

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE CORTE DE PLANCHA DE ACERO ASTM A36 UTILIZANDO UNA SIERRA CIRCULAR DE CINTA (METAL BAND SAW - MODELO BS-1018B) EN DIFERENTES CONDICIONES DE LUBRICACIÓN, BAJO CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD.”

COMPONENTE DEL TRABAJO: CORTE DE PLANCHAS DE ACERO ASTM A36 – CON LUBRICACIÓN

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

ALAJO CORTEZ JENIFER MISHEL

jenifer.alajo@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. CÉSAR AYABACA PhD.

cesar.ayabaca@epn.edu.ec

DMQ, FEBRERO 2023

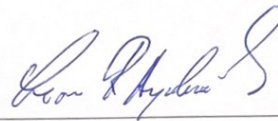
CERTIFICACIONES

Yo, JENIFER MISHEL ALAJO CORTEZ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



JENIFER MISHEL ALAJO CORTEZ

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por JENIFER MISHEL ALAJO CORTEZ, bajo mi supervisión.



ING. CÉSAR AYABACA. PhD
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

JENIFER MISHIEL ALAJO CORTEZ

ING. CÉSAR AYABACA. PhD

NOMBRE_COLABORADOR(ES)

DEDICATORIA

A mis padres, Roberto y Magui, los mismos que han estado cuidándome, apoyándome, inculcándome y enseñando valores esenciales para la vida.

A mi hermana Dayanara por sus consejos, apoyo y ayuda incondicional en cada momento.

A mis abuelitos por su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen por permitirme llegar a cumplir este objetivo y darme la fortaleza necesaria en todo este trayecto de mi vida.

A mis padres por ser mi inspiración diaria, siempre confiar en mí, por no dudar de mis habilidades y sobre todo por enseñarme excelentes valores que me han ayudado en este largo trayecto de vida. Agradezco su amor, esfuerzo, apoyo incondicional y por siempre consentirme, sin duda todos los logros obtenidos en mi vida son sus logros, los quiero con todo mi corazón.

A mi hermana por ser la luz de mi vida, siempre motivarme y enseñarme que nada en esta vida es imposible; agradezco infinitamente todo lo que haces por mí.

A mis abuelitos José, Evita, Sarita por su apoyo moral y ser referentes constantes de valores.

A mis tías Yadi, Pati, Lorena, María y tío Patricio por su apoyo incondicional y consejos.

A mis primas Kataleya, Sol, Estefanía y primo Johann por alentarme y apoyarme en cada momento.

Al Dr. César Ayabaca, Ing. Javier Valverde, técnicos del laboratorio Luis y Diego por su dirección, comprensión y ayuda en la elaboración del presente proyecto.

A mis amigas y amigos quienes me ayudaron y compartieron momentos felices, tristes e intercambie conocimientos a lo largo del trayecto de la carrera. En especial a Erika, por ser una grandiosa amiga desde primer semestre; por la confianza, consejos, apoyo y por hacer de esta travesía una de las mejores experiencias de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general.....	1
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	2
1.4.1 Desarrollo de corte a través de una sierra continua	2
1.4.2 Material.....	4
1.4.3 Herramienta de corte.....	5
1.4.4 Rugosidad Superficial.....	6
1.4.5 Fluidos de corte.....	9
2 METODOLOGÍA.....	10
2.1 Operación de maquinado.....	12
2.1.1 Proceso de Aserrado.....	12
2.2 Paso 1: Equipo Sierra Cinta BS-1018B	12
2.2.1 Especificaciones técnicas.....	13
2.2.2 Panel de control	13
2.2.3 Tipos de materiales de corte	14
2.2.4 Tipo de cinta de corte	14
2.3 Paso 2: Material de experimentación.....	14
2.4 Paso 3: Herramienta de corte	16
2.4.1 Sierra de cinta Simonds	16
2.4.2 Diseño del diente de la cinta de corte.....	17
2.5 Paso 4: Lubricación para el corte.....	18
2.5.1 Caudal de lubricación (Q).....	18
2.5.2 Fluido de experimentación	19
2.6 Paso 5: Parámetros de corte	19
2.6.1 Vc: Velocidad de la cinta	20

2.6.2	IC: Índice de corte	21
2.6.3	Vf: Velocidad de avance.....	24
2.7	Paso 6: Experimentación	25
2.7.1	Diseño de experimentos.....	25
2.8	Paso 7: Obtención de datos experimentales.....	26
2.8.1	Experimentación 1: Material de longitud 300 [mm].....	27
2.8.2	Experimentación 2: Material de longitud 80 [mm].....	29
2.8.3	Determinación del Índice de corte	31
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
3.1	Resultados	33
3.1.1	Paso 8: Medición de rugosidad	35
3.1.2	Paso 9: Análisis de datos	37
3.1.2.1	ANOVA: Análisis de Varianza	38
3.1.2.2	Modelo matemático experimental: Regresión Lineal Múltiple	40
3.1.2.3	Análisis de Resultados.....	43
3.1.3	Análisis de viruta	47
3.2	Conclusiones	52
3.3	Recomendaciones	54
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
	ANEXOS	56
	ANEXO I: Catálogo Sierra de cinta Cecomex.	56
	ANEXO II: Catálogo Sierra de cinta Morse.....	57
	ANEXO III: Catálogo Sierra de cinta Starret.....	59
	ANEXO IV: Catálogo Sierra de cinta Simonds.	61
	ANEXO V: Manual del Equipo BS – 1018B.....	62

Índice de Figuras

Figura 1.1	Diagrama de proceso de corte utilizando Sierra de Cinta.	3
Figura 1.2	Materiales de corte con Sierra de Cinta.	4
Figura 1.3	Terminología Sierra Cinta.....	5
Figura 1.4	Aspecto de la viruta.	6
Figura 1.5	Esquema de una superficie rugosa.	7
Figura 1.6	Mitutoyo SJ - 210.....	9
Figura 2.1	Procedimiento del presente estudio.	10
Figura 2.2	Equipo Sierra de Cinta BS - 1018B.	12
Figura 2.3	Panel de control del Equipo Sierra de Cinta BS - 1018B.....	13
Figura 2.4	Requisitos de tracción ASTM A36/A36M-19.	14
Figura 2.5	Requisitos químicos ASTM A36/A36M-19.....	15
Figura 2.6	Material a cortar acero ASTM A36.	16
Figura 2.7	Sierra de cinta: marca Simonds para experimentación.	16
Figura 2.8	Selección del diente para la hoja Sierra de Cinta BS – 1018B.....	17
Figura 2.9	Selección del diente para experimentación.	17
Figura 2.10	Materiales utilizados para determinar el nivel de caudal.	18
Figura 2.11	Fluido de experimentación.	19
Figura 2.12	Control de velocidad de avance del Equipo BS - 1018B.	24
Figura 2.13	Factores y variables del diseño de experimentación.	26
Figura 2.14	Proceso de experimentación 1.	27
Figura 2.15	Proceso de experimentación 2.	29
Figura 2.16	TC [s] promedio vs Q [l/s].	33
Figura 3.1	Medición de rugosidad con Mitutoyo SJ-210.....	35
Figura 3.2	ANOVA Experimentación 2.	38
Figura 3.3	Gráficas de residuos Experimentación 2.	39
Figura 3.4	Diagrama de Pareto Experimentación 2.....	40
Figura 3.5	Configuración óptima de los parámetros Experimentación 2.	40
Figura 3.6	Error porcentual absoluto medio Experimentación 2.	45
Figura 3.7	Efectos principales vs rugosidad Experimentación 2.....	46
Figura 3.8	Efecto de interacción para rugosidad Experimentación 2.....	46
Figura 3.9	Contorno de Rugosidad vs. Vc; Vf Experimentación 2.	47

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Relación de superficies.	7
Tabla 1.2 Grados de rugosidad de acuerdo con los valores de rugosidad.	8
Tabla 2.1 Resumen del proceso de estudio.	11
Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del Equipo Sierra de Cinta BS - 1018B.	13
Tabla 2.3 Ficha Técnica Acero ASTM A36.	15
Tabla 2.4 Datos técnicos hoja de sierra Simonds $\frac{3}{4}$	17
Tabla 2.5 Obtención del caudal suministrado en el Equipo BS - 1018B.	18
Tabla 2.6 Velocidad de la cinta de acuerdo con el material.	20
Tabla 2.7 Número de ciclos de la cinta del Equipo: BS – 1018B.	20
Tabla 2.8 Velocidad de corte de acuerdo con el material.	21
Tabla 2.9 Velocidad e IC dependiendo del tipo de material – Resumen.	22
Tabla 2.10 Factores de corte dependiendo de la longitud del material.	23
Tabla 2.11 Tiempo medido para cada Vf Equipo: BS – 1018 B.	25
Tabla 2.12 Tiempo de corte con Vf 4 [mm/min] Equipo: BS - 1018B.	28
Tabla 2.13 Tiempo de corte con Vf 6 [mm/min] Equipo: BS - 1018B.	28
Tabla 2.14 Tiempo de corte con Vc 196 [fpm] Equipo: BS - 1018B.	30
Tabla 2.15 Tiempo de corte con Vc 114 [fpm] Equipo: BS - 1018B.	30
Tabla 2.16 Cálculo de IC Experimentación 1.	31
Tabla 2.17 Cálculo de IC Experimentación 2.	32
Tabla 3.1 Probetas obtenidas en la experimentación.	34
Tabla 3.2 Resultados de rugosidad y grado de calidad experimentación 1.	36
Tabla 3.3 Resultados de rugosidad y grado de calidad experimentación 2.	37
Tabla 3.4 Variables independientes y de respuesta Experimentación 2.	42
Tabla 3.5 Resumen ANOVA Experimentación 2.	43
Tabla 3.6 Resultados Regresión Lineal Múltiple Experimentación 2.	44
Tabla 3.7 Estadística de Regresión Experimentación 2.	44
Tabla 3.8 Análisis de viruta experimentación 1 con Vf 4 [mm/min].	48
Tabla 3.9 Análisis de viruta experimentación 1 con Vf 6 [mm/min].	49
Tabla 3.10 Análisis de viruta experimentación 2 con Vc 196 [fpm].	50
Tabla 3.11 Análisis de viruta experimentación 2 con Vc 114 [fpm].	51

Glosario de Ecuaciones

Ecuación 1.1 Valor medio aritmético.....	7
Ecuación 1.2 Rugosidad raíz media cuadrática.	7
Ecuación 2.1 Tiempo de corte.....	23
Ecuación 2.2 Fórmula para la determinación del índice de corte.....	31
Ecuación 3.1 Regresión Lineal Múltiple.	41
Ecuación 3.2 Estimación de Mínimos cuadrados.....	41
Ecuación 3.3 Vector estimador de Mínimos cuadrados.	41
Ecuación 3.4 Estimador de Mínimos cuadrados.	41
Ecuación 3.5 Estimación de variable de respuesta.....	42
Ecuación 3.6 Suma de cuadrados del error.	42

RESUMEN

El presente proyecto busca determinar los parámetros adecuados de corte que se requieren al usar una Sierra circular de cinta modelo BS - 1018B en el corte de plancha de acero ASTM A36, teniendo en cuenta los diversos parámetros de corte que afectan la eficiencia del corte, tales como: velocidad de la cinta, velocidad de avance, diseño del diente, entre otros; bajo diferentes condiciones de lubricación: bajo (0.01 [l/s]), medio (0.02 [l/s]), alto (0.03 [l/s]). El operador del equipo analizará los estudios presentados en este documento para establecer los parámetros apropiados y efectivos para el proceso de corte.

El aserrado es un proceso fundamental dado que varias fábricas necesitan realizar operaciones de corte en algún punto del proceso de manufactura, por lo cual, estudios recientes buscan determinar la mínima cantidad de lubricación. Los múltiples beneficios que se pueden conseguir al aplicar dichos estudios son: mejorar la calidad de las piezas, minimizar el desperdicio de los materiales y tener tiempos más reducidos.

Con el fin de obtener las variables de corte más convenientes, este proyecto examina las calidades superficiales a partir de los análisis de rugosidad superficial resultantes, obtenidas después del corte con los diferentes parámetros establecidos.

PALABRAS CLAVE: Sierra circular de cinta, parámetros de corte, rugosidad superficial, lubricación.

ABSTRACT

This project seeks to determine the appropriate cutting parameters that are required when using a circular band saw model BS - 1018B in cutting ASTM A36 steel plate, taking into account the various cutting parameters that affect cutting efficiency, such as belt speed, advance speed, tooth design, among others; under different lubrication conditions: low (0.01 [l/s]), medium (0.02 [l/s]), high (0.03 [l/s]). The equipment operator will analyze the studies presented in this document to establish the appropriate and effective parameters for the cutting process.

Sawing is a fundamental process given that several factories need to perform cutting operations at some point in the manufacturing process, therefore, recent studies seek to determine the minimum amount of lubrication. The multiple benefits that can be achieved by applying these studies are improving the quality of the parts, minimizing the waste of materials and having shorter times.

In order to obtain the most convenient cutting variables, this project examines the surface qualities from the resulting surface roughness analysis, obtained after cutting with the different established parameters.

KEYWORDS: Circular band saw, cutting parameters, surface roughness, lubrication.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El trabajo analiza las variables de corte bajo diversas condiciones de lubricación para planchas de acero ASTM A36. En este documento se encuentra específicamente los experimentos con lubricación: baja (0.01 [l/s]), media (0.02 [l/s]) y alta (0.03 [l/s]). Con la finalidad de establecer los mejores parámetros de corte, los mismos que serán evaluados a partir del análisis de rugosidad superficial.

El análisis de sostenibilidad en los procesos de mecanizado se ha considerado esencial en vista de la mejora que se puede lograr respecto a la eficiencia, productividad y seguridad de los operarios quienes están en contacto con los fluidos de corte, por lo que se ha establecido la mejor alternativa a las diversas condiciones de lubricación durante el proceso de mecanizado.

El material utilizado para el estudio es una plancha de acero ASTM A36 de 12 mm de espesor, el mismo que es muy usado en aplicaciones industriales y de construcción; en un equipo Sierra Circular de Cinta modelo BS-1018B, la herramienta de corte es una sierra bimetálica.

El proceso experimental se realizó de acuerdo con el diseño de estudio de varios factores sobre una variable respuesta conocido también como diseño factorial mixto, en el cual los factores de estudio son: nivel de lubricación, velocidad de la cinta, velocidad de avance.

El instrumento empleado para la medición de rugosidad es el rugosímetro Mitutoyo SJ-210, a partir del cual se pudo realizar un análisis de la superficie mecanizada.

Software como: AutoCAD, Excel, Minitab y Statgraphics se emplearon para la obtención de gráficas; además de que permitieron la realización de la validación de análisis estadísticos de varianza, regresión lineal múltiple.

Las conclusiones de este estudio se realizaron de acuerdo con los objetivos establecidos y los resultados estadísticos conseguidos.

1.1 Objetivo general

Analizar y evaluar los parámetros de corte del Equipo Sierra de Cinta BS – 1018B mediante los cortes a una plancha de acero ASTM A36 con el fin de evaluar la calidad de las superficies obtenidas bajo diversas condiciones de lubricación.

1.2 Objetivos específicos

1. OE1: Establecer los mejores parámetros de corte para plancha de acero ASTM A36 en el proceso de corte con lubricación.
2. OE2: Realizar las gráficas de comportamiento de los efectos que provocan los parámetros de corte a la plancha de acero ASTM A36 en condiciones de corte con lubricación.
3. OE3: Analizar la calidad superficial de las probetas maquinadas a partir de la rugosidad superficial medida con el rugosímetro Mitutoyo SJ-210.
4. OE4: Definir el mejor nivel de lubricación durante el proceso de corte bajo criterios de sostenibilidad considerando el tiempo del proceso de corte.

1.3 Alcance

El presente proyecto busca determinar los parámetros adecuados de corte que se requieren al usar una Sierra circular de cinta modelo BS - 1018B, cuando se corta acero ASTM A36 en presentación de plancha de 12 mm de espesor. La calidad del corte se va a evaluar en diferentes condiciones de lubricación que va desde el nivel bajo, seguido del medio y finalmente alto nivel de caudal para el equipo BS - 1018B siendo estos respectivamente los siguientes valores: 0.01 [l/s], 0.02 [l/s], 0.03 [l/s].

El trabajo inicia con una investigación bibliográfica del estado del arte del equipo Sierra de Cinta BS - 1018B, con el fin de conocer las instrucciones y características técnicas del mismo. Posterior a esto se realizará las pruebas de corte en el equipo Sierra de Cinta BS - 1018B para la evaluación de los diversos parámetros de corte, considerando las opciones de lubricación alta, media y baja para los diferentes avances y velocidades del equipo BS - 1018B. Seguidamente se realizará los análisis de rugosidad superficial obtenidos en cada corte, para finalmente realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos y así determinar los parámetros de corte óptimos para el material.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Desarrollo de corte a través de una sierra continua

El mecanizado de corte con sierra de cinta es un proceso de corte en frío mediante el cual un material puede dividirse en dos partes, se presenta el desprendimiento de viruta debido al movimiento lineal continuo de la sierra cinta la cual posee dientes en uno de los bordes;

este movimiento se debe al mecanismo de transmisión por poleas que posee. (MIPSA, 2022)

Proceso de corte secuencia

El diagrama de secuencia de corte con el equipo Sierra de Cinta se visualiza en la Figura 1.1, el cual está integrado por entradas y salidas que están descritas a continuación:



Figura 1.1 Diagrama de proceso de corte utilizando Sierra de Cinta.

Fuente: (Bhavya, 2020)

Entradas

- Energía: energía eléctrica (220 V, 60 Hz)
- Material: aluminio, hierro, cobre, latón, madera, plástico.
- Señal: control selector de encendido/apagado de refrigerante, control regulador de velocidad de avance, control selector de bloqueo/desbloqueo del sistema hidráulico, botón paro de emergencia, encendido.

Salidas

- Viruta: residuos del material cortado.
- Material cortado: pieza cortada.
- Señal: botón paro de emergencia.

