	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
12	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
13	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
14	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
15	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
16	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
17	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
18	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
19	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
20	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
21	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
22	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
23	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40
24	1760	Q 69,90	Q 123 024,00	Q 34,74	Q 61 142,40

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Flujo efectivo mensual del proyecto con producción máxima



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Cálculo de tasa ponderada con producción máxima

Capital propio	Q 528 491,11
* Tasas Según Banco de Guatemala 25/05/2011	
*Tasa pasiva mensual	0.44%
*Porcentaje de inflación mensual	0.22%
Ganancia esperada	2.00%
*Tasa activa mensual	1.12%
Tasa del inversionista	2.66%
Tasa ponderada mensual	2.66%

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resultados de análisis financiero con producción máxima**

VALOR PRESENTE	Q707 365,92
TIR	12.52%
VAUE	Q40 242,25
ANÁLISIS B/C	
Valor presente beneficios	Q2 162 477,93
Valor presente costos	-Q1 106 465,38
Relación B/C	1.95

Fuente: elaboración propia.

Si la producción en el torno CNC fuera máxima, el proyecto tendría mejores dividendos para la empresa, ya que se tendría una relación beneficio-costos mucho mejor que con la producción establecida. Otros índices como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Anual Uniformemente Equivalente (VAUE) depararán también mejores dividendos para la empresa. Incluso se podría considerar una rebaja en el precio de venta y la empresa seguiría obteniendo mejores dividendos que produciendo solo la demanda establecida.

Sin embargo la demanda debe ser mayor que la capacidad de producción para que esto suceda, ya que de lo contrario si no se venden las piezas, la empresa tendría pérdidas. Por lo tanto es recomendable hacer estudios de

mercado cada cierto periodo para determinar cómo se comporta la demanda después de instalar el torno CNC.

5.5. Análisis de productividad

La productividad en el caso de trabajar con la producción máxima sería la misma que en el caso de la producción establecida, esto debido a que la capacidad del torno es la que va a regir la productividad para la producción de tornillos.

$$P = (\# \text{ tornillos producidos} / \# \text{ horas hombre}) =$$

Productividad = 1760 tornillos/ 176 H-h = 10 unidades por cada hora hombre.

6. ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Problemas de contaminación o desperdicios

Con el montaje del torno CNC se pueden dar algunos problemas con respecto de contaminar de alguna forma el medio ambiente o la salud de los trabajadores de la empresa; esto debido al funcionamiento del torno y a los desperdicios de producción que genera. Dentro de estas posibilidades de contaminación se encuentran desperdicios de viruta y lubricantes, daños auditivos y un consumo de electricidad excesivo; por lo tanto se analizarán sus posibles efectos.

6.1.1. Contaminación por viruta

Las empresas de tornos industriales como todas las que generan residuos tienden a tener un problema con los desperdicios que genera el proceso; uno de estos problemas es la viruta que puede causar una gran cantidad de contaminación tanto para el medio ambiente como para las personas e inclusive para el torno mismo; dentro de estos problemas se pueden enumerar los siguientes:

- Desgaste en las piezas del torno
- Contaminación del lubricante utilizado en el torno
- Problemas en las vías respiratorias de quienes aspiran viruta
- Contaminación en aguas
- Taponamiento en tragantes y reposaderas de desagües

- Si el material con que se trabaja es nocivo, la viruta será nociva para la salud.
- Puede producir la proliferación de ácaros y otros insectos

El principal problema que puede presentar la viruta es en el mismo torno ya que tiende a esparcirse en los espacios pequeños lo cual puede producir desgastes en el mismo, reduciendo su tiempo de vida útil.

La viruta, si no es eliminada correctamente, contamina el lubricante que se utiliza en el torno, lo cual genera costos adicionales en mantenimiento y en mayor cantidad del lubricante que se utiliza.

Adicionalmente, se debe de considerar que la viruta puede contaminar las vías respiratorias de los trabajadores y de la población en general que esté en contacto con ella, ya que se generan partículas pequeñas que pueden entrar en los organismos de las personas, causando alergias, principalmente.

Si el contacto es directo, la viruta puede producir alergias en la piel dependiendo de la composición de materiales con la que se esté trabajando. También puede ser nociva para la salud en otros sentidos, como por ejemplo si existen residuos de plomo, estos pueden causar hasta la muerte.

La viruta en grandes cantidades, si no es eliminada o reciclada correctamente, puede presentar el problema de contaminar el agua, tapar tragantes o reposaderas destinadas para los desagües. Por lo tanto es de gran importancia el desecho correcto de estos residuos.

6.1.2. Contaminación por lubricantes

En los tornos como en casi todas las máquinas herramienta modernas, se utilizan lubricantes para un mejor desempeño en la movilidad de cada una de sus piezas y disminuir de este modo la fuerza de fricción que se pueda presentar en el funcionamiento de la máquina. Ya que como se sabe la fuerza de fricción produce desgaste en las piezas mecánicas, hecho que limita la vida útil de estas.

Un lubricante está compuesto principalmente por una mezcla de base mineral o sintética con aditivos, durante su uso se contamina con distintas sustancias tales como agua, partículas mecánicas (por el desgaste de piezas), productos de la oxidación, etc., lo que reduce la calidad del lubricante. Cuando esto pasa, el lubricante ya no cumple con lo que de él se demandaba, por lo tanto es retirado y reemplazado por otro nuevo. Esto genera un lubricante usado que ya no es útil en el proceso; este aceite es un problema ya que puede producir contaminación tanto en el aire, como en el agua y en el suelo, si no es desechado de la manera correcta.

La contaminación en el aire se produce si se decide quemar el lubricante usado, ya que genera gases nocivos para el medio ambiente y para las personas, si no se tiene un sistema eficaz de depurado de gases.

La contaminación en el agua se produce debido a que los lubricantes no se disuelven con el agua, no son biodegradables y al contrario, generan películas impermeables que no permiten el paso de oxígeno en el agua y matan la vida que puede haber en ella. El lubricante generalmente llega al agua porque se elimina en desagües.

Si se elimina el lubricante a través del suelo este también genera contaminación debido a que produce la destrucción del humus en los suelos y, por tanto, la fertilidad de los mismos; además de que puede contaminar aguas subterráneas. Debido a todos estos problemas de contaminación, la eliminación correcta de los lubricantes es de gran importancia.

6.1.3. Contaminación auditiva

Últimamente, la contaminación auditiva ha adquirido relevancia en nuestra sociedad ya que esta puede producir efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas. La contaminación auditiva se genera a partir del ruido excesivo que puedan generar ciertas actividades humanas, el ruido se define como un sonido no deseado que puede ser irritante y nocivo para la persona.

Generalmente el ruido se mide en una escala de decibeles, en la cual la OMS (Organización Mundial de la Salud) considera 50 dB como el límite superior aceptable para las actividades de una persona. Este dato, por supuesto, que no se acomoda con los niveles diarios de ruido a los que un trabajador está expuesto durante su jornada de trabajo.

Los talleres industriales tienden a producir una gran cantidad de ruido; se estima que en un taller, el promedio de ruido es de 115 dB, el cual a exposiciones prolongadas puede traer problemas en la audición de las personas.

Los tornos CNC, por su parte, tienden a producir 90 dB de ruido; este dato se encuentra dentro de los límites de ruido que una persona puede soportar a lo largo de una jornada de trabajo, sin embargo se puede considerar

un agente contaminante debido a la prolongada exposición que sufrirá el operador, por lo que se deben de tomar las medidas necesarias para evitar posibles problemas en relación con la salud de los trabajadores.

6.1.4. Consumo de electricidad

Debido a que actualmente los recursos para producir energía en nuestro país y en el mundo, en su mayoría son recursos no renovables, es importante tomar conciencia en el consumo de esta.

El consumo de energía de una máquina está determinado por la cantidad de energía eléctrica que la misma gasta por funcionar cierto tiempo; la cual a su vez depende de la potencia del artefacto y de la cantidad de horas que se utiliza.

El torno CNC utiliza energía eléctrica para su funcionamiento, lo que de alguna manera indirecta produce un impacto sobre el medio ambiente, debido a que se gastan recursos naturales con su uso; por lo tanto es importante controlar el consumo de energía eléctrica en el torno, además de que este control beneficia también las finanzas de la empresa.

6.2. Medidas de mitigación

Para contrarrestar los problemas de contaminación que genera el torno CNC, se establecieron las siguientes medidas de mitigación que ayudarán a aminorar o eliminar el impacto negativo sobre el medio ambiente y sobre la salud de los trabajadores.