El proceso de corte inicia con la energización eléctrica del equipo, después se requiere elevar el brazo para colocar el material, el mismo que debe estar ajustado de acuerdo a la longitud deseada, seguido se seleccionará la velocidad de avance (alimentación rápida control en sentido horario y alimentación lenta control en sentido antihorario), con el control de bloqueo y desbloqueo del sistema hidráulico se da la caída del brazo a partir del cual inicia con el proceso de corte del material arrojando así viruta, una vez que se ha cortado el material se procede a seleccionar el control de apagado. Cabe indicar que antes de todo

este proceso se debió seleccionar el tipo de cinta de acuerdo con el material a utilizar. (KAKA INDUSTRIAL, 2022)

Características

- Se pueden cortar diversos materiales como: acero, aluminio, titanio, entre otros.
- Durante el proceso se utiliza fluidos de corte con el fin de mejorar el desempeño de corte.
- El proceso de producción es rápido debido a las diversas velocidades con las que cuenta el equipo.
- El nivel de contaminación es bajo ya que durante el proceso no se utilizan componentes químicos. (Duralcor, 2022)

Aplicaciones

- Corte de tubería redonda y cuadrada.
- Corte de perfiles tipo H, U, IPE.
- Corte de plásticos como: nylon, teflón, empack. (Hermafil de Colombia, 2018)

1.4.2 Material

Entre los principales materiales de corte con Sierra de Cinta se tiene: acero para herramientas, acero bajo en carbono, acero inoxidable, acero suave, aluminio, hierro, cobre, latón, madera, plástico, algunos de estos materiales se pueden observar en la Figura 1.2. Además, el tamaño y la forma del material igual puede variar dado que se puede utilizar: tubos, vigas en I, vigas en H, tuberías redondas y cuadradas, ángulos, sólidos, canalones, barras perforadas. (Rodavigo S.A., 2022)

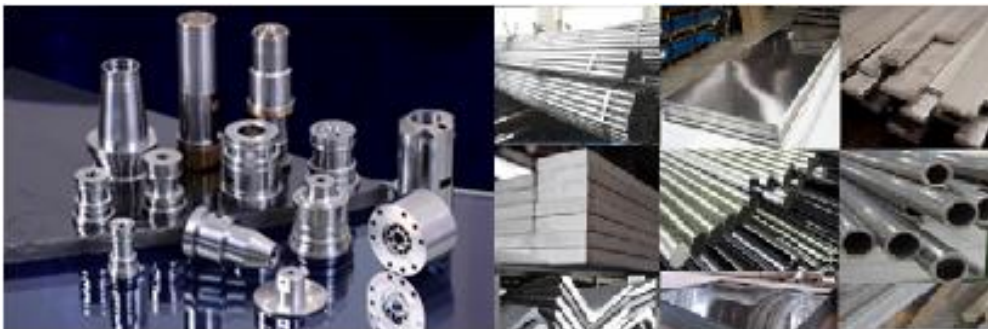


Figura 1.2 Materiales de corte con Sierra de Cinta.

Fuente: (Guia Venezuela, 2022)

1.4.3 Herramienta de corte

La herramienta de corte es la cinta, siendo uno de los elementos más importante porque de esta dependerá la calidad de corte que se obtenga. Para la elección de la cinta se debe tener en cuenta: material a cortar, selección del paso de diente, ancho de corte, forma de la pieza de trabajo. Se recomienda seleccionar un mayor número de dientes para materiales de menor espesor y menor número de dientes para materiales de mayor espesor. La terminología de la Sierra cinta se presenta en la Figura 1.3, la misma que será útil para el operario. (Castro, Hojas para Serrar: Elija la Cinta Correcta, 2015)

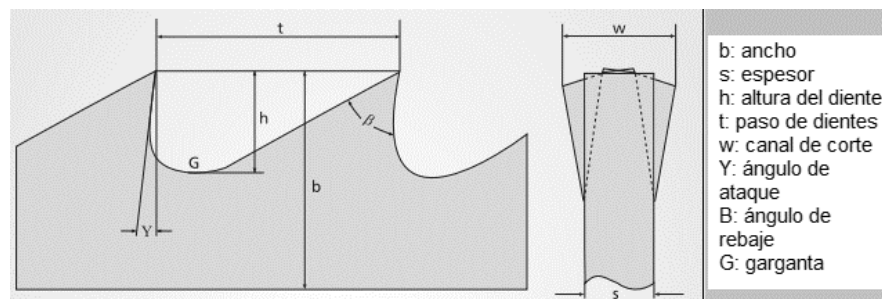


Figura 1.3 Terminología Sierra Cinta.

Fuente: (Castro, Hojas para Serrar: Elija la Cinta Correcta, 2015)

Tipos de cintas de Sierra

En la industria se encuentran normalmente tres tipos de cintas:

- **Acero al carbono:** son aquellas que están constituidas por una sola pieza de acero al carbono, dentro de sus aplicaciones está el corte de madera y alimentos, para pequeñas operaciones de taller, materiales fáciles cortar.
- **Bimetálicas:** al ser una aleación de acero y cromo ofrece una gran resistencia al desgaste y fatiga; el dentado variable mejora el rendimiento durante el corte, dado que se reduce las vibraciones. Aplicado a todo tipo de acero: al carbono, aleados, de herramientas, inoxidable, metales no férricos; tubos, perfiles, grandes y pequeñas piezas macizas, por tanto, cubre la mayor parte del mercado.
- **Carburo de tungsteno:** produce cortes de primera calidad ya que la punta de los dientes es de carburo. Diseñado para cortes de materiales difíciles y abrasivos, piezas grandes donde se necesiten elevados rendimientos. (Castro, Sierra cinta: Una Herramienta Dedicada al Corte, 2015)

En el Laboratorio de Máquinas-Herramientas de la EPN se localiza el equipo Sierra Cinta BS - 1018B que utiliza sierras bimetálicas debido a que tiene una gran duración para altos índices de corte, al poseer dientes de punta de acero y acero de aleación flexible.

En la parte de anexos; anexo I, II, III se encuentran secciones de los catálogos (Cecomex, Morse, Starrett) que tienen como productos diversos tipos de sierras de cinta.

Factores que interviene en el corte

La velocidad de la cinta, el avance y la selección del paso entre dientes permite determinar las condiciones de corte que mejor se adapten de acuerdo con la aplicación específica que se lleve a cabo; la cual es evidente con la viruta que se obtiene durante el corte:

- **Viruta muy fina y pulverizada:** no es adecuada, reducida presión de corte y avance.
- **Viruta de color azul y gruesa:** existe sobrecarga de trabajo, mucha presión, escasez de lubricación y baja velocidad de la cinta.
- **Viruta rizada y suelta:** condiciones óptimas de corte. (Castro, Sierra cinta: Una Herramienta Dedicada al Corte, 2015)

En la Figura 1.4 se puede apreciar de mejor manera los detalles establecidos anteriormente.





Forma de la Viruta	Condición de la Viruta	Color de la Viruta	Velocidad de la Hoja	Velocidad de Alimentación	Otros
	Gruesa, Dura y Corta	Azul o Marrón	Disminuya ↓	Disminuya ↓	Comprobar Fluido de Corte y Mezclar
	Delgada y Rizada	Plateada	Apropiado ✓	Apropiado ✓	
	Polvo	Plateada	Disminuya ↓	Aumente ↑	
	Delgada y Muy Rizada	Plateada	Apropiado ✓	Disminuya ↓	Revise el Paso de Diente

Figura 1.4 Aspecto de la viruta.

Fuente: (Morse, 2021)

1.4.4 Rugosidad Superficial

La rugosidad es aquella irregularidad que se encuentra en la superficie en pequeña escala, esta se puede obtener mediante dos métodos descritos en la Ecuación 1.1 y 1.2:

- **Ra: Valor medio aritmético**

$$R_a = \frac{a + b + c + d + e + \dots}{n}$$

Ecuación 1.1 Valor medio aritmético.

- **Rq: Rugosidad de la raíz media cuadrática**

$$R_q = \sqrt{\frac{a^2 + b^2 + c^2 + \dots}{n}}$$

Ecuación 1.2 Rugosidad raíz media cuadrática.

Donde:

∴ *a, b, c, d, …* valores absolutos presentes en el eje x.

∴ *n* número de lecturas.

Cabe indicar que estos valores son promedios por lo que no puede una superficie ser descrita únicamente por Ra o Rq. En la Figura 1.5 se puede apreciar lo que corresponde cada dato establecido en los métodos anteriores de la Ecuación 1.1 y 1.2.



Figura 1.5 Esquema de una superficie rugosa.

Fuente: (Kalpakjian & Schmid, 2008)

La relación de superficies para diferentes procesos de acabado y maquinado se encuentra en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1 Relación de superficies.

Fuente: (Kalpakjian & Schmid, 2008)

Relación de superficies	Corte	Rectificado	Lapeado y Honeado
$\frac{R_q}{R_a}$	1.1	1.2	1.4

En la siguiente Tabla 1.2 se encuentra los valores de rugosidad con su respectivo grado de rugosidad y el estado superficial que presentara la pieza a ser mecanizada:

Tabla 1.2 Grados de rugosidad de acuerdo con los valores de rugosidad.

Fuente: (García, Irastorza, Castaños, & Díaz, 2013)

Valores de rugosidad (Ra) [μm]	Número de grado de rugosidad	Estado Superficial
50	N12	Basto, liso pero regular
25	N11	(sin rebabas).
12,5	N10	Marcas apreciables al
6,3	N9	tacto y visibles.
3,2	N8	Marcas visibles
1,6	N7	a simple vista.
0,8	N6	Marcas no visibles ni perceptibles.
0,4	N5	
0,2	N4	Súper fino por tanto las marcas no son visibles.
0,1	N3	
0,05	N2	
0,025	N1	

De acuerdo con la Tabla 1.2, el proceso de corte con cinta (aserrado) presenta un valor de rugosidad promedio entre 50 a 0,8 [μm]; siendo los valores de 50 - 25 [μm] y 1,6 - 0,8 [μm] las aplicaciones menos frecuentes, mientras que los valores entre 25 - 1,6 la de aplicación más frecuente. (Black & Kohser, 2012)

Existen rangos de tolerancia para los diversos procesos de manufactura, precisamente para el proceso de corte con cinta (aserrado) es de ± 0.50 mm (± 0.02 in). (Groover, 2007)

Medición de rugosidad

El aparato utilizado para la medición y registro de la rugosidad es el rugosímetro superficial, los principales medidores utilizan láseres o sondas de diamante, miden superficies planas o curvas, todo dependerá del modelo que se seleccione. En la Figura 1.6 se muestra específicamente el Mitutoyo SJ – 210 el cual rastrea la superficie de la pieza de trabajo al tener incorporado un palpador; el cálculo de la rugosidad se basa en estándares y puede ser observado en la pantalla. (Mitutoyo, 2020)



Figura 1.6 Mitutoyo SJ - 210.

Fuente: (Mitutoyo, 2020)

1.4.5 Fluidos de corte

El fluido de corte durante el proceso de corte del material cumple funciones claves dado que reduce el calor de fricción entre la sierra de cinta y la viruta, prolonga la vida de la herramienta, refresca el lugar de trabajo, remueve la viruta, reduce el consumo de energía.

Clases de fluidos de corte

En las operaciones de mecanizado los fluidos de corte más comunes son:

- **Aceites:** están compuestos de aceites minerales con aditivos, usados para operaciones de baja velocidad y corte de alta velocidad en herramientas de acero.
- **Emulsiones:** son aceites solubles en agua, usados generalmente a alta velocidad en las operaciones de mecanizado.
- **Fluidos semisintéticos:** estas son emulsiones químicas que buscan reducir las partículas de aceite hasta cuando el fluido se vuelve transparente, para lo cual emplean aditivo y agentes que contienen aceite mineral disuelto en agua.
- **Fluidos sintéticos:** conocidos como fluidos químicos, dado que contiene productos químicos mezclados con agua y químicos inorgánicos, no contiene nada de aceite. (Schey, 2002)

2 METODOLOGÍA

La Figura 2.1 describe de forma más simplificada la metodología llevada a cabo en el presente estudio.

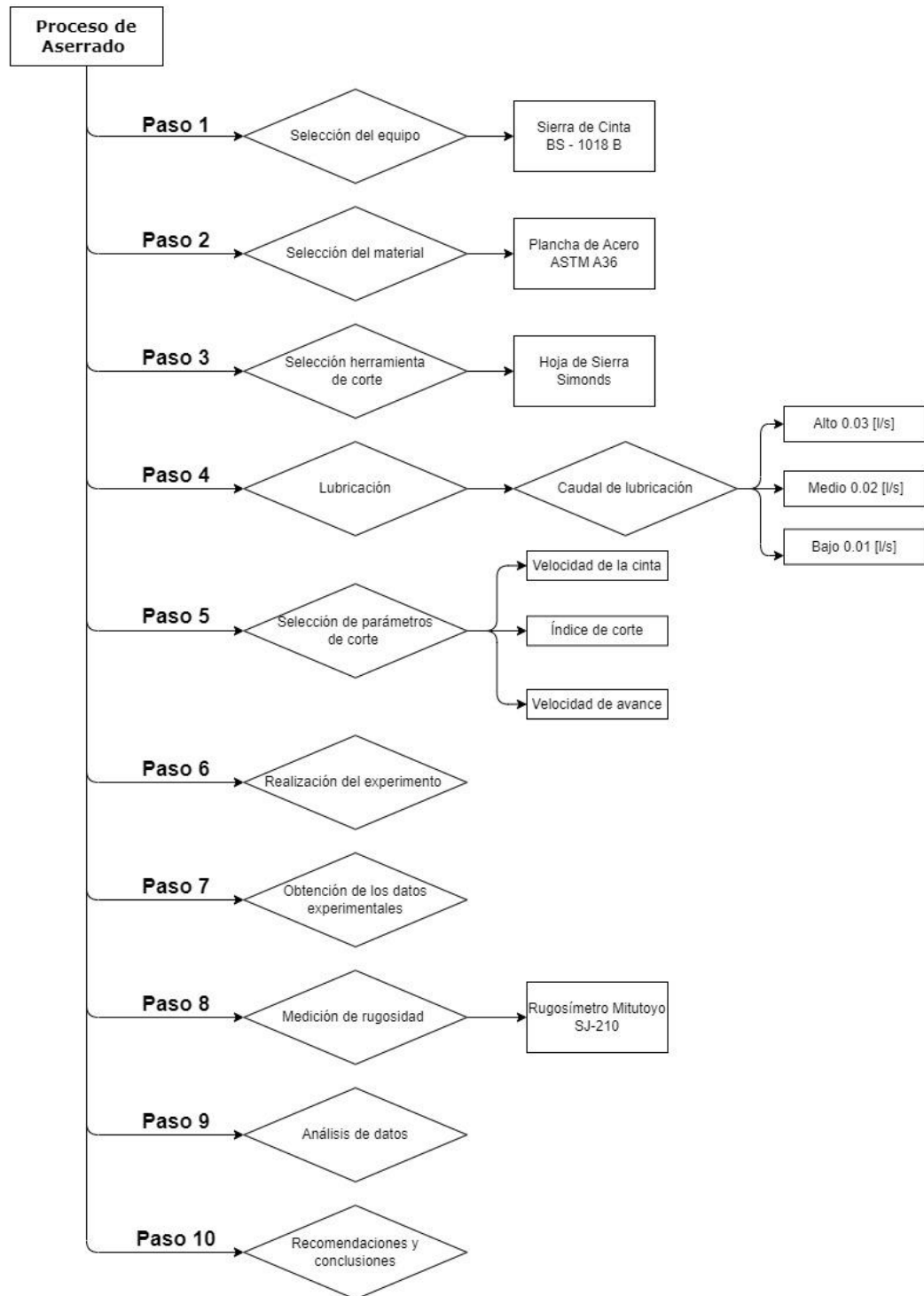


Figura 2.1 Procedimiento del presente estudio.

Fuente: Propia

El procedimiento llevado a cabo en el estudio se encuentra en forma de un resumen en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Resumen del proceso de estudio.

Fuente: Propia

Pasos	Descripción
1	Selección del equipo Sierra de Cinta BS – 1018 B para el proceso de corte. Se describe especificaciones técnicas, panel de control del equipo, tipos de materiales y tipo de cintas.
2	Selección de plancha de acero ASTM A36 como material de corte, se establece la ficha técnica de la misma.
3	Selección de la sierra de corte la cual es una hoja de Sierra bimetálica Simonds, además de la selección del diseño de diente de la cinta de corte adecuado.
4	Proceso de corte con diferentes condiciones de lubricación: alto, medio, bajo. Se especifica el lubricante utilizado en la experimentación.
5	Parámetros de corte para lo cual se selecciona: velocidad de la cinta, índice de corte, velocidad de avance.
6	Se establece el número de probetas, diseño de experimentos, para la realización de cortes con las diferentes condiciones establecidas.
7	Obtención de datos experimentales: tiempos de corte. Además, se determina el índice de corte para cada probeta.
8	Medición de la rugosidad superficial obtenida en cada corte con la ayuda del rugosímetro Mitutoyo SJ-210 para la determinación de la calidad superficial de cada probeta.
9	Se realizó el análisis de datos y virutas obtenidas en la experimentación, el mismo que se complementó con el análisis de varianza y regresión lineal múltiple.
10	Recomendaciones y conclusiones del presente estudio a partir de los objetivos establecidos al inicio del trabajo.

2.1 Operación de maquinado

Son procesos de manufactura de suma importancia en la actualidad dado que permite fabricar una variedad de formas y características geométricas con una amplia gama de materiales obteniéndose así acabados superficiales de calidad. Su principal característica es el uso de una herramienta de corte. (Groover, 2007)

2.1.1 Proceso de Aserrado

El aserrado es un proceso de maquinado de separación para todo tipo de material metálico y no metálico, que generalmente se usa para desintegrar o cortar una pieza de trabajo en dos piezas. Este estudio es específicamente el proceso de aserrado con cinta, que comprende un movimiento lineal continuo y que en cada recorrido de la sierra remueve una mínima cantidad de material dado que la herramienta de corte es una banda flexible sin fin con dientes. (Groover, 2007)

2.2 Paso 1: Equipo Sierra Cinta BS-1018B

Es una máquina de corte para diversos materiales, se encuentra integrada por algunos sistemas: eléctrico, mecánico, refrigeración, lubricación; este equipo genera: cortes de forma rápida, son económicos, y con un mínimo residuo de material. Se puede observar en la Figura 2.2 el equipo con el cual se realizó la experimentación, el mismo que está conformado por varios elementos: panel de control, brazo de la sierra, sierra de cinta, motor, mordaza, bomba de refrigeración, palanca para variar el flujo de lubricante, control de ajuste de la guía, bandeja recolectora de viruta, entre otros elementos.

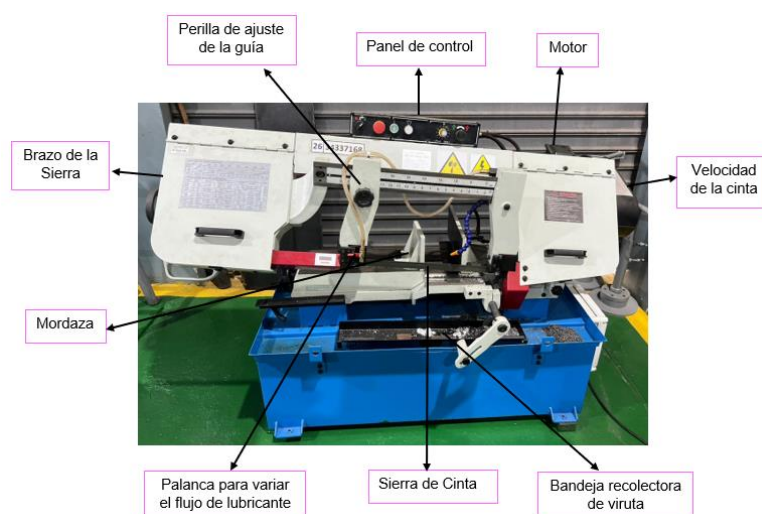


Figura 2.2 Equipo Sierra de Cinta BS - 1018B.

Fuente: Propia

2.2.1 Especificaciones técnicas

La Tabla 2.2 muestra los detalles técnicos establecidos en el manual del Equipo Sierra de Cinta BS - 1018B.

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del Equipo Sierra de Cinta BS - 1018B.

Fuente: (KAKA INDUSTRIAL, 2022)

Modelo	BS – 1018B	
N° de serie	A21051859	
Motor	1,5 kW (3 hp)	
Capacidad	Circular 90°	254 mm
	Rectangular 90°	457 x 127 mm
	Circular 45°	150 mm
	Rectangular 45°	150 x 190 mm
Velocidad de la cinta	60 Hz	35 60 88 115 MPM
		114 196 288 377 FPM
Dimensiones de la cinta (ancho x espesor x largo)	27 x 0,90 x 3280 mm	
Peso neto/Peso bruto	310/385 kg	
Dimensiones del equipo	183 x 83 x 115 cm	

2.2.2 Panel de control

En la Figura 2.3 se encuentra el panel de control, el mismo que facilita la operación del equipo Sierra de Cinta BS – 1018B. A continuación, se encuentran los pulsadores:

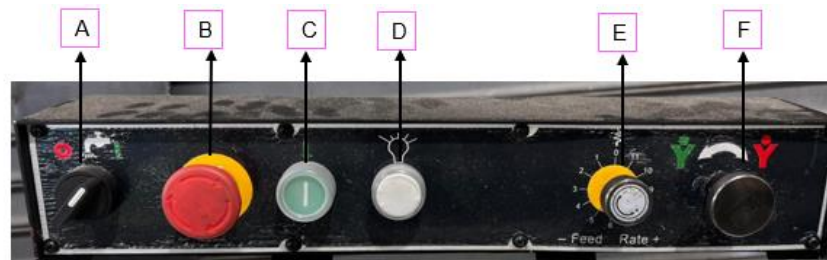


Figura 2.3 Panel de control del Equipo Sierra de Cinta BS - 1018B.

Fuente: Propia

- A. Control selector de encendido/apagado de refrigerante.
- B. Botón paro de emergencia.
- C. Botón encendido, comienza el movimiento de corte de la hoja sierra cinta.
- D. Luz de encendido indica que la máquina está encendida.
- E. Control regulador de velocidad de avance por gravedad de la hoja sierra cinta.

- F. Control selector de bloqueo/desbloqueo del sistema hidráulico para detener o continuar el movimiento de caída por gravedad de la hoja sierra cinta.

Cabe indicar que el apagado es automático al terminar el corte.

2.2.3 Tipos de materiales de corte

El equipo Sierra de Cinta BS – 1018B de acuerdo con sus especificaciones puede cortar diversos materiales tales como: acero al carbono, acero angular y tubo delgado, aleación de aluminio, aleación de cobre, herramienta de acero y acero para herramientas en caliente, acero para herramientas de alta velocidad, acero para herramientas en frío, acero para herramientas de endurecimiento en aceite, aleación de acero, molde de acero, aceros para herramientas templadas en agua, acero inoxidable, acero inoxidable de libre mecanizado; hierro fundido maleable, gris, austenítico dúctil, plástico y madera.

2.2.4 Tipo de cinta de corte

La selección de la clase de cinta de corte se realiza de acuerdo con el número correcto de dientes por pulgada dependiendo de la forma y dimensión del material a mecanizar.

2.3 Paso 2: Material de experimentación

El acero ASTM A36 también conocido como laminado en caliente es el más empleado ya que es uno de los aceros estructurales de carbono establecido para diversas aplicaciones industriales debido a que es un material fácil de cortar, soldar, dar forma y maquinar. En la Figura 2.4 se encuentran los requisitos de tracción para ASTM A36/A36M-19.

Plates, Shapes, ^B and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] ^C
Plates and Bars: ^{D,E}	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 ^B

^A See the Orientation subsection in the Tension Tests section of Specification A6/A6M.
^B For wide flange shapes with flange thickness over 3 in. [75 mm], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 % applies.
^C Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.
^D Elongation not required to be determined for floor plate.
^E For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See the Elongation Requirement Adjustments subsection under the Tension Tests section of Specification A6/A6M.

Figura 2.4 Requisitos de tracción ASTM A36/A36M-19.

Fuente: (ASTM A36: 2019, 2019)

En la Figura 2.5 se encuentra los requerimientos químicos de la especificación estándar para acero estructural al carbono ASTM A36/A36M-19.

NOTE 1—Where “. . .” appears in this table, there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A6/A6M.

Product	Shapes ^A	Plates > 15-in. [380 mm] Width ^B					Bars; Plates ≤ 15-in. [380 mm] Width ^B			
		To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]	To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 4 [100], incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All									
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	...	0.60–0.90	0.60–0.90	0.60–0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

^A Manganese content of 0.85–1.35 % and silicon content of 0.15–0.40 % is required for shapes with flange thickness over 3 in. [75 mm].
^B For each reduction of 0.01 percentage point below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 percentage point manganese above the specified maximum will be permitted, up to the maximum of 1.35 %.

Figura 2.5 Requisitos químicos ASTM A36/A36M-19.

Fuente: (ASTM A36: 2019, 2019)

Plancha de acero ASTM A36

En la Tabla 2.3 se encuentra la ficha técnica de la plancha de acero ASTM A36 de 1200 mm x 2400 mm (ancho x largo) utilizada para la experimentación.

Tabla 2.3 Ficha Técnica Acero ASTM A36.

Fuente: (Grados Material Mundial, 2022)

Acero ASTM A36: Composición Química					
Elemento	C	Si	P	S	Cu
[%]	0,26	0,40	0,04	0,05	0,20
Acero ASTM A36: Propiedades Mecánicas					
Resistencia a la tracción [MPa]	400-550				
Módulo de Elasticidad [GPa]	200				
Dureza Brinell [HBW]	119-162				
Límite Elástico [MPa]	250				
Módulo de corte [GPa]	79,3				
Límite de Fluencia [MPa]	250				
Acero ASTM A36: Propiedades Físicas					
Densidad	0,284 [lb/in ³] - 7,85 [g/cm ³]				
Peso teórico [kg/m²]	96				
Punto de Fusión [°C]	1425 - 1538				

En la Figura 2.6 se puede observar la plancha de acero ASTM A36 utilizada para la experimentación, la cual tiene un espesor de 12 mm; del material se obtuvieron 36 probetas las cuales permitieron obtener los datos de experimentación 1 y 2.



Figura 2.6 Material a cortar acero ASTM A36.

Fuente: Propia

2.4 Paso 3: Herramienta de corte

Una sierra de cinta bimetálica es el instrumento de corte utilizado dado que ha sido diseñada para el corte de diferentes materiales, la misma que será seleccionada dependiendo del diseño del diente que se requiera para el material a cortar.

2.4.1 Sierra de cinta Simonds

Simonds SBX GP es la hoja de sierra de cinta bimetálica presente en la Figura 2.7 es sumamente efectiva al presentar una geometría de dientes fuertes, siendo así muy resistente a los golpes; dentro de los materiales que se puede cortar con este tipo de cinta tenemos: aleaciones a base de níquel, paquetes, tubos y estructuras, incluidas vigas "H" y vigas "I" de gran sección transversal; acero inoxidable, al carbono, al cromo, para herramientas, para matrices. (Simonds, 2021)



Figura 2.7 Sierra de cinta: marca Simonds para experimentación.

Fuente: Propia

En la Tabla 2.4 mostrada a continuación, se encuentran los datos técnicos obtenidos del catálogo Simonds, el mismo que se encuentra en el anexo IV.

Tabla 2.4 Datos técnicos hoja de sierra Simonds $\frac{3}{4}$.

Fuente: (Simonds, 2021)

Dientes por pulgada	3/4
Ancho x Grosor	1" x 035 [in] 27 x 0.90 [mm]

2.4.2 Diseño del diente de la cinta de corte

La selección del diente es un parámetro importante dado que de este depende la eficiencia del corte y el menor costo; este se establece conforme al tamaño y forma del material.

En la Figura 2.8 se encuentra en el lado izquierdo las formas del material y junto a ello los parámetros del diseño del diente que se debe seleccionar de acuerdo con el tamaño del material.

[mm]	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450
	5/8		4/6	3/4			2/3			
	4/6	3/4		2/3		1.4/2.5			1.5/0.8	
	3/4		2/3		1.4/2.5			1.5/0.8		

Figura 2.8 Selección del diente para la hoja Sierra de Cinta BS – 1018B.

Fuente: (KAKA INDUSTRIAL, 2022)

Se puede notar en la Figura 2.9 que el diente seleccionado para la experimentación del proceso de corte es la pieza de trabajo de forma rectangular, con una variable de $\frac{3}{4}$ de diente por pulgada.

[mm]	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450
	5/8		4/6	3/4			2/3			
	4/6	3/4		2/3		1.4/2.5			1.5/0.8	
	3/4		2/3		1.4/2.5			1.5/0.8		

Figura 2.9 Selección del diente para experimentación.

Fuente: (KAKA INDUSTRIAL, 2022)

El diente de $\frac{3}{4}$ es utilizado para materiales que poseen una longitud entre 50 - 100 [mm], por tanto, en este trabajo se decidió realizar experimentaciones con longitudes de 80 [mm] y también se probó con 300 [mm], el mismo que esta fuera del rango establecido dado que para este valor se debería utilizar un diente de 1.4/2.5.

2.5 Paso 4: Lubricación para el corte

El fluido de corte elegido para el experimento son los miscibles en agua, dado que se utiliza taladrina sintética sin contenido de aceites minerales. Las funciones principales de este fluido son: evitar la oxidación del metal, impedir que la pieza y el equipo presenten calentamiento excesivo, reducir la fricción entre la sierra de cinta y la pieza de trabajo, prolongar la vida del equipo y no producir malos olores.

2.5.1 Caudal de lubricación (Q)

El nivel de lubricante se realizó con el movimiento del control que modifica la salida del refrigerante para lo cual se ajustó de acuerdo con tres niveles: alto, medio y bajo. El recipiente de 1000/10 ml que se utilizó para determinar el nivel de caudal, el cronómetro para determinar el tiempo de llenado al llegar a un volumen de 0.1 [l] y el control de refrigerante se puede apreciar en la Figura 2.10.



Figura 2.10 Materiales utilizados para determinar el nivel de caudal.

Fuente: Propia

La cantidad de lubricante que circula por la tubería es determinada de la división del volumen de refrigerante en un determinado tiempo, obteniendo así la Tabla 2.5:

Tabla 2.5 Obtención del caudal suministrado en el Equipo BS - 1018B.

Fuente: Propia

Nivel de Lubricación	Volumen [l]	Tiempo [s]	Caudal [l/s]
Bajo	0.1	15.07	0.01
Medio	0.1	5.38	0.02
Alto	0.1	3.23	0.03

2.5.2 Fluido de experimentación

AR-40 taladrina sintética se observa en la Figura 2.11; siendo este el fluido utilizado para la experimentación. Este fluido de corte es totalmente soluble en agua, aplicado en el mecanizado y rectificado de todo tipo de acero, tiene gran capacidad lubricante y refrigerante. La dosis de producto para mecanizado en general es de 3-5%. (Productos Calter, 2022)



Figura 2.11 Fluido de experimentación.

Fuente: Propia

2.6 Paso 5: Parámetros de corte

Los parámetros de corte que se tomaron en cuenta para la experimentación son:

- **Velocidad de la cinta:** Equipo BS – 1018B tiene 4 velocidades de la cinta 114 [fpm], 196 [fpm], 288 [fpm], 377 [fpm].
- **Índice de corte:** depende del tipo de material a utilizar, tiene un rango aproximado de 10 – 103 [cm²/min].
- **Velocidad de avance:** Equipo BS – 1018B tiene 11 velocidades de avance, comprendido en el rango de 0 – 11 [mm/min].

2.6.1 Vc: Velocidad de la cinta

La velocidad de la cinta también conocida como velocidad de corte del Equipo BS – 1018B se muestra en dos placas, cabe señalar que dependiendo del tipo de material que se pretende cortar se tiene la respectiva velocidad de corte. A continuación, se detallan las placas.

En la Tabla 2.6 se detalla la primera placa, que dispone de cuatro velocidades para la cinta, la misma que es utilizada dependiendo del tipo de material a utilizar.

Tabla 2.6 Velocidad de la cinta de acuerdo con el material.

Fuente: (KAKA INDUSTRIAL, 2022)

Velocidad [fpm]	Materiales para cortar
114	Acero para herramientas, acero inoxidable, acero aleado, bronce fosforado, bronce duro, hierro fundido duro, hierro maleable.
196	Acero suave, hierro fundido blando, latón de dureza media, bronce de dureza media.
288	Latones y bronce blandos, aluminio duro, plástico.
377	Plásticos, aluminio suave y medio suave, madera y otros materiales livianos

En la Tabla 2.7 se determinó mediante el cambio de velocidades, el número de vueltas que presenta la cinta en un minuto, siendo evidente que en cada cambio existe una variación de ocho vueltas.

Tabla 2.7 Número de ciclos de la cinta del Equipo: BS – 1018B.

Fuente: Propia

Velocidad de la cinta [fpm]	Número de ciclos de la cinta en 1 minuto
114	11
196	19
288	27
377	35

La Tabla 2.8 se detalla la segunda placa, que muestra la tasa recomendada de velocidad de corte que ofrece el equipo dependiendo del material a cortar: Cabe indicar que en el

Equipo BS – 1018B solo existen las cuatro velocidades mencionadas anteriormente en la Tabla 2.6, por lo que se recomienda seleccionar un valor aproximado de velocidad de corte en el caso que no se disponga de alguna velocidad mencionada en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Velocidad de corte de acuerdo con el material.

Fuente: (KAKA INDUSTRIAL, 2022)

Material	Velocidad [fpm]	Material	Velocidad [fpm]
Acero al carbono	196 - 354	Molde de acero	246
Acero angular y tubo delgado	180 - 220	Aceros para herramientas templadas en Agua	242
Aleación de Aluminio	220 - 534	Acero inoxidable	85
Aleación de Cobre	229 - 482	Cr acero inoxidable	85 - 203
Herramienta de acero y Acero para herramientas en caliente	203	Acero inoxidable de libre mecanizado	150 - 203
Acero para herramientas de alta velocidad	75 - 118	Fe fundido gris	108 - 255
Acero para herramientas en frío	95 - 213	Fe fundido austenítico dúctil	65 - 85
Acero para herramientas de endurecimiento en aceite	203 - 213	Fe fundido maleable	321
Aleación de acero	111 - 321	Plástico y Madera	220

El material utilizado para la experimentación es un acero ASTM A36, es decir un acero al carbono, entonces la velocidad óptima a utilizar es de 196 [fpm].

2.6.2 IC: Índice de corte

Es el tiempo empleado que se utiliza para cortar cierta pieza, este se obtiene a partir de la dureza del material y la velocidad de corte.

Los índices de corte establecidos por la industria de acuerdo con la dureza del material se encuentran disponibles en diversos catálogos de Sierras de Cinta, a continuación, en la Tabla 2.9 se muestra un resumen:

Tabla 2.9 Velocidad e IC dependiendo del tipo de material – Resumen.

Fuente: (Starret, 2019)

Material	Longitud de la pieza	50-125 mm		
	Norma ABNT / AISI / SAE	Dureza	Velocidad de corte [m/min]	Índice de corte [cm ² /min]
Aceros al carbono	1005-1012	150HB	79-91	77-103
	1015-1026	150HB	76-88	71-97
	1030-1055, A36	175HB	55-67	52-58
	1060-1095	200HB	49-61	39-52
Aceros al carbono de mecanizado fácil	1110-1117-1118	150HB	79-98	77-103
	1137-1151	175HB	67-79	52-77
	1211-1215	150HB	79-98	97-120
Aceros manganeso	1330-1345	200HB	55-67	39-52
	1513-1527	150HB	79-91	77-103
	1536-1552	175HB	61-79	52-65
	1561-1572	200HB	49-61	39-52
Aceros molibdeno	4012-4024	175HB	61-73	45-58
	4030-4042	175HB	58-70	45-52
	4047-4068	175HB	55-67	39-52
Aceros herramienta – trabajo en frío	A7, D2-D7	250HB	20-30	13-19
	O1, O2, O6, O7	200HB	55-67	26-39
Aceros herramienta – trabajo en caliente	P20, H10-H19, H21-H42	200HB	40-49	19-26
	L2, L6	200HB	52-64	19-26
	S1-S7	200HB	40-49	19-26
Aceero carbono herramienta	W1-W5	200HB	55-67	26-39
Aceros inoxidable ferríticos	405,409, 430, 434, 436, 442, 446	175HB	24-30	19-26
Aceros rápidos	M1, M2, M7, M10	225HB	34-40	19-26
	M3, M4, M30-M47	225HB	20-30	13-19
	T1, T2, T6	250HB	34-40	19-26
	T15	250HB	18-27	13-19
	T4, T5	250HB	27-37	13-19
Aceros inoxidable austeníticos	201,202, 301-305,308,321,347	150HB	30-37	19-26
	A286, 309, 310, 314, 316, 317, 330	175HB	21-24	10-13
Aceros inoxidable de mecanizado fácil	330	150HB	30-43	26-32
	416, 420F, 430F	150HB	43-55	32-39
Aceros inoxidable templado	15-5PH, 17-4PH, 17-7PH	200HB	21-27	13-19

Además, la Tabla 2.9 es útil para la obtención del tiempo de corte (TC) dependiendo de la pieza de trabajo, la misma que se determina a partir de la Ecuación 2.1:

$$TC = \frac{A}{IC}$$

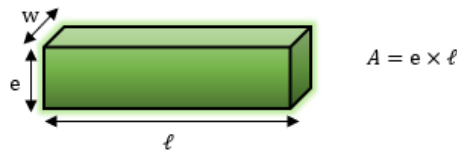
Ecuación 2.1 Tiempo de corte.