6.2.1. Reciclaje de la viruta

El problema de la contaminación por viruta es algo que se puede controlar, un tratamiento de reciclaje eficaz de la viruta ayuda a mejorar la imagen de la empresa y al medio ambiente; a la vez que permite ahorrar dinero y recursos. Algunos de los beneficios del reciclaje de la viruta es que se puede reutilizar dentro de otros procesos o se puede vender obteniendo ingresos extra.

En el caso del torno CNC que se va a instalar, este cuenta con un transportador de virutas que recolecta los residuos y los lleva a un depósito al extremo del torno; en esa parte deben ser recolectadas y se debe de evaluar si es mejor reutilizar la viruta en otro proceso o venderla a las chatarrerías, las cuales la comprimen y forma briquetas que posteriormente revenden.

Esta facilidad que presenta el torno permite ahorrar tiempo en su limpieza, además de que es una manera efectiva para el reciclaje de la viruta. Nunca se deberá de eliminar la viruta en cualquier depósito de basura o en tragantes, ya que como se estableció, genera contaminación.

6.2.2. Reciclaje y control de lubricantes

En el caso del torno CNC que se va a instalar, el riesgo de contaminación por lubricante es mínimo, debido a que como se explicó anteriormente, el torno cuenta con un sistema de lubricación automático, por lo que los residuos son prácticamente inexistentes, si el equipo trabaja normalmente. Solo queda como recomendación no desperdiciar el lubricante a la hora de verterlo en el equipo.

6.2.3. Uso de protectores y aislantes contra el ruido

El nivel de ruido del torno CNC se encuentra dentro de los límites establecidos como seguros por la OMS, por lo que no genera muchos problemas de contaminación hacia el exterior. Sin embargo, es recomendable utilizar tapones de oídos desechables para la persona que va a manejar el equipo, debido a que se expondrá por largos periodos de tiempo a un ruido constante.

6.2.4. Establecer un plan para manejar el consumo de energía

Debido al alto consumo de energía del torno CNC, se estableció que la mejor opción para manejar el consumo de energía es la siguiente:

Se deberá realizar la instalación de un banco de capacitores para disminuir el alto consumo de energía del torno CNC y del taller industrial en general. Esto debido a que el propósito fundamental del banco de capacitores es almacenar la energía eléctrica para después utilizarla eficientemente. Si se quiere determinar en cuánto puede mejorar el consumo de energía de la empresa, se deberá de hacer un estudio de eficiencia energética, el cual permitirá establecer el consumo óptimo de energía.

CONCLUSIONES

1. Se creó una guía de pasos para la cimentación de un torno CNC con el uso de tablas y fórmulas previamente establecidas, para que el montaje sea el óptimo. Con la especificación de estos pasos que se deben seguir, el montaje del torno CNC no debería generar problemas.
2. Con el montaje del torno CNC se logrará bajar el costo unitario de producción de tornillos, debido a que el proceso requeriría de menos tiempo y de menos operarios trabajando en la producción.
3. Se estableció que la producción de tornillos de centro es rentable, debido a que se demostró que tienen demanda en el mercado nacional, la cual se puede cubrir de mejor manera con el montaje del torno CNC.
4. Dentro de los múltiples beneficios que se pueden mencionar con el montaje del torno CNC para la producción de tornillos se encuentran los siguientes: costo unitario de producción menor, ahorro de tiempo en producción, incremento de la utilidad, se podría atender a mayor cantidad de clientes y los desperdicios de materia prima serían menores.
5. Con el análisis financiero se demuestran claramente los beneficios que conlleva el proyecto, como la recuperación de la inversión y la generación de utilidades en menos de 2 años.
6. Con el plan de mantenimiento se establecen las consideraciones que se deben tomar en cuenta para que el torno CNC pueda mantenerse en óptimas condiciones de funcionamiento y cumplir con la demanda.

7. En general la empresa puede alcanzar una mejor productividad y rentabilidad que le permitiría seguir creciendo en el mercado de una forma considerable, ampliando su capacidad de producción.
8. Se demuestra claramente que el proyecto es rentable desde todo punto de vista, ya que genera beneficios económicos para la empresa, los clientes estarían más satisfechos debido a que el precio y la calidad del producto serían mejores, y todo esto no afectando el medio ambiente siempre y cuando se tomen en cuenta las consideraciones establecidas.