Donde:

∴ *A* Área del material [*cm*²].

∴ *IC* Índice de corte [*cm*²/*min*].

Por ejemplo, para la experimentación 1 se tiene un material rectangular acero ASTM A36 de longitud 300 [mm]; de la Tabla 2.9 los datos para un acero al carbono A36 son: índice de corte de 52-58 [*cm*²/*min*] y velocidad de corte de 55-67 [*m*/*min*]. El área está determinada de la siguiente forma:



Las dimensiones del material a cortar son $e = 12 \text{ mm} = 1.2 \text{ cm}$ y $l = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$, por tanto, el área tiene un valor de:

$$A = 1.2 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 36 \text{ cm}^2$$

Dado que este material no cumple con la longitud del material especificado en la Tabla 2.9, se tiene los siguientes factores de la Tabla 2.10, los mismos que deben ser multiplicados por la velocidad de corte indicada en la Tabla 2.9.

Tabla 2.10 Factores de corte dependiendo de la longitud del material.

Fuente: (Starret, 2019)

Factor	Longitud [mm]
1,20	< 13
1,10	13-25
1,07	25-50
1	50-125
0,92	125-250
0,85	250-600
0,75	> 600

La longitud del material de corte es de 300 mm, entonces el factor a utilizar es de 0.85, al multiplicar por este factor, se tiene que la velocidad de corte es: 46.75 – 56.95 [*m*/*min*].

Para la obtención del tiempo de corte de este ejemplo, se procede a reemplazar los datos en la Ecuación 2.1.

$$TC = \frac{36 [cm^2]}{58 [cm^2/min]} = 0.62 [min] = 37.2 [s]$$

Por tanto, el tiempo de corte obtenido para un acero ASTM A36 rectangular de longitud 300 mm, es de 37.2 segundos.

En el caso de la experimentación 2 se tiene un material rectangular acero ASTM A36 de longitud 80 [mm]; siendo el índice de corte y la velocidad de corte el mismo de la experimentación 1.

Las dimensiones del material a cortar son $e = 12 \text{ mm} = 1.2 \text{ cm}$ y $\ell = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$, por tanto, el área tiene un valor de:

$$A = 1.2 \text{ cm} \times 8 \text{ cm} = 9.6 \text{ cm}^2$$

Dado que este material si cumple con la longitud del material especificado en la Tabla 2.9, al reemplazar los valores en la Ecuación 2.1. se tiene:

$$TC = \frac{9.6 [cm^2]}{58 [cm^2/min]} = 0.17 [min] = 10.2 [s]$$

Por tanto, el tiempo de corte obtenido para un acero ASTM A36 rectangular de longitud 80 mm, es de 10.2 segundos.

2.6.3 Vf: Velocidad de avance

El control del Equipo Sierra de Cinta BS – 1018B se encuentra en la Figura 2.12, la misma que está conformada por 11 velocidades de avance; el movimiento en sentido horario provoca que no haya movimiento del brazo de la Sierra hacia abajo, mientras que en sentido antihorario se establece la velocidad a la que baja el brazo de la Sierra y la hoja de Sierra a través del trabajo.



Figura 2.12 Control de velocidad de avance del Equipo BS - 1018B.

Fuente: Propia

En la Tabla 2.11 se estableció el tiempo para cada velocidad de avance que tiene el control del equipo, el brazo de la Sierra de Cinta se dejó caer a partir de una altura de 127 mm para tomar dichos tiempos.

Tabla 2.11 Tiempo medido para cada Vf Equipo: BS – 1018 B.

Fuente: Propia

Velocidad de avance [mm/min]	Vf 1	Vf 2	Vf 3	Vf 4	Vf 5	Vf 6	Vf 7	Vf 8	Vf 9	Vf 10	Vf 11
Tiempo [s]	11.09	8.07	5.07	4.01	3.07	3.03	2.08	2.06	2.05	2.04	2.03

2.7 Paso 6: Experimentación

De acuerdo con los diseños experimentales, el diseño factorial es el que permite estudiar el efecto de diversos factores, por tanto, para este trabajo se utilizó factorial mixto, dado que cada factor de estudio no tiene el mismo número de nivel.

Se analiza el estudio del efecto de 3 factores cada uno con diferentes niveles:

Nivel de lubricación (Q): alto, medio, bajo.

Velocidad de avance (V_f): 1, 4, 6 [mm/min].

Velocidad de la cinta (V_c): 114, 196 [fpm].

Número de probetas:

El número total de experimentos viene dado por el factorial $3 \times 3 \times 2$, el cual significa que se experimenta con tres factores; con tres, dos y tres niveles, respectivamente.

$$\text{Número total de probetas} = 3 \times 3 \times 2 = 18$$

El total de experimentos es de 18, de acuerdo con la combinación de factores, con el fin de poder realizar un análisis correcto de los datos.

2.7.1 Diseño de experimentos

En la Figura 2.13 se encuentra la entrada, salida, factores controlables y no controlables que intervienen en el diseño de experimentos del presente estudio.

- **Entrada:** material de experimentación plancha de acero ASTM A36.
- **Salida:** análisis de calidad superficial.

- **Factores controlables:** parámetros utilizados durante el corte: nivel de lubricación, velocidad de la cinta, velocidad de avance.
- **Factores no controlables:** variación del tiempo en cada corte.

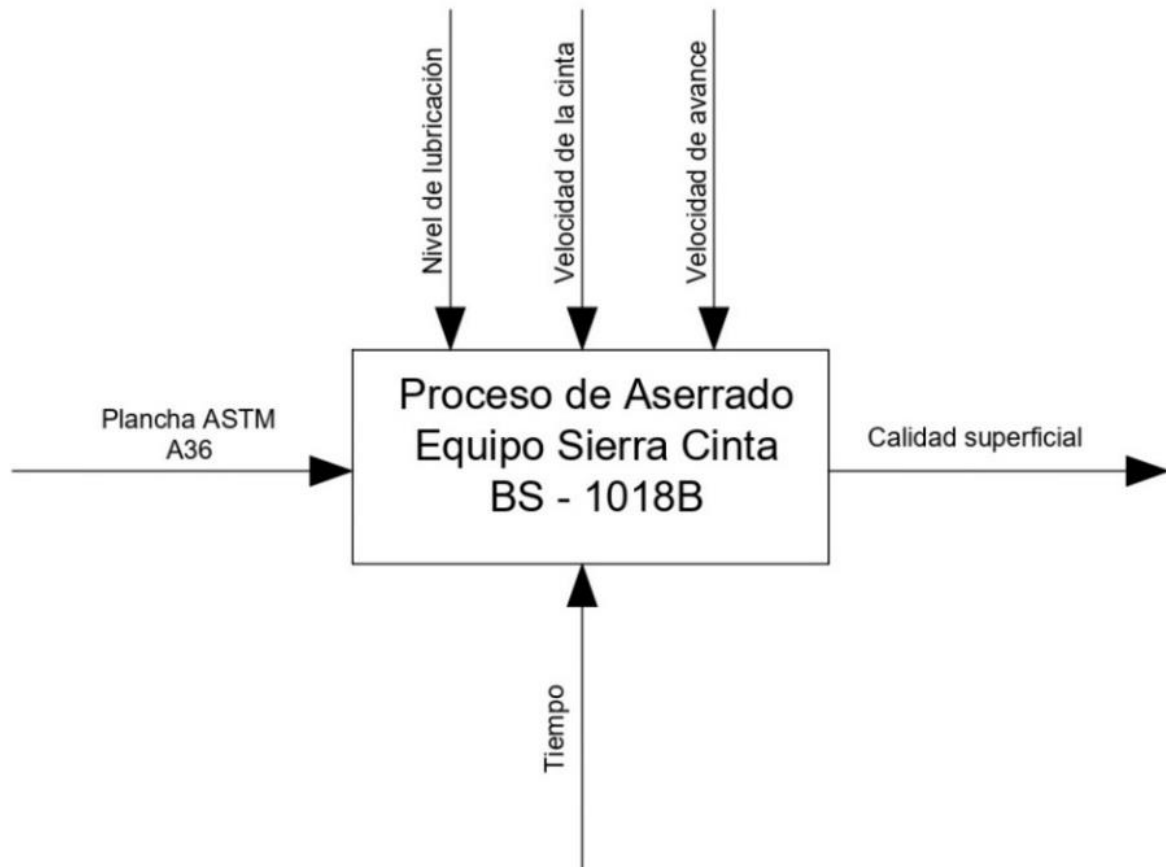


Figura 2.13 Factores y variables del diseño de experimentación.

Fuente: Propia

2.8 Paso 7: Obtención de datos experimentales

Para llevar a cabo la experimentación se realizaron 36 probetas de experimentación, las mismas que de acuerdo con la longitud del material se dividieron en dos grupos, la plancha utilizada fue de espesor 12 mm, acero ASTM A36; al equipo Sierra de Cinta BS-1018B se le asignó los siguientes parámetros de variación: velocidad de la cinta, velocidad de avance, nivel de lubricación bajo (0.01 [l/s]), medio (0.02 [l/s]), alto (0.03 [l/s]).

2.8.1 Experimentación 1: Material de longitud 300 [mm]

Algunos pasos realizados en la experimentación 1 se aprecian en la Figura 2.14, para lo cual se utilizó material con longitud de 300 [mm], cada probeta cortada está enumerada, en el caso de las probetas desde el número 1 - 12 (Tabla 2.12) los tamaños de cortes realizados son de 40 mm de ancho mientras que para las probetas 13 - 18 (Tabla 2.13) los tamaños de cortes realizados son de 20 mm de ancho.



Figura 2.14 Proceso de experimentación 1.

Fuente: Propia

En esta experimentación se realizó únicamente la prueba de dos avances dado que la Sierra de Cinta utilizada no es la adecuada para la longitud establecida del material.

Los tiempos requeridos de corte de las probetas 1 – 12 se presentan en la Tabla 2.12, para lo cual se utilizó todas las velocidades de la cinta con una única velocidad de avance 4 [mm/min].

Tabla 2.12 Tiempo de corte con Vf 4 [mm/min] Equipo: BS - 1018B.

Fuente: Propia

Velocidad de avance [mm/min]			4
Nivel de lubricación	N° de probeta	Velocidad de la cinta [fpm]	Tiempo de corte [s]
Alto 0.03 [l/s]	1	114	166.08
	2	196	107.03
	3	288	89.06
	4	377	107
Medio 0.02 [l/s]	5	114	175.03
	6	196	106.01
	7	288	89.08
	8	377	86.04
Bajo 0.01 [l/s]	9	114	160.09
	10	196	105.09
	11	288	90.05
	12	377	85.03

En la Tabla 2.13 están los tiempos requeridos de corte de las probetas 13 – 18, para lo cual se utilizó una única velocidad de avance 6 [mm/min] pero solo se realizó con dos velocidades de cinta 114 [fpm] y 196 [fpm].

Tabla 2.13 Tiempo de corte con Vf 6 [mm/min] Equipo: BS - 1018B.

Fuente: Propia

Velocidad de avance [mm/min]			6
Nivel de lubricación	N° de probeta	Velocidad de la cinta [fpm]	Tiempo de corte [s]
Alto 0.03 [l/s]	13	114	63.05
	14	196	50.04
Medio 0.02 [l/s]	15	114	85.06
	16	196	50.09
Bajo 0.01 [l/s]	17	114	92.01
	18	196	53.09

Nota: El Equipo cuenta con cuatro velocidades de cinta, pero en este caso solo se utilizó 114 [fpm] y 196 [fpm] dado que estos son los valores recomendados por el equipo BS - 1018B para aceros, con el fin de evitar que la herramienta de corte presente daños como pandeo.

2.8.2 Experimentación 2: Material de longitud 80 [mm]

Algunos pasos realizados en la experimentación 2 se muestran en la Figura 2.15, para lo cual se utilizó material con longitud de 80 [mm] y los tamaños de cortes realizados son de 20 mm de ancho. En esta experimentación se utilizó únicamente 196 [fpm] y 114 [fpm] como velocidad de cinta, dado que son los valores recomendados por el equipo BS - 1018B para acero.



Figura 2.15 Proceso de experimentación 2.

Fuente: Propia

Los tiempos requeridos de corte de las probetas 1 – 9 se presentan en la Tabla 2.14 con una velocidad de cinta 196 [fpm] a diferentes niveles de lubricación con velocidad de avance 1, 4 y 6 [mm/min].

Tabla 2.14 Tiempo de corte con Vc 196 [fpm] Equipo: BS - 1018B.

Fuente: Propia

Velocidad de la cinta [fpm]			196
Velocidad de avance [mm/min]	Nivel de Lubricación [l/s]	N° de probeta	Tiempo de corte [s]
1	Bajo	1	14.06
	Medio	2	13.03
	Alto	3	10.09
4	Bajo	4	17
	Medio	5	12.04
	Alto	6	18.02
6	Bajo	7	13.03
	Medio	8	18.01
	Alto	9	18.05

Los tiempos requeridos de corte de las probetas 10 – 18 se presentan en la Tabla 2.15 con una velocidad de cinta 114 [fpm] a diferentes niveles de lubricación con velocidad de avance 1, 4 y 6 [mm/min].

Tabla 2.15 Tiempo de corte con Vc 114 [fpm] Equipo: BS - 1018B.

Fuente: Propia

Velocidad de la cinta [fpm]			114
Velocidad de avance [mm/min]	Nivel de Lubricación [l/s]	N° de probeta	Tiempo de corte [s]
1	Bajo	10	22.02
	Medio	11	19.08
	Alto	12	24.06
4	Bajo	13	22.07
	Medio	14	17.05
	Alto	15	32.04
6	Bajo	16	26
	Medio	17	31.04
	Alto	18	44

Nota: El equipo presenta 11 velocidades de avance, pero se decidió utilizar solo tres avances: 1, 4 y 6; debido a que 1 es el más bajo, 4 un nivel intermedio y 6 el valor máximo, ya que a partir del avance 7 la Sierra de Cinta presento dificultades durante el proceso de corte.

2.8.3 Determinación del Índice de corte

$$IC = \frac{A}{TC}$$

Ecuación 2.2 Fórmula para la determinación del índice de corte.

Donde:

∴ *A* Área del material [cm^2].

∴ *TC* Tiempo de corte [*s*].

$$IC = \frac{36 \text{ cm}^2}{166.08 \text{ s}}$$

$$IC = 0.22 \text{ cm}^2/\text{s} = 13.01 \text{ cm}^2/\text{min}$$

Los valores evaluados de IC para la experimentación 1 se exponen en la Tabla 2.16.

Tabla 2.16 Cálculo de IC Experimentación 1.

Fuente: Propia

Experimentación 1						
N° de probeta	Área [cm^2]	V_c [fpm]	V_f [mm/min]	Q [l/s]	TC [s]	IC [cm^2/min]
1	36	114	4	0.03	166.08	13.01
2	36	196	4	0.03	107.03	20.18
3	36	288	4	0.03	89.06	24.25
4	36	377	4	0.03	107	20.19
5	36	114	4	0.02	175.03	12.34
6	36	196	4	0.02	106.01	20.38
7	36	288	4	0.02	89.08	24.25
8	36	377	4	0.02	86.04	25.10
9	36	114	4	0.01	160.09	13.49
10	36	196	4	0.01	105.09	20.55
11	36	288	4	0.01	90.05	23.99
12	36	377	4	0.01	85.03	25.40
13	36	114	6	0.03	63.05	34.26
14	36	196	6	0.03	50.04	43.17
15	36	114	6	0.02	85.06	25.39
16	36	196	6	0.02	50.09	43.12
17	36	114	6	0.01	92.01	23.48
18	36	196	6	0.01	53.09	40.69

Los valores evaluados de IC para la experimentación 2 se exponen en la Tabla 2.17.

Tabla 2.17 Cálculo de IC Experimentación 2.

Fuente: Propia

Experimentación 2						
N° de probeta	Área [cm²]	V_c [fpm]	V_f [mm/min]	Q [l/s]	TC [s]	IC [cm²/min]
1	9.6	196	1	0.01	14.06	40.97
2	9.6	196	1	0.02	13.03	44.21
3	9.6	196	1	0.03	10.09	57.09
4	9.6	196	4	0.01	17	33.88
5	9.6	196	4	0.02	12.04	47.84
6	9.6	196	4	0.03	18.02	31.96
7	9.6	196	6	0.01	13.03	44.21
8	9.6	196	6	0.02	18.01	31.98
9	9.6	196	6	0.03	18.05	31.91
10	9.6	114	1	0.01	22.02	26.16
11	9.6	114	1	0.02	19.08	30.19
12	9.6	114	1	0.03	24.06	23.94
13	9.6	114	4	0.01	22.07	26.09
14	9.6	114	4	0.02	17.05	33.78
15	9.6	114	4	0.03	32.04	17.98
16	9.6	114	6	0.01	26	22.15
17	9.6	114	6	0.02	31.04	18.56
18	9.6	114	6	0.03	44	13.09

De acuerdo con el cálculo de índice de corte para cada una de las probetas y con las especificaciones establecidas en la Tabla 2.9 para un acero A36 el IC es de 52-58 [cm²/min]; de esto se puede concluir que para la experimentación 1 la mayoría de las probetas presenta un valor demasiado bajo y ninguna probeta cumple con esos valores, mientras que en la experimentación 2 se tiene valores aproximados y una probeta (#3) si se encuentra dentro del rango establecido.

El operario deberá estar bien instruido y capacitado para el uso del equipo dado que un índice de corte inapropiado puede provocar daños, alteraciones; tanto del equipo como del material a utilizar, provocando así pérdidas de tiempos debido a la mala operación del equipo y gastos de materiales, energía.

En la Figura 2.16 queda reflejado el efecto del nivel de lubricación Q sobre el tiempo de corte promedio TC correspondiente a la experimentación 1 y 2. De la figura podemos indicar que en la experimentación 1 a menores niveles de lubricación se requiere mayor tiempo de corte, consiguiéndose así el menor tiempo a un nivel de lubricación alto 0.03 [l/s]; mientras que en la experimentación 2 a menores niveles de lubricación se requiere menor tiempo de corte, obteniendo así que el menor tiempo de corte se da un nivel de lubricación medio 0.02 [l/s]. Además, se puede observar que el ajuste del modelo es bueno ya que el valor de R^2 es 1 para el experimento 1 y 2.