RECOMENDACIONES

1. Se deben seguir los pasos que se establecieron en este estudio, para un montaje óptimo del torno CNC.
2. Cuando el proyecto se ejecute deben tomarse en cuenta las modificaciones en el mercado, de los precios establecidos de los requerimientos, ya que estos están en constante cambio.
3. Es indispensable que los materiales que se utilicen en el montaje sean de buena calidad y que se usen las cantidades exactas establecidas.
4. Debe darse prioridad al mantenimiento establecido para el torno CNC, ya que esto generará que sea eficiente y se pueda conservar y funcionar el tiempo para el cual fue diseñado.
5. Seguir las medidas de mitigación establecidas para los problemas que pueda generar el funcionamiento del torno CNC, ya que con esto se controlarán de mejor manera.
6. Realizar por lo menos cada 6 meses una evaluación del funcionamiento del torno CNC, para verificar que este se encuentre funcionando de la mejor manera posible.

BIBLIOGRAFÍA

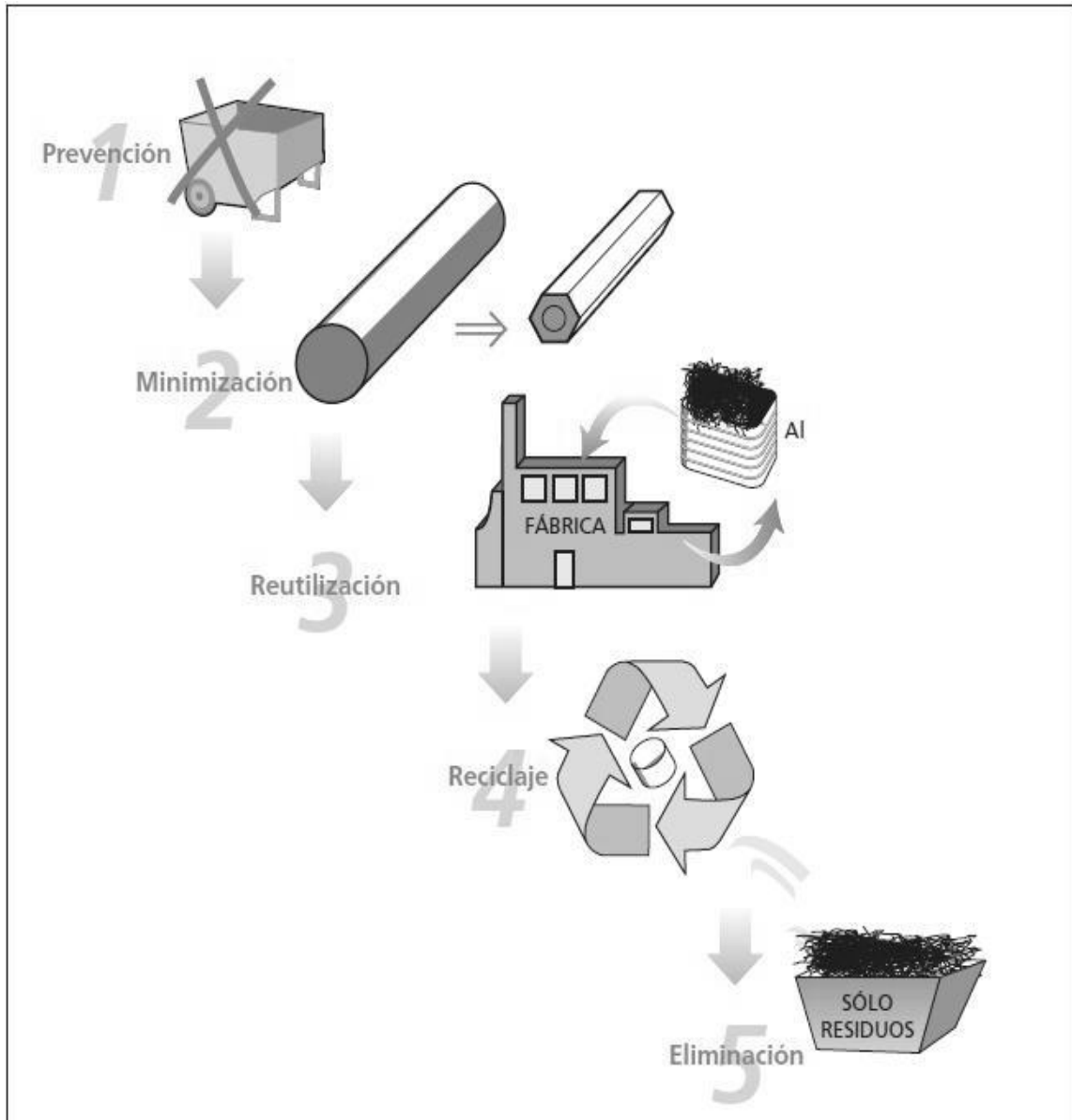
1. ACI Committee 318. *Building code requirements for reinforced concrete*. ACI 318-77. Detroit; American Concrete Institute. 622 p.
2. DE LA TORRE, Joaquín; ZAMARRÓN, Berenice. *Evaluación de proyectos de inversión*. 2a. ed. México: Prentice Hall, 2002. 242 p.
3. DUNHAM, Clarence W. *Cimentaciones de estructuras*. 2a. ed. España: McGraw-Hill, 1968. 774 p.
4. GUERRERO SPÍNOLA DE LÓPEZ, Alba Maritza. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala: 2004. 136 p.
5. MONROY PERALTA, Fredy Mauricio. *Manual de apoyo al curso de Montaje y Mantenimiento de Equipo*. Guatemala: 2005. 55 p.
6. MONTGOMERY, Douglas C.; HINES, William W. *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración*. 3a. ed. México: Continental, 1994. 668 p.
7. NIEBEL, Benjamin W.; ANDRIS, Freivalds. *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a. ed. México: Alfa Omega, 2004. 745 p.
8. ROSSELL, Clemens Juan. “Resistencia de pernos de acero usados como anclajes en concreto.” Trabajo de graduación de Ing. Civil.

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala,
1976. 45 p.

9. TORRES, Sergio. *Control de la producción*. 5a. ed. Guatemala: Palacios,
2008. 98 p.

ANEXOS

Figura 26. Manejo eficaz de desperdicios de viruta



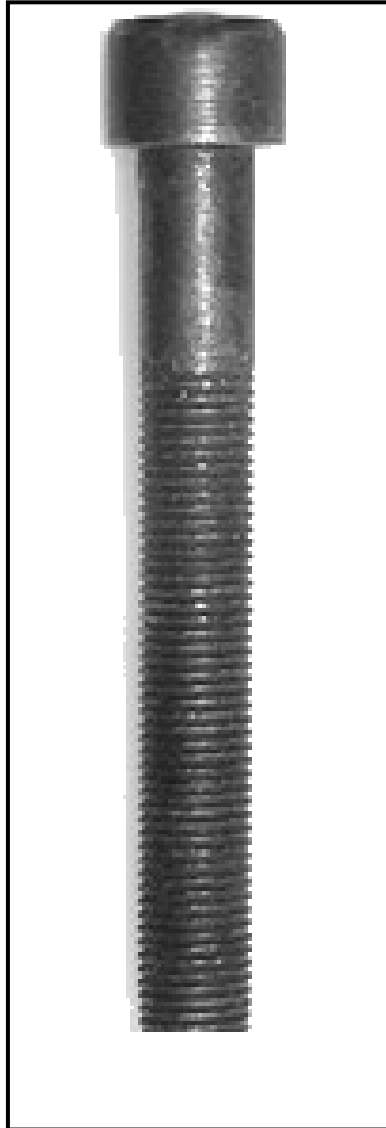
Fuente: Sabin, Intxaurreaga. Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas. España: Ihobe, S.A. P.10

Figura 27. Algunos símbolos gráficos de interfaz del torno CNC a instalar

	Realizar actividad manual
	Cambiar pieza
	Engrasar, aceitar o lubricar pieza
	Limpiar pieza
	Medir / Comprobar
	Messen / Prüfen
	Control visual
	Interruptor con llave en posición
	Accionar interruptor con llave
	Posición del interruptor giratorio ON
	Posición del interruptor giratorio OFF
	Introducción de datos
	Rellenar
	Vaciar

Fuente: Departamento de Ingeniería Mecánica. Tecnológico de Monterrey

Figura 28. **Tornillo de centro**



Fuente: Multimateriales, S.A.