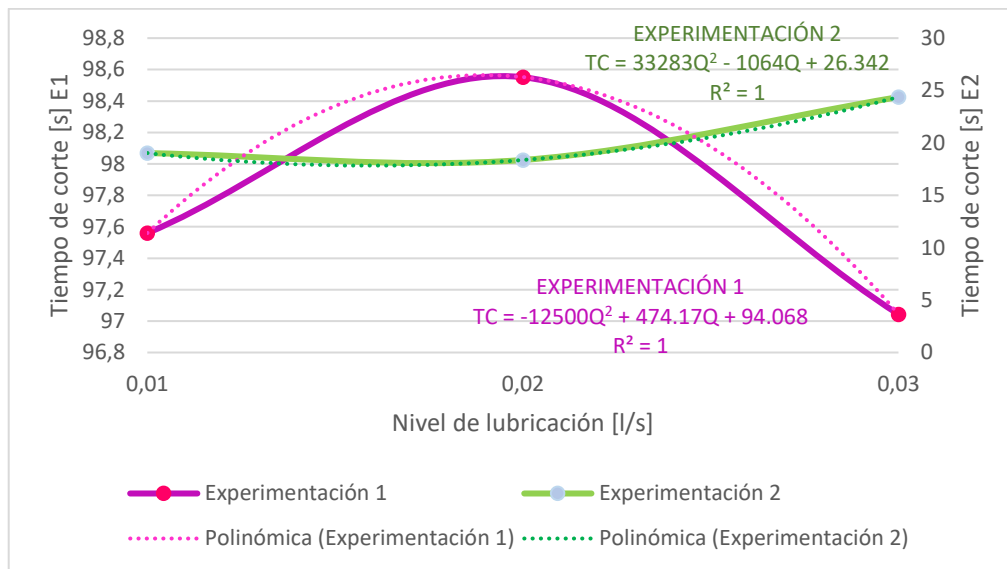


Figura 2.16 TC [s] promedio vs Q [l/s].

Fuente: Excel (Propia)

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las mediciones de rugosidad obtenidas para las 36 probetas se presentan en esta sección, además se presenta solo para la experimentación 2 el análisis estadístico para lo cual se empleó ANOVA (análisis de varianza) y el modelo matemático de regresión lineal múltiple. De igual manera, se encuentra el análisis de viruta de la experimentación 1 y 2.

Finalmente, del presente proyecto se estableció las conclusiones y recomendaciones.

3.1 Resultados

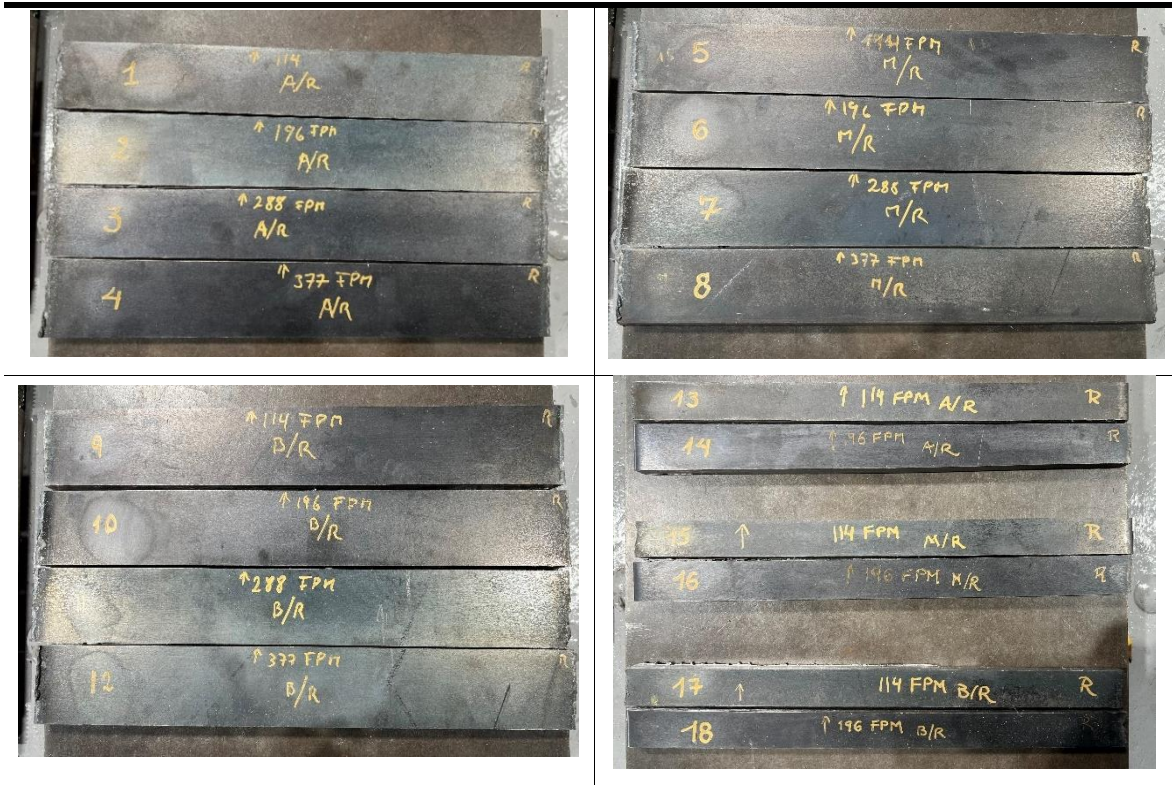
Se elaboraron 36 probetas las mismas que se muestran en la Tabla 3.1, que se dividieron en dos grupos de 18, cada grupo se realizó de acuerdo con los factores establecidos en el diseño de experimentos. En el equipo BS - 1018B se efectuó el proceso de aserrado con sierra de cinta para lo cual se dio las diferentes variaciones: caudal de lubricación,

velocidad de la cinta, control de la velocidad de avance, mismas que fueron combinadas en los diferentes niveles establecidos.

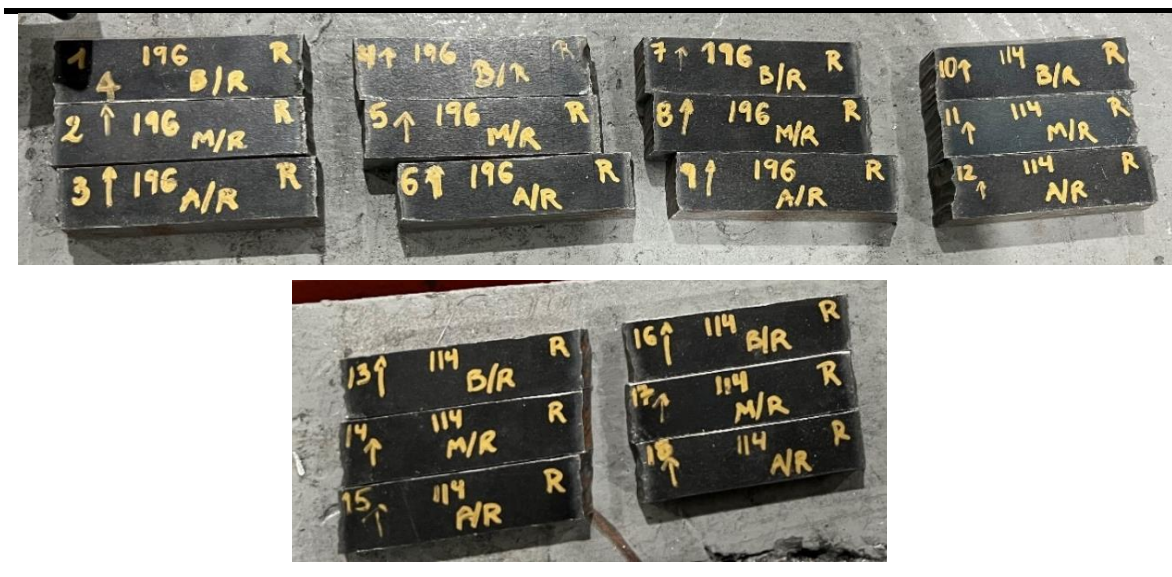
Tabla 3.1 Probetas obtenidas en la experimentación.

Fuente: Propia

Experimentación 1



Experimentación 2



3.1.1 Paso 8: Medición de rugosidad

En la Tabla 3.2 y Tabla 3.3 fue registrada para cada probeta la medición de la rugosidad media aritmética R_a de la superficie mecanizada. En la Figura 3.1 se muestra las mediciones que se realizaron con ayuda del instrumento Mitutoyo SJ-210, con un estándar de rugosidad ISO 1997 a una velocidad transversal de 0.5 [mm/s].

Además, con el valor de rugosidad medio aritmético calculado a partir de los datos, se establecieron los grados de rugosidad de acuerdo con la Norma DIN 4769 establecidos anteriormente en la Tabla 1.2., en la misma se puede distinguir dos tipos de calidad N9 y N10 para la experimentación 1 y una única calidad N10 para la experimentación 2.

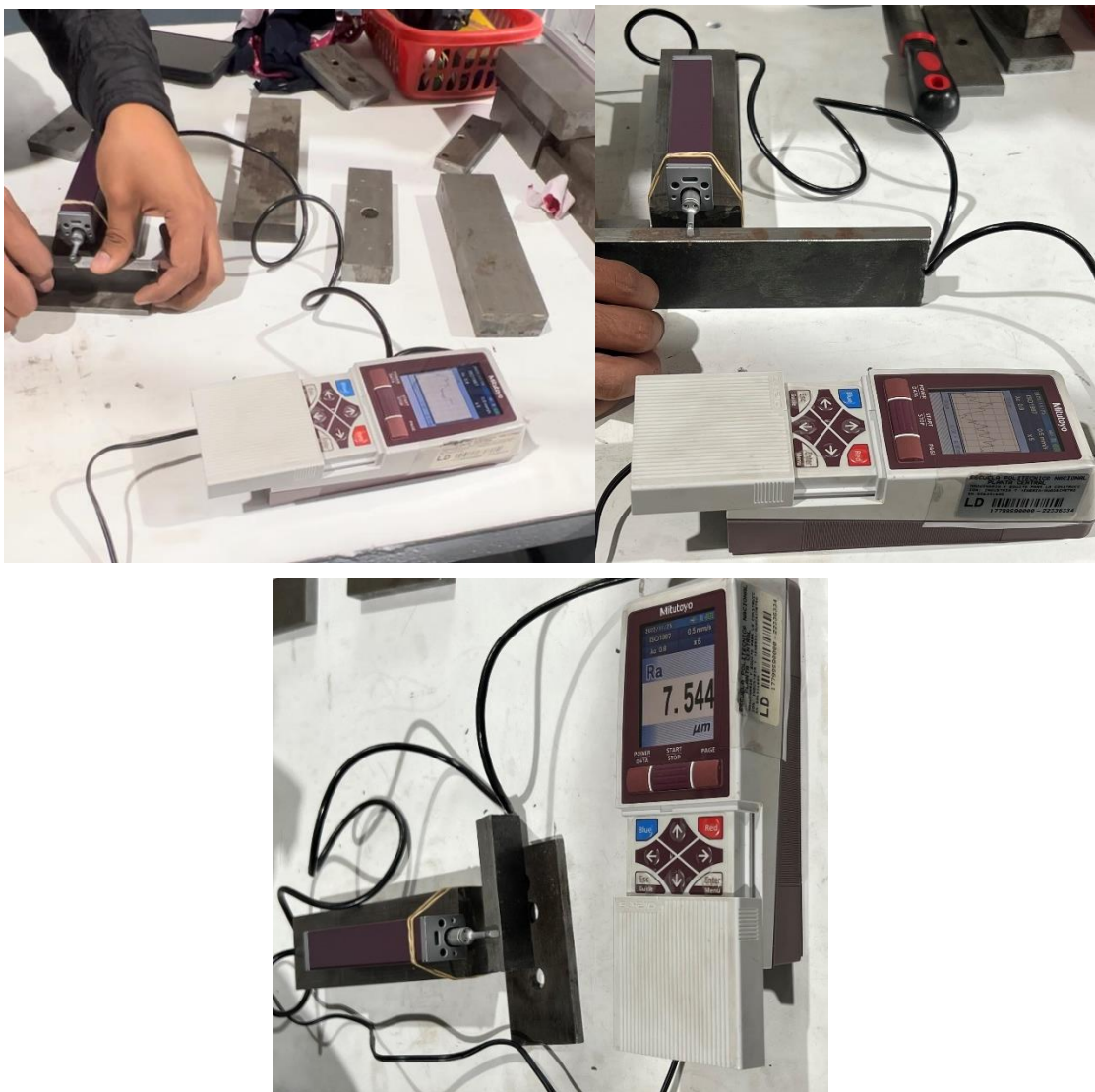


Figura 3.1 Medición de rugosidad con Mitutoyo SJ-210.

Fuente: Propia

Los datos para cada probeta de la experimentación 1 se exponen en la Tabla 3.2, cada medición de rugosidad fue realizada con una distancia de separación de 60 [mm], tomando así las medidas a 60, 120, 180 y 270 [mm].

El rango de rugosidad medio aritmético para la experimentación 1 es de 5.127 [μm] – 8.420 [μm].

Tabla 3.2 Resultados de rugosidad y grado de calidad experimentación 1.

Fuente: Propia

Experimentación 1									
N° Probeta	V _c [fpm]	V _f [mm/min]	Q [l/s]	Ra ₁ [μm]	Ra ₂ [μm]	Ra ₃ [μm]	Ra ₄ [μm]	Rugosidad [μm]	Calidad
1	114	4	0.03	7.122	9.038	8.282	8.107	8.137	N10
2	196	4	0.03	6.285	9.184	8.173	9.373	8.254	N10
3	288	4	0.03	7.782	7.307	7.199	6.704	7.248	N10
4	377	4	0.03	6.607	5.815	4.398	3.689	5.127	N9
5	114	4	0.02	6.423	6.792	6.921	7.584	6.930	N10
6	196	4	0.02	7.072	6.977	5.837	7.049	6.734	N10
7	288	4	0.02	5.864	6.484	7.055	5.131	6.134	N9
8	377	4	0.02	7.946	6.877	6.051	4.893	6.442	N10
9	114	4	0.01	6.312	7.091	7.457	5.588	6.612	N10
10	196	4	0.01	5.652	6.497	5.570	6.520	6.060	N9
11	288	4	0.01	7.056	7.016	6.833	6.478	6.846	N10
12	377	4	0.01	7.492	6.268	5.321	4.304	5.846	N9
13	114	6	0.03	8.470	7.621	8.105	9.484	8.420	N10
14	196	6	0.03	6.994	8.485	7.145	6.605	7.307	N10
15	114	6	0.02	6.933	8.073	8.393	7.973	7.843	N10
16	196	6	0.02	7.310	6.770	7.974	6.535	7.147	N10
17	114	6	0.01	7.564	6.814	8.051	6.502	7.233	N10
18	196	6	0.01	5.623	7.048	8.482	7.854	7.252	N10

En la Tabla 3.3 se encuentran para cada probeta de la experimentación 2, cada medición de rugosidad que fue realizada con una distancia de separación de 15 [mm], tomando así las medidas a 15, 30, 45 y 60 [mm].

El rango de rugosidad medio aritmético para la experimentación 2 es de 6.720 [μm] – 9.923 [μm].

Tabla 3.3 Resultados de rugosidad y grado de calidad experimentación 2.

Fuente: Propia

Experimentación 2									
N° Probeta	V _c [fpm]	V _f [mm/min]	Q [l/s]	Ra ₁ [μm]	Ra ₂ [μm]	Ra ₃ [μm]	Ra ₄ [μm]	Rugosidad (Ra) [μm]	Calidad
1	196	1	0.01	7.649	6.905	6.872	7.107	7.133	N10
2	196	1	0.02	8.574	7.159	7.399	6.409	7.385	N10
3	196	1	0.03	6.895	7.771	8.923	6.461	7.513	N10
4	196	4	0.01	7.736	7.625	7.541	8.400	7.826	N10
5	196	4	0.02	7.614	7.614	8.487	10.027	8.436	N10
6	196	4	0.03	7.488	6.441	7.370	9.014	7.578	N10
7	196	6	0.01	8.252	8.331	7.125	8.129	7.959	N10
8	196	6	0.02	7.765	7.070	7.242	8.180	7.564	N10
9	196	6	0.03	8.654	6.743	6.594	6.842	7.208	N10
10	114	1	0.01	6.647	7.140	7.113	5.980	6.720	N10
11	114	1	0.02	8.494	10.139	7.306	7.319	8.315	N10
12	114	1	0.03	7.576	8.746	9.042	6.755	8.030	N10
13	114	4	0.01	8.361	8.138	7.364	8.341	8.051	N10
14	114	4	0.02	8.492	6.642	9.123	9.678	8.484	N10
15	114	4	0.03	9.347	9.557	8.025	8.230	8.790	N10
16	114	6	0.01	9.268	7.121	7.233	6.838	7.615	N10
17	114	6	0.02	9.774	9.191	9.515	11.211	9.923	N10
18	114	6	0.03	7.868	7.493	8.714	10.326	8.600	N10

3.1.2 Paso 9: Análisis de datos

Se efectuó el análisis de datos únicamente para la experimentación 2, dado que esta cumplía con los requerimientos del tipo de Sierra de Cinta establecidos por el Equipo BS – 1018B.

Para determinar el análisis de resultados se realizó el ANOVA también conocido como análisis de varianza y el modelo matemático experimental utilizado fue de regresión lineal múltiple, cabe indicar que para un mejor análisis se utilizó los softwares estadísticos: Minitab y Statgraphics. Además, se realizó el análisis de las virutas obtenidas tanto en la experimentación 1 y 2.

3.1.2.1 ANOVA: Análisis de Varianza

La efectividad de los resultados obtenidos en el análisis de varianza está dada por los siguientes supuestos: normalidad, varianza constante e independencia. Es decir, en este estudio la respuesta (rugosidad) en cada tratamiento debe distribuirse de forma normal, con la misma varianza y las mediciones deben ser independientes. (Gutierrez & De la Vara, 2012)

En la Figura 3.2 del análisis de varianza, los valores de p pertenecientes a todos los términos lineales (Q, Vf, Vc) presenta efectos estadísticamente significativos dado que el nivel de significancia 0,05 correspondientes a los valores de p son menores. En el caso de las interacciones de 2 términos solo Q*Vc tiene un valor menor de p 0.033, es decir presenta efectos estadísticamente significativos ya que el nivel de significancia es 0,05.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	17	37,383	2,1990	2,54	0,005
Lineal	5	22,346	4,4693	5,16	0,001
Q	2	7,687	3,8433	4,44	0,016
Vf	2	6,846	3,4231	3,95	0,025
Vc	1	7,814	7,8138	9,03	0,004
Interacciones de 2 términos	8	10,376	1,2970	1,50	0,180
Q*Vf	4	1,957	0,4894	0,57	0,689
Q*Vc	2	6,308	3,1539	3,64	0,033
Vf*Vc	2	2,111	1,0553	1,22	0,304
Interacciones de 3 términos	4	4,661	1,1653	1,35	0,265
Q*Vf*Vc	4	4,661	1,1653	1,35	0,265
Error	54	46,751	0,8658		
Total	71	84,134			

Figura 3.2 ANOVA Experimentación 2.

Fuente: Minitab (Propia)

Para comprobar los supuestos del modelo se utilizó las pruebas gráficas de los residuos, mostradas a continuación:

El supuesto de que los residuos están distribuidos normalmente se puede observar en la gráfica normal de los residuos mostrada en la Figura 3.3 a), en el cual el supuesto de normalidad es correcto dado que casi todos los puntos azules de la gráfica se encuentran alineados a la línea recta roja, es decir, los residuos siguen una distribución normal.

Se muestra la gráfica de residuo vs. ajustes en la Figura 3.3 b), que permite probar la suposición de que los residuos tienen varianza constante. En este caso, este supuesto se

cumple porque los puntos azules en la gráfica están distribuidos aleatoriamente en la recta horizontal roja.

Se muestra la gráfica de residuo vs. orden en la Figura 3.3 c), que permite comprobar el supuesto de que los residuos no están correlacionados entre sí, y en este caso el supuesto se cumple ya que los puntos de la gráfica están de forma aleatoria dentro de la recta roja horizontal.

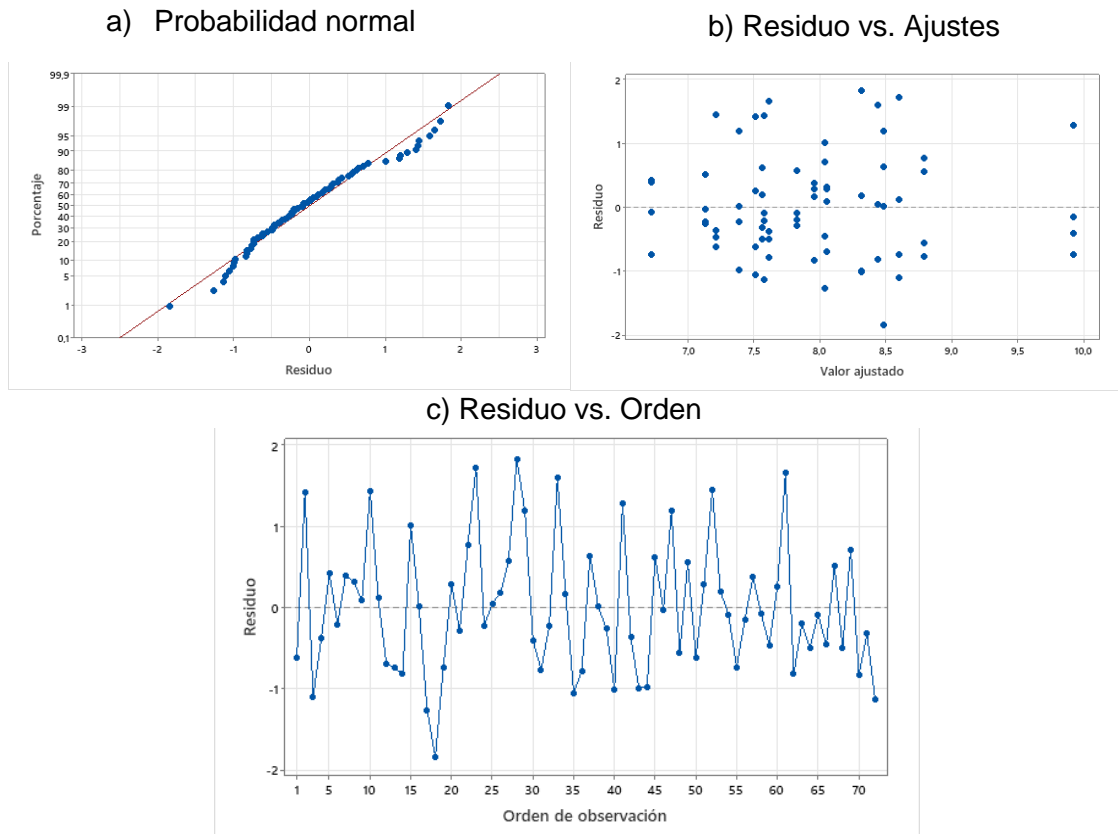


Figura 3.3 Gráficas de residuos Experimentación 2.

Fuente: Minitab (Propia)

Las suposiciones se han cumplido para el modelo, entonces se puede utilizar dicho modelo para la configuración óptima de los factores establecidos en el paso 6.

En la Figura 3.4 se puede observar que los factores C, A, B, AC tienen un impacto significativo en la rugosidad del material, ya que las barras que representan esos términos en la Figura 3.4 se extienden más allá de la línea vertical roja.

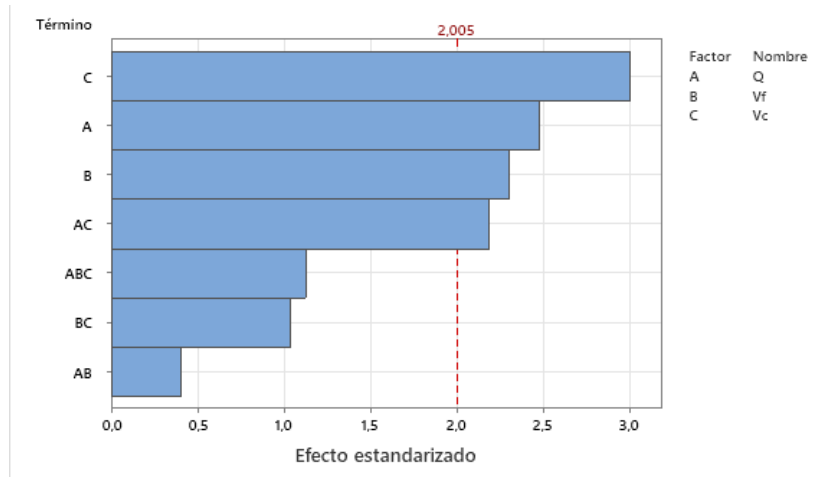


Figura 3.4 Diagrama de Pareto Experimentación 2.

Fuente: Minitab (Propia)

La configuración óptima que se ajustó de acuerdo con los datos, se muestra en la Figura 3.5 con letras de color rojo, la cual manifiesta que debería utilizarse lubricación baja con un 1 [mm/min] de velocidad de avance y velocidad de la cinta 114 [fpm], para así obtener el mejor acabado en el corte del material.

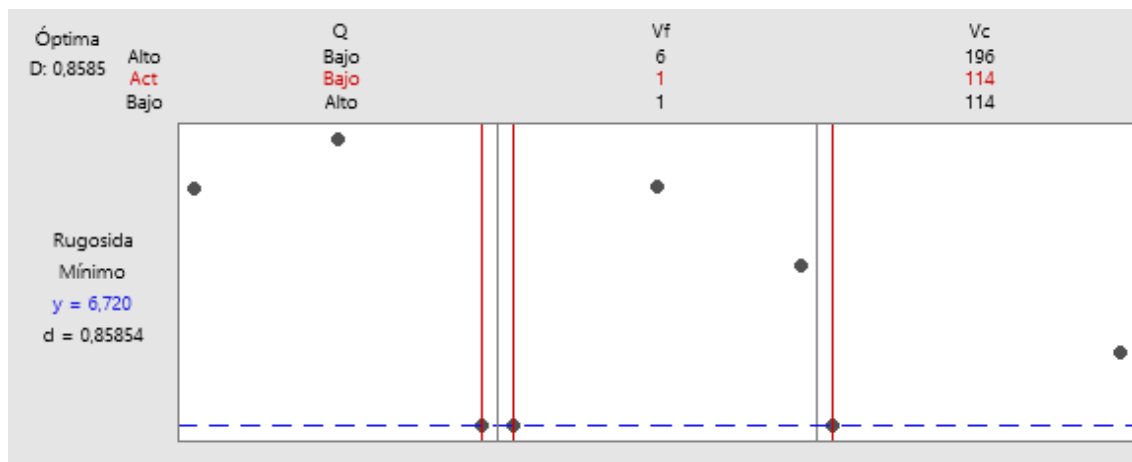


Figura 3.5 Configuración óptima de los parámetros Experimentación 2.

Fuente: Minitab (Propia)

3.1.2.2 Modelo matemático experimental: Regresión Lineal Múltiple

Este modelo matemático permite el entendimiento de la rugosidad al considerar variables como: el nivel de lubricación, velocidad de avance y velocidad de la cinta.

La siguiente Ecuación 3.1 indica el modelo de regresión múltiple: (Gutierrez & De la Vara, 2012)

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

Ecuación 3.1 Regresión Lineal Múltiple.

Donde:

- ∴ y Variable de respuesta (Rugosidad).
- ∴ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_k$ Coeficientes de regresión.
- ∴ X_1, X_2, X_k Variables independientes o regresoras.
- ∴ ε Error aleatorio.

La notación matricial es más sencilla si se aplica la Ecuación 3.2 para la estimación de mínimos cuadrados.

$$y = X\beta + \varepsilon$$

Ecuación 3.2 Estimación de Mínimos cuadrados.

Donde:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{21} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Se requiere encontrar el vector de los estimadores de mínimos cuadrados, $\hat{\beta}$, que minimice la Ecuación 3.3:

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon' \varepsilon = (y - X\beta)'(y - X\beta)$$

Ecuación 3.3 Vector estimador de Mínimos cuadrados.

A partir de esto, se obtiene la Ecuación 3.4:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'y$$

Ecuación 3.4 Estimador de Mínimos cuadrados.

Donde:

- ∴ $\hat{\beta}$ Estimador de mínimos cuadrados.
- ∴ $X'X$ Matriz inversa.
- ∴ X' Matriz transpuesta.

Por lo tanto, el modelo ajustado viene dado por la Ecuación 3.5:

$$\hat{y} = X \hat{\beta}$$

Ecuación 3.5 Estimación de variable de respuesta.

De esto se obtiene la Ecuación 3.6:

$$SC_E = y'y - \hat{\beta}' X' y$$

Ecuación 3.6 Suma de cuadrados del error.

Entonces con los datos de la experimentación se procede a realizar los cálculos respectivos mostrados en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Variables independientes y de respuesta Experimentación 2.

Fuente: Propia

Variables independientes								
$\sum_{i=1}^{18} Vc$	$\sum_{i=1}^{18} Vf$	$\sum_{i=1}^{18} Q$	$\sum_{i=1}^{18} Vc^2$	$\sum_{i=1}^{18} Vf^2$	$\sum_{i=1}^{18} Q^2$	$\sum_{i=1}^{18} VcVf$	$\sum_{i=1}^{18} VfQ$	$\sum_{i=1}^{18} VcQ$
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
2790	66	0.36	462708	318	0.0084	10230	1.32	55.8
Variable de respuesta								
$\sum_{i=1}^{18} Ra$	$\sum_{i=1}^{18} Ra Vc$	$\sum_{i=1}^{18} Ra Vf$	$\sum_{i=1}^{18} Ra Q$					
↓	↓	↓	↓					
143.13	21942.18	534.97	2.89					

Se procede a establecer la matriz de regresión lineal múltiple con los valores obtenidos en la Tabla 3.4:

$$\begin{bmatrix} 18 & 2790 & 66 & 0.36 \\ 2790 & 462708 & 10230 & 55.8 \\ 66 & 10230 & 318 & 1.32 \\ 0.36 & 55.8 & 1.32 & 0.0084 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 143.13 \\ 21942.18 \\ 534.97 \\ 2.89 \end{bmatrix}$$

En consecuencia, mediante el estimador de mínimos cuadrados se procede a obtener la matriz de coeficientes:

$$\begin{bmatrix} 0.36\hat{\beta}_3 + 18\hat{\beta}_0 + 2790\hat{\beta}_1 + 66\hat{\beta}_2 \\ 55.8\hat{\beta}_3 + 2790\hat{\beta}_0 + 462708\hat{\beta}_1 + 10230\hat{\beta}_2 \\ 1.32\hat{\beta}_3 + 66\hat{\beta}_0 + 10230\hat{\beta}_1 + 318\hat{\beta}_2 \\ 0.0084\hat{\beta}_3 + 0.36\hat{\beta}_0 + 55.8\hat{\beta}_1 + 1.32\hat{\beta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 143.13 \\ 21942.18 \\ 534.97 \\ 2.89 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8.24947 \\ -0.008029 \\ 0.13368 \\ 22.8333 \end{bmatrix}$$

Por último, al reemplazar los valores $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3$ en la Ecuación 3.1 se obtiene lo siguiente:

$$R_a = \beta_0 + \beta_1 Vc + \beta_2 Vf + \beta_3 Q$$

$$R_{a_1} = 8.24947 - 0.008029Vc + 0.13368Vf + 22.8333Q$$

La relación entre la rugosidad y las variables: nivel de lubricación, velocidad de la cinta y velocidad de avance son descritas en la ecuación del modelo ajustado R_{a_1} ya que esta indica los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple.

3.1.2.3 Análisis de Resultados

Para obtener una mejor eficiencia en los resultados, se empleó el software de versión de prueba de Minitab y Statgraphics.

Los resultados del análisis de varianza para cada parámetro se encuentran en la Tabla 3.5, en el cual se puede observar un nivel de confianza del 95.0% al existir una relación estadísticamente significativa entre las variables, dado que el valor de -P 0.0034 es menor que 0.05. Se verifica que existe influencia de las variables Q, Vf y Vc en el estudio de la variable de respuesta de rugosidad, además la Razón -F de 4.99 y el Valor de -P de 0.0034 es idóneo para negar la hipótesis nula.

Tabla 3.5 Resumen ANOVA Experimentación 2.

Fuente: Statgraphics (Propia)

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor -P
Modelo	15.1877	3	5.06258	4.99	0.0034
Residuo	68.9464	68	1.01392	-----	-----
Total (Corr.)	84.1341	71	-----	-----	-----

En la Tabla 3.6 se encuentran los resultados obtenidos en Statgraphics de la regresión lineal múltiple, en la cual se puede apreciar que existe una mínima diferencia con los valores obtenidos de forma manual R_{a_1} . Además, se puede notar que de las variables independientes el valor de -P más alto es 0.1698, que corresponde a Q; al no tener un nivel de confianza del 95%, es decir estadísticamente insignificante, puesto que el valor de -P es mayor a 0.05 podría considerarse excluir Q del modelo.

Tabla 3.6 Resultados Regresión Lineal Múltiple Experimentación 2.

Fuente: Statgraphics (Propia)

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor -P
CONSTANTE	8.3043	0.587094	14.1447	0
Q	20.1646	14.5338	1.38742	0.1698
Vf	0.133553	0.0577517	2.31253	0.0238
Vc	-0.00803489	0.00289435	-2.77606	0.0071

La ecuación del modelo ajustado R_{a_2} obtenido de Statgraphics es la siguiente:

$$R_{a_2} = 8.3043 - 0.00803489Vc + 0.133553Vf + 20.1646Q$$

Los resultados estadísticos de la regresión correspondiente a la experimentación 2 se encuentran en la Tabla 3.7, en el cual se observa que existe poca relación directa entre las variables (Q, Vf, Vc) con la rugosidad ya que el coeficiente de correlación múltiple es un valor menor a 0.5, el modelo así ajustado correspondiente al coeficiente de determinación explica 18.05% de la variabilidad en rugosidad, el coeficiente de determinación ajustado es 14.44% mismo que permite diferenciar los diversos números de variables independientes con los modelos, la desviación estándar de los residuos se expresa con un error estándar de 1.00693; el error absoluto medio de 0.792969 nos indica que tanto falla en promedio al realizar la estimación de la rugosidad, es decir, es el valor promedio de los residuos.

Tabla 3.7 Estadística de Regresión Experimentación 2.

Fuente: Statgraphics (Propia)

R: Coeficiente de correlación múltiple	0.424874
R²: Coeficiente de determinación	0.180518
R²_{aj}: Coeficiente de determinación ajustado	0.144365
Error estándar	1.00693
Media del error absoluto	0.792969

La Figura 3.6 indica el error porcentual absoluto medio (MAPE) que se obtuvo a partir del modelo ajustado respecto a los datos de rugosidad medio aritmético de la experimentación 2, en la cual se puede observar un MAPE de 5.21 % el cual indica que el estudio presenta poco error, R^2 es de 0.9194 el cual es muy cercano a 1 el cual da a entender que el conjunto de datos se ajusta correctamente al modelo.

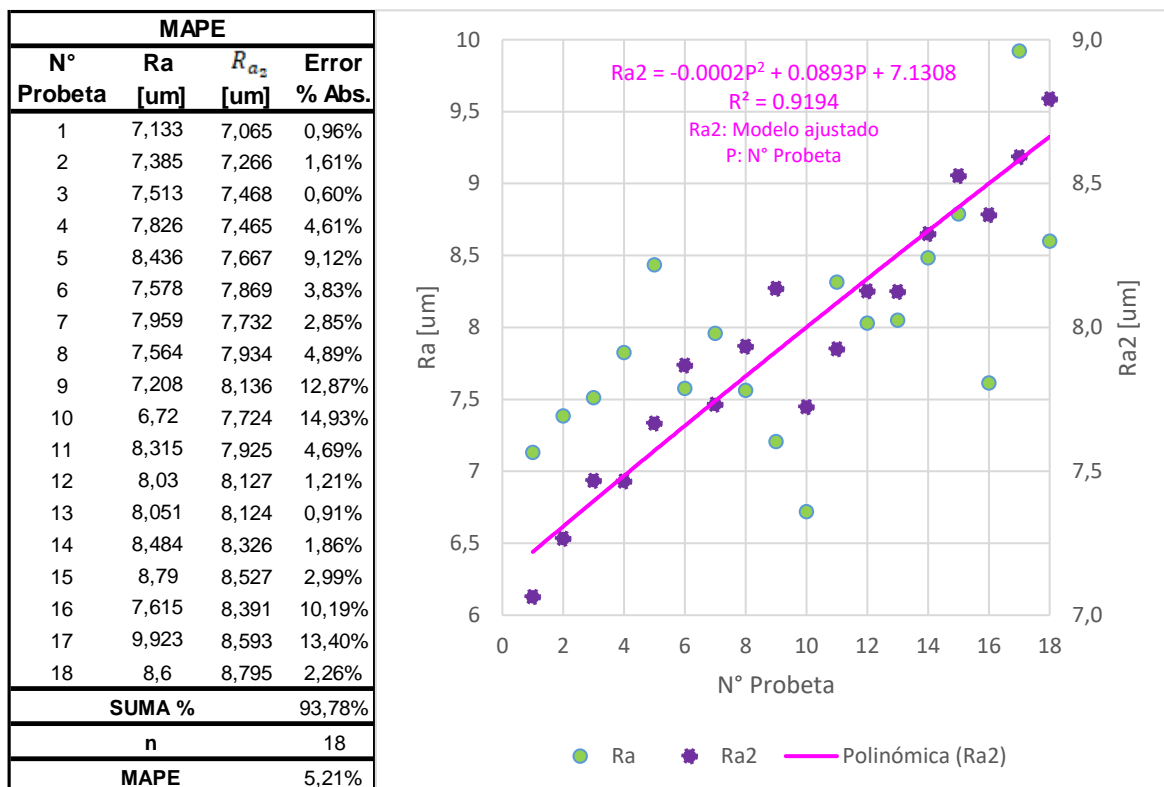


Figura 3.6 Error porcentual absoluto medio Experimentación 2.

Fuente: Excel (Propia)

La representación gráfica favorecerá a entender de una mejor manera la influencia de las variables Q, Vf y Vc sobre la rugosidad, a continuación, en la Figura 3.7 se muestra los efectos principales de las variables para evaluar las diferencias existentes que afectan la respuesta, en este caso la rugosidad, en cada nivel de cada factor. En el caso de Q y Vf se puede notar que existe un crecimiento y decrecimiento, es decir, a menor nivel de lubricación y menor velocidad de avance el valor de rugosidad será menor. De igual forma del factor Vc se puede observar que existe un efecto principal de forma decreciente, es decir que el valor de la rugosidad disminuye proporcionalmente a medida que se incrementa Vc.

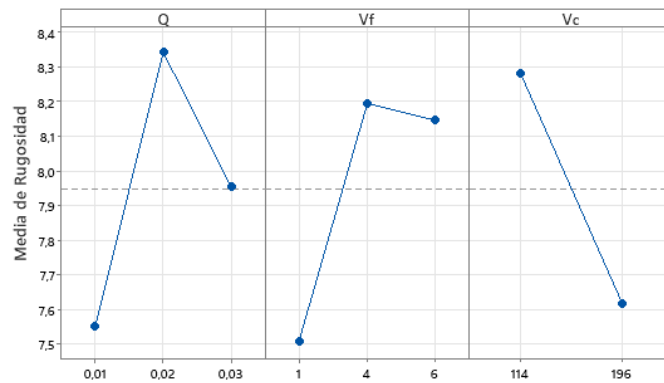


Figura 3.7 Efectos principales vs rugosidad Experimentación 2.

Fuente: Minitab (Propia)

En la Figura 3.8 se procede a interpretar los tres efectos $Q \cdot Vf$, $Q \cdot Vc$, $Vf \cdot Vc$, siendo el factor más significativo el efecto $Q \cdot Vc$ como se estableció en el ANOVA de la Figura 3.2. Del efecto de interacción de la Figura $Q \cdot Vf$ se puede denotar que a un nivel bajo de Q y menor Vf se obtiene un menor valor de rugosidad, mientras que a valores altos de Q y Vf se obtienen valores altos de rugosidad. Además, se puede observar que el efecto de interacción de la Figura $Vf \cdot Vc$ presenta un menor valor de rugosidad cuando Vf es menor y Vc es mayor. Finalmente, del efecto más importante se puede notar en la Figura $Q \cdot Vc$, en el cual se aprecia que, si se trabaja con un nivel bajo de lubricación, prácticamente da lo mismo emplear cualquiera de las velocidades de la cinta ya que se obtienen valores bajos de rugosidad, mientras que a valores altos de lubricación la velocidad de la cinta si tiene un efecto en los valores de rugosidad.

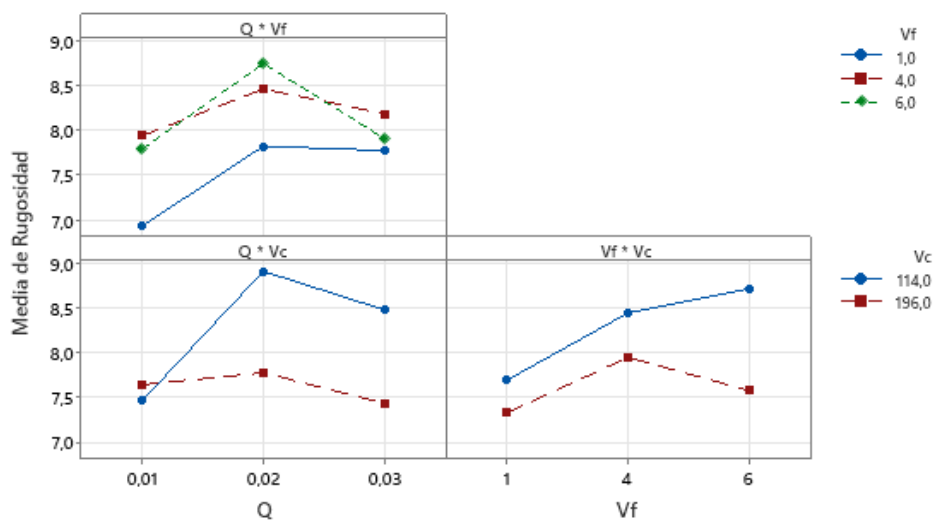


Figura 3.8 Efecto de interacción para rugosidad Experimentación 2.

Fuente: Minitab (Propia)

La Figura 3.9 muestra como la velocidad de avance y la velocidad de la cinta afectan la rugosidad (contorno) de las probetas utilizadas en la experimentación, en el cual se puede notar que los valores de rugosidad que predominan en la gráfica son de 7 – 8 [μm] y 8 – 9 [μm]. Cabe indicar que estos valores de rugosidad se obtienen cuando se labora en el contorno de color lila al tener una velocidad de avance baja.

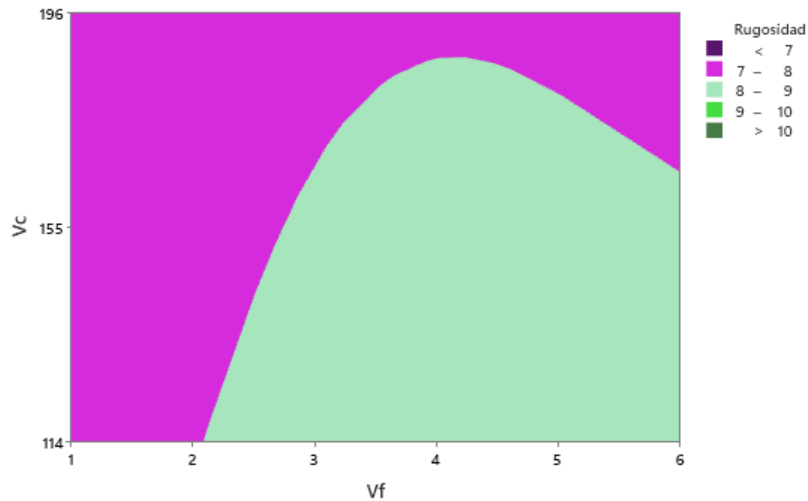


Figura 3.9 Contorno de Rugosidad vs. Vc; Vf Experimentación 2.

Fuente: Minitab (Propia)

3.1.3 Análisis de viruta







La Tabla 3.8, Tabla 3.9 indican la viruta obtenida en la experimentación 1 con Vf 4 [mm/min], Vf 6 [mm/min] y la Tabla 3.10, Tabla 3.11 de la experimentación 2 con Vc 196[fpm], Vc 114 [fpm]; durante el proceso de corte con el Equipo BS – 1018B tomando en consideración las variables Q, Vf y Vc.

De la experimentación 1 se puede apreciar que la mayor parte de la viruta obtenida es larga y se encuentra enredada, esto puede ser efecto de que no se utilizó la cinta de corte adecuada para la dimensión del material utilizado.

En la experimentación 2 se puede notar que la mayoría de la viruta obtenida tiene características delgadas, rizadas y sueltas; siendo las probetas 10, 11, 12 aquellas que presenten las mejores condiciones de rizos sueltos, indicando que las condiciones de corte fueron óptimas. Además, se puede apreciar que aquellas probetas que tenían un mayor avance a diferentes niveles de lubricación presentan virutas de color azul, gruesas e incluso quemadas, cumpliendo así con los factores establecidos en el punto 1.4.3 de este estudio, la cual expone que a mayor velocidad de avance las virutas obtenidas presentarían dichas características.

Tabla 3.9 Análisis de viruta experimentación 1 con Vf 6 [mm/min].










Fuente: Propia

Experimentación 1	
V_f	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Probeta 13</p> <p>$Q = 0.03 [l/s]$ $V_c = 114 [fpm]$</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Probeta 14</p> <p>$Q = 0.03 [l/s]$ $V_c = 196 [fpm]$</p>  </div> </div>
6	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Probeta 15</p> <p>$Q = 0.02 [l/s]$ $V_c = 114 [fpm]$</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Probeta 16</p> <p>$Q = 0.02 [l/s]$ $V_c = 196 [fpm]$</p>  </div> </div>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Probeta 17</p> <p>$Q = 0.01 [l/s]$ $V_c = 114 [fpm]$</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Probeta 18</p> <p>$Q = 0.01 [l/s]$ $V_c = 196 [fpm]$</p>  </div> </div>

Nota: Vf expresado en [mm/min].

Tabla 3.10 Análisis de viruta experimentación 2 con V_c 196 [fpm].









Fuente: Propia

Experimentación 2			
V_f	$V_c: 196$ [fpm]		
1	Probeta 1 $Q = 0.01$ [l/s]	Probeta 2 $Q = 0.02$ [l/s]	Probeta 3 $Q = 0.03$ [l/s]
			
	Probeta 4 $Q = 0.01$ [l/s]	Probeta 5 $Q = 0.02$ [l/s]	Probeta 6 $Q = 0.03$ [l/s]
4			
	Probeta 7 $Q = 0.01$ [l/s]	Probeta 8 $Q = 0.02$ [l/s]	Probeta 9 $Q = 0.03$ [l/s]
			
6			

Nota: V_f expresado en [mm/min].

Tabla 3.11 Análisis de viruta experimentación 2 con V_c 114 [fpm].

Fuente: Propia

Experimentación 2			
V_f	$V_c: 114$ [fpm]		
1	Probeta 10 $Q = 0.01$ [l/s]	Probeta 11 $Q = 0.02$ [l/s]	Probeta 12 $Q = 0.03$ [l/s]
			
	Probeta 13 $Q = 0.01$ [l/s]	Probeta 14 $Q = 0.02$ [l/s]	Probeta 15 $Q = 0.03$ [l/s]
4			
	Probeta 16 $Q = 0.01$ [l/s]	Probeta 17 $Q = 0.02$ [l/s]	Probeta 18 $Q = 0.03$ [l/s]
			
6			

Nota: V_f expresado en [mm/min].

3.2 Conclusiones

El proyecto cumplió con los objetivos planteados dado que se evaluó la calidad de las probetas obtenidas de Acero ASTM A36 espesor 12 [mm], a partir del corte con la variación de parámetros del Equipo Sierra Cinta BS – 1018B. Todo esto se logró comprobar mediante las gráficas y el análisis estadístico del comportamiento de los parámetros de corte establecidos. Cabe mencionar que este proyecto se complementa con el estudio del plan de corte sin lubricación, el mismo que está desarrollado en la segunda parte del proyecto de integración curricular.

Los mejores parámetros de corte obtenidos para el Acero ASTM A36 espesor 12 [mm], ancho 20 [mm] y longitud de 80 [mm] es aquel corte que fue elaborado a condiciones bajas de lubricación 0.01 [l/s], velocidad de avance 1 [mm/min] y velocidad de la cinta 114 [fpm]. En el caso del Acero ASTM A36 espesor 12 [mm], ancho 20, 40 [mm] y longitud de 300 [mm] no se logró obtener buenos resultados dado que la sierra de cinta que se disponía era de $\frac{3}{4}$ y la sierra de cinta que se necesitaba era de 1.4/2.5.

Las gráficas de comportamiento de los parámetros indican que el parámetro con mayor influencia es la velocidad de la cinta, dado que a medida que se incrementa esta velocidad los valores de rugosidad son menores, pero cabe mencionar que esta velocidad debe seleccionarse de acuerdo con el material a cortar para de esta forma aumentar el tiempo de vida útil de la cinta de sierra y tener mejor eficiencia en el corte. Además, se pudo apreciar que la interacción de los parámetros: nivel de lubricación y velocidad de la cinta son los que tienen un mayor efecto en el proceso de aserrado con Sierra de Cinta dado que tiene un efecto significativo en la calidad superficial del material. Finalmente al relacionar los datos obtenidos experimentalmente con el modelo de regresión lineal ajustado el valor del coeficiente de determinación R^2 es de 0.9194 cercano a 1, es decir el 91.94 % de la variabilidad de la rugosidad del modelo lineal es adecuado para describir que las variables (velocidad de la cinta, velocidad de avance y nivel de lubricación) tienen relación.

De las 36 probetas elaboradas, la calidad superficial obtenida fue de N9 y N10 en el cual el estado superficial está en el rango de 5.127 [μm] – 9.923 [μm]; estos valores son aceptables dado que se encuentran en el rango establecido de 50 [μm] – 0.8 [μm], para el proceso de corte por aserrado. De la experimentación 1 las probetas 4, 7, 10, 12 presentaron una calidad N9 y fueron realizadas con una velocidad de avance 4 [mm/min]; dentro de este grupo de 4 probetas la de mejor acabado superficial fue la probeta 4 con una rugosidad superficial de 5.127 [μm], con nivel de lubricación 0.03 [l/s], velocidad de la

cinta 377 [fpm]. En el caso de la experimentación 2 todas las probetas presentaron una calidad N10, pero las mejores calidades superficiales obtenidas fueron las probetas 1 y 10 realizadas con una velocidad de avance 1 [mm/min], con nivel de lubricación 0.01 [l/s], velocidad de la cinta 196 [fpm] probeta 1 y 114 [fpm] probeta 10; de este grupo la probeta 10 presento el mejor acabado superficial con una rugosidad superficial de 6.720 [μm]. Cabe mencionar que esto puede aplicar el operario en el caso de que requiera obtener mejor acabado superficial, ya que en el caso de que solo desee cortar acero A36 de espesor 12 [mm], longitud 80 [mm], con el tiempo de corte requerido de 10.2 [s] y en el menor tiempo posible se debe utilizar una velocidad de la cinta de 196 [fpm], velocidad de avance 1 [mm/min] y nivel de lubricación 0.03 [l/s]; para el material de longitud 300 [mm] al ser cortado como forma de prueba con la sierra de cinta de $\frac{3}{4}$ se estableció que ninguna probeta cumple con el tiempo de corte requerido de 37.2 [s].

El mejor nivel de lubricación obtenido de acuerdo con el tiempo promedio de corte para la experimentación 1 fue de 0.03 [l/s] y para la experimentación 2 fue de 0.02 [l/s]; sin embargo, al tener en cuenta que solo en la experimentación 2 se cumplió con la Sierra de cinta de $\frac{3}{4}$ para la dimensión del material, el nivel de lubricación que se utilizó para obtener mejores acabados superficiales fue bajo de 0.01 [l/s]. Por tanto, el operario debe establecer el nivel adecuado de lubricación de acuerdo al tipo de material, área, velocidad de la cinta, velocidad de avance; logrando así eficacia y productividad durante el proceso de corte, dado que el tiempo de corte no será afectado por paros inesperados del equipo debido a problemas de acumulación de viruta entre los dientes de la Sierra de cinta y el material.

La longitud y tipo de material es un elemento clave en la obtención de buenos resultados, dado que a partir del mismo se estableció la velocidad de cinta, tiempo de corte adecuado para el uso del equipo. En la experimentación se utilizó el acero ASTM A36 rectangular de espesor 12 [mm]; longitud 300 [mm] en el experimento 1 y 80 [mm] de longitud en el experimento 2, por lo cual el valor de velocidad de la cinta recomendado fue de 114 [fpm] y 196 [fpm], con un tiempo de corte de 37.2 [s] y 10.2 [s] respectivamente, siendo notable que a mayor longitud el tiempo requerido es mayor al de menor longitud.

La herramienta de corte con diseño de diente de $\frac{3}{4}$ utilizada para los experimentos permitió el corte del material, a pesar de que el material de la experimentación 1 no cumplía con el diseño de diente ya que la longitud era mayor a la establecida en el equipo; sin embargo, se procedió a cortar con la sierra de cinta disponible con la finalidad de observar los efectos, y los resultados obtenidos no fueron buenos durante el proceso de corte dado que la sierra de cinta se atascaba en el material provocando un aumento del tiempo de corte. Además,

al utilizar niveles bajos de lubricación provocaba que la viruta se quede entre los dientes de la sierra de cinta impidiendo el proceso de corte correcto.

El equipo BS – 1018B cuenta con cuatro velocidades de cinta, al principio para ver que sucedía se procedió a cortar para la experimentación 1 de las probetas 1 a la 12 con las cuatro velocidades, pero esto resultó poco favorable dado que la sierra de cinta tendía a calentarse e incluso se atascaba con mayor frecuencia obteniéndose tiempos de cortes elevados comparados a las otras probetas de experimentación.

3.3 Recomendaciones

Para complementar el alcance del proyecto se puede implementar el estudio de otros materiales de diferentes tipos y formas con el fin de determinar las diferencias que se presenten al analizar las variables de lubricación, velocidad de avance, diseño del diente de la cinta de corte y velocidad de la cinta.

Realizar el análisis metalográfico de la viruta con el fin de profundizar en el análisis de los parámetros de corte establecidos en el presente estudio.

Elaborar un manual de operación y mantenimiento del Equipo Sierra de Cinta BS – 1018B, con la finalidad de que el operario pueda entender el funcionamiento y utilizar el equipo de forma rápida, sencilla; evitando cualquier daño de este.

Colocar maderas rectas cuando se tenga material con perfiles irregulares, para ajustar de una forma más segura al material de corte y evitar que este salga del equipo durante el corte.

Utilizar el diente de Sierra de cinta especificado en el equipo BS - 1018B, de acuerdo con la forma y dimensión del material, con el fin de evitar que la hoja de la Sierra de cinta presente torceduras y roturas de los dientes.

Utilizar las velocidades de cinta recomendadas por el equipo BS - 1018B de acuerdo con el tipo de material que se pretende cortar.

La primera pasada del corte se recomienda realizar con el control del sistema hidráulico lento y conforme se va dando el corte aumentar el control, con el fin de obtener mejores acabados superficiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM A36: 2019. (4 de Julio de 2019). *Standard Specification for Carbon Structural Steel*.
Obtenido de <https://n9.cl/x0ax6>

- Bhavya. (19 de Agosto de 2020). Swing Arm Horizontal Metal Cutting Bandsaw (Model BS - 1018B).
- Black, J., & Kohser, R. (2012). *Materials and Processes in Manufacturing*. United States: John Wiley & Sons, Inc.
- Castro, L. (2015). Hojas para Serrar: Elija la Cinta Correcta. *Metal Actual*, 46-52.
- Castro, L. (2015). *Sierra cinta: Una Herramienta Dedicada al Corte*. Obtenido de <https://n9.cl/89cx1>
- Duralcor. (2022). *Ventajas del corte por sierra para las industrias*. Obtenido de <https://duralcor.es/ventajas-corte-por-sierra-para-industrias/>
- García, R., Irastorza, I., Castaños, A., & Díaz, E. (2013). *Tecnología Mecánica*. ARGITALPEN ZERBITZUA.
- Grados Material Mundial. (2022). *ASTM A36 Acero Propiedades & Ficha Técnica: Fy, Dureza, Densidad*. Obtenido de <https://n9.cl/kaq8e>
- Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. México: McGRAW-HILL.
- Guia Venezuela. (2022). *Acero Inoxidable Laminas Pletinas Barras Tubos*. Obtenido de <https://n9.cl/qrn1p>
- Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGRAW-HILL.
- Hermafil de Colombia. (2018). *Sierra Sinfín BS-1018*. Obtenido de <https://n9.cl/9ae7wu>
- KAKA INDUSTRIAL. (20 de Mayo de 2022). *KAKA INDUSTRIAL BS-1018B 10 Inch Metal Cutting Band Saw Machine*. Obtenido de <https://n9.cl/a66p2>
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Kernan.
- Klocke, F. (2011). *Manufacturing Processes 1 Cutting*. Springer Verlag.
- MIPSA. (2022). *Procesos y Servicios*. Obtenido de <https://n9.cl/7wdgb>
- Mitutoyo. (2020). *Rugosímetro Portátil SurfTest SJ-210 - 178-561-02A*. Obtenido de <https://mitutoyo.com.ar/surfTest-sj-210-serie-178-rugosimetro-portatil-178-561-02>
- Morse. (2021). *Catálogo Productos Band Saw Blades*. Obtenido de <https://mkmorse.com/bimetal>
- Productos Calter. (2022). *AR-40 Taladrina sintética*. Obtenido de <https://www.productoscalter.es/producto/ar-40-taladrina-sintetica/>
- Rodavigo S.A. (2022). *Sierras para máquinas*. Obtenido de <https://rodavigo.net/es/catalogos-fabricantes/bahco>
- Schey, J. (2002). *Procesos de manufactura*. México: McGRAW-HILL.
- Simonds. (2021). *Band saw blades 2021*. Obtenido de <https://simondssaw.com/>
- Starret. (14 de Agosto de 2019). *Catálogo Láminas de Sierra de Cinta*. Obtenido de <https://n9.cl/bs0q4>

ANEXOS

ANEXO I: Catálogo Sierra de cinta Cecomex.

cecomex®

FACILITANDO SU PROCESO
DE CORTE
PRESENTA

MÁQUINAS DE SIERRA CINTA Y SIERRAS BIMETÁLICAS PARA CORTE DE METAL



Alta producción y precisión de corte
Modelo tradicional y más universal
Soporte más alto y de fácil movimiento
Banda trapezoidal



Hojas de sierra cinta de larga vida para altos índices de corte
Dientes de punta de acero de alta velocidad y respaldo de acero de aleación flexible

Máquina de Sierra Cinta

ESPECIFICACIONES

Capacidad de corte:	Circular @ 90° 254mm (10") Rectangular @ 90° 127x457MM (5" X 18")
Velocidad de sierra:	@ 60 HZ 27, 41, 59, 78 MPM @ 50 HZ 22, 34, 49, 64 MPM
Medida de la sierra cinta:	27 x 0.9 x 3280mm
Motor:	1.5 KW 2HP (3HP)
Manejo:	Banda
Medidas y peso caja:	182 x 83 x 116
Sistema de refrigeración:	Si
Grata de limpieza:	Si

Sierras Bimetálicas

ESPECIFICACIONES

PASOS DIENTES	1/2"X.020"	3/4"X.035"	1"X.035"	1-1/4"X.035"
12X.050mm	19X.9mm	25.4X.050mm	32X.050mm	
3-4 TPI			*	*
4-6 TPI		*	*	*
5-8 TPI		*	*	*
6-10 TPI		*	*	*
10-14 TPI		*	*	
10 TPI	*			
14 TPI	*			
18 TPI			*	

Por la compra de una máquina
le entregamos **sin costo**
1 sierra cinta + 1 litro de refrigerante

CONTÁCTENOS... Será un placer atenderle!

ventasq3@cecomex.com.ec
T: +593 2 334 2555
D: Av. Eloy Alfaro N44-356 y de las Higueras.
Quito-Ecuador
www.cecomex.com.ec

ANEXO II: Catálogo Sierra de cinta Morse.



INDUSTRIAL HOJAS DE SIERRA CINTA

Tipo Sierra Aplicación

Metal

- | | |
|------------------|--|
| Punta de Carbono | Hoja optimizada para un corte más rápido y una vida útil más larga. Para el corte de súper aleaciones, aceros inoxidable y aceros aleados. |
| Bimetal | Altamente resistente al desgaste eliminando roturas prematuras. Excelente en aceros sólidos para la fabricación de herramientas y acero con aleaciones pequeñas y medianas de níquel y acero inoxidable. |

Madera

- | | |
|------------------|--|
| Punta de Carbono | Especialmente diseñada para el corte en terminados finos de madera en aplicaciones como el piso de madera, carpintería y madera para instrumentos. |
| Bimetal | Ideal para madera, corte de producción de madera y corte de uso general de metales no ferrosos/de baja aleación. |
| Carbón | Diseñada para corte de producción de madera, aglomerados de madera y corte general de acero de baja aleación y metales no ferrosos. |

Especializadas

- | | |
|-----------------------|---|
| Partículas de Carbono | Ideal para cortar cerámicas y otros materiales que son demasiado duros o abrasivos para sierras bimetálicas estándar, las sierras con partículas de carburo de tungsteno proporcionan una resistencia superior al desgaste. |
| Palet | Especialmente diseñada para cortar a través de clavos y grapas en palets utilizada en máquinas de palets. |

Selección Sierra para cortar Metal		Punta de Carburo					Bimetal																		
		Superior	M-FACTOR®					Superior	Estructural	M42			Matrix II												
Categoría	Tipo	Jawbreaker™	GES	GP	CH	FB+	FBS	Independence® EXS	Independence® II	Maverick™	The Morse Achiever® 0° Angulo	Challenger®	Angulo Positivo	6° Angulo	0° Angulo	Paso Recto – Angulo	Paso Recto – Ondulado	Paso Recto – Gancho	Angulo Positivo	0° Angulo	Paso Recto – Angulo	Paso Recto – Ondulado	Paso Recto – Gancho		
MADERAS ABRASIVAS	Maderas Abrasivas																								
ALUMINIO	Fundición																								
ALEACIONES COBRE	Berilio																								
	CDA 220																								
	CDA 360																								
ACERO CARBONO	70-30 Cobre Niquel																								
	1030																								
	1035																								
	1080																								
	1095																								
ALEACIONES BRONCE	932																								
	937																								
	Aluminio Bronce 865																								
	AMPCO 18																								
	AMPCO 21																								
ALEACIONES LATÓN	AMPCO 25																								
	Estaño Bronce Emplomado																								
HIERRO FUNDIDO	Cartucho /Latón Rojo (85%)																								
	Latón Naval																								
	A48 (Class 20-20ksi)																								
	A48 (Class 40-40ksi)																								
CEMENTADO	A48 (Class 60-60ksi)																								
	A536 (120-90-02)																								
	A536 (60-40-18)																								
ACERO ALEACIONES CROMO	Cementado																								
	5045, 5046																								
ACERO MOLIBDENO CROMO	5120, 5135																								
	5140, 5160																								
ACERO MOLIBDENO CROMO	6117, 6120																								
	4150H																								
COMPUESTOS	41L50																								
	Compuestos																								
TROQUEL ACERO	A10																								
	D2, D3, D4																								
	D7																								
	O1, O2																								
	O6, O7																								
ACERO MAQUINADO LIBRE	12L14																								
	Grafito																								
TRABAJO ACERO CALIENTE	H-11, H-12, H-13,																								
	H-13 Mod, H-21																								
	H-22, H-24, H-25																								
ALEACIONES ACERO BAJAS	L-6																								
	L-7																								
ALEACIONES BASE NIQUEL	Hastelloy B																								
	Inconel 625-x-750																								
	Inconel 718																								
	K-R-Monel																								
	Monel																								
	Waspalloy																								
	Nimonic 75																								
	Nimonic 90																								
	NI-SPAN-C 962,																								
	Rene 41																								
	NoneI R																								
	Rene 88																								
	2317																								
	2330, 2345																								
	2512, 2517																								
Inconel 617																									
Duranickel																									
MOLDES ACERO	P-20																								
	P-3																								
ALEACIONES TITANIO	4640																								
	TI-6Al-4V																								
	99% TITANIO PURO																								
	CP Titanio																								
	MST-GAL 4V																								
	TI-140 A 2CR-																								
	2MO, TI-150A																								
TI-4 AL-4 MO																									
ACEROS INOXIDABLES	W1																								
	15-5 PH																								
	17-4 PH																								
	201, 202, 302, 304																								
	303, 303F																								
	308, 309, 310, 330																								
	314, 316, 317																								
	321, 347																								
	410, 420, 420F																								
	416, 430F																								
	430, 446																								
	440 A, 440 B, 440 C, 440																								
	440 F, 443																								

■ = USO PRIMARIO
■ = USO SECUNDARIO
 = PUEDE TAMBIÉN
CORTAR

ANEXO III: Catálogo Sierra de cinta Starrett.

SIERRA MÁQUINA

BI-METAL BS

BORDES DE CORTE DE ACERO RÁPIDO

CARACTERÍSTICAS

- Disponibles en la línea métrica y pulgada
- Dientes de acero rápido templados y revenidos
- Cuerpo de aleación muy resistente a impactos y quiebres

APLICACIONES

- Láminas de sierra para máquinas que son utilizadas para cortes de aceros en general
- Pueden ser utilizadas en todos los tipos de corte, inclusive en secciones interrumpidas

VENTAJAS

- Son prácticamente irrompibles, aun bajo las más adversas condiciones de corte. Eficiencia inigualable en los cortes

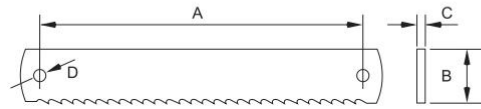


TABLA DE CORTE PARA LÁMINAS DE SIERRA MÁQUINA – BS Y RS

Material a ser cortado	Espesor del Material				Velocidades del Arco en Golpes por minuto**
	Hasta 20mm (3/4")	De 20mm a 40mm (De 3/4" a 1.1/2")	De 40mm a 90mm (De 1.1/2" a 3.1/2")	Superior a 90mm (Superior a 3.1/2")	
	Dentado*				
Acero Bajo Carbono	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	70 - 90
Acero Medio Carbono	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	60 - 80
Acero Alto Carbono	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	55 - 70
Acero Carbono con Baja Aleación	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	65 - 80
Acero Carbono con Alta Aleación	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	45 - 60
Acero de Mecanizado Fácil	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	80 - 100
Acero Herramienta	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	55 - 70
Acero Rápido Baja Aleación	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	50 - 60
Acero Rápido Alta Aleación	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	45 - 55
Hierro Fundido Clase 20	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	70 - 80
Hierro Fundido Clase 40	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	65 - 75
Hierro Fundido Clase 60	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	40 - 55
Hierro Fundido Maleable	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	65 - 75
Hierro Fundido Austenítico	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	40 - 55
Inconel y Monel	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	40 - 55
Aceros Inoxidables	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	50 - 60
Cobre	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	95 - 140
Bronce	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	85 - 105
Latón	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	90 - 110
Aluminio	14 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 2.1/2	100 - 140

*Tensar correctamente la lámina.

*De los dos dentados sugeridos para cada rango de espesor, use el más fino (mayor número de dientes) para los espesores más chicos y el más grueso (menor número de dientes) para los espesores más grandes.

**Para materiales con medida superior a 3", reduzca cerca del 20% en las velocidades máximas recomendadas.



SIERRA MÁQUINA

BI-METAL BS BORDES DE CORTE DE ACERO RÁPIDO

LÍNEA MÉTRICA		
Dimensiones en milímetros (A x B x C x D)	Dientes por pul. (25,4mm)	Nº Catálogo
300 x 34 x 2,00 x 8,50	6	BS300-6
	10	BS300-10
350 x 34 x 2,00 x 8,50	6	BS350-6
	10	BS350-10
400 x 34 x 2,00 x 8,50	4	BS400-4
	6	BS400-6
450 x 41 x 2,00 x 8,50	10	BS400-10
	4	BS450-4
450 x 41 x 2,00 x 8,50	6	BS450-6
	10	BS450-10
500 x 54 x 2,50 x 10,50	4	BS500-4
	6	BS500-6
550 x 54 x 2,50 x 10,50	4	BS550-4
	6	BS550-6
575 x 54 x 2,50 x 10,50	4	BS575-4
	6	BS575-6
600 x 54 x 2,50 x 10,50	4	BS600-4
	6	BS600-6
650 x 54 x 2,50 x 10,50	4	BS650-4
	6	BS650-6
700 x 54 x 2,50 x 10,50	4	BS700-4
	6	BS700-6

Láminas de 300mm (12") a 500mm (20") suministradas en tubo plástico con 5 piezas.
Láminas con 525mm (21") o mayores, suministradas en sobre con 1 pieza.

LÍNEA PULGADA			
Dimensiones		Dientes por pul. (25,4mm)	Nº Catálogo
pul. (A x B x C x D)	mm (A x B x C x D)		
12 x 5/8 x .032 x .200	300 x 16 x 0,80 x 5	14	BS1214-3
		18	BS1218-3
12 x 1.1/8 x .050 x .334	300 x 28 x 1,25 x 8,50	10	BS1210-5
		14	BS1214-5
14 x 1.1/8 x .050 x .334	350 x 28 x 1,25 x 8,50	10	BS1410-5
		14	BS1414-5
14 x 1.3/8 x .062 x .334	350 x 34 x 1,60 x 8,50	6	BS1406-6
		10	BS1410-6
14 x 1.5/8 x .075 x .413	350 x 41 x 2,00 x 10,50	4	BS1404-7
		6	BS1406-7
16 x 1.3/8 x .062 x .334	400 x 34 x 1,60 x 8,50	6	BS1606-6
		10	BS1610-6
16 x 1.5/8 x .075 x .413	400 x 41 x 2,00 x 10,50	4	BS1604-7
		6	BS1606-7
16 x 1.5/8 x .075 x .413	400 x 41 x 2,00 x 10,50	10	BS1610-7
		6	BS1706-6
17 x 1.3/8 x .062 x .334	425 x 34 x 1,60 x 8,50	10	BS1710-6
		4	BS1804-6
18 x 1.3/8 x .062 x .413	450 x 34 x 1,60 x 10,50	6	BS1806-6
		10	BS1810-6
18 x 1.5/8 x .075 x .413	450 x 41 x 2,00 x 10,50	4	BS1804-7
		6	BS1806-7
18 x 1.5/8 x .075 x .413	450 x 41 x 2,00 x 10,50	10	BS1810-7
		4	BS1804-8
21 x 1.7/8 x .088 x .413	450 x 47 x 2,25 x 10,50	6	BS1806-8
		6	BS2106-7
21 x 1.5/8 x .075 x .413	525 x 41 x 2,00 x 10,50	4	BS2104-8
		6	BS2106-8
21 x 1.7/8 x .088 x .413	525 x 47 x 2,25 x 10,50	4	BS2404-8
		6	BS2406-8
24 x 1.7/8 x .088 x .413	600 x 47 x 2,25 x 10,50	3	BS2403-0
		4	BS2404-0
24 x 2.1/8 x .100 x .413	600 x 54 x 2,50 x 10,50	4	BS2404-0
		6	BS2406-0

ANEXO IV: Catálogo Sierra de cinta Simonds.

BI-METAL BANDSAW BLADES



SBX GP

ADVANTAGES

- Robust tooth design improves resistance to shock for all-purpose applications.
- Wide range of tooth pitches for multiple applications.

APPLICATIONS GROUPS

- 3 Carbon Steels.
- 4 Structural Steels.



STANDARD BI-METAL ITEM CLASS 68



Width x Thickness		Teeth per inch					
inch	mm	12/16	8/11	6/9	5/7	4/6	3/4
3/4" x 035	20 x 0.90	68201216	68200811	68200609	68200507	68200406	
1" x 035	27 x 0.90	68271216	68270811	68270609	68270507	68270406	68270304
1 1/4" x 042	34 x 1.10	68341216	68340811	68340609	68340507	68340406	68340304

Tube wall	8/11	6/9	5/7	4/6	3/4
1/16"					
1/8"	*				
1/4"	*	*			
1/2"			*	*	
3/4"				*	*
1"				*	*

Beam width	8/11	6/9	5/7	4/6	3/4
<6"				*	*
6"- 8"					*
8"- 12"					
12"+					



THE PROFESSIONALS' EDGE™
www.simondssaw.com

ANEXO V: Manual del Equipo BS – 1018B.

METAL CUTTING BAND SAW

Model: BS-916B / BS-1018B



Operation Manual

Table of contents

1. Safety.....	3
2. Specification.....	5
3. Tooth selection	5
4. Operation and adjustments	7
Starting and stopping machine	7
Adjusting downward travel of saw arm.....	8
Changing speed and adjusting belt tension	8
Adjusting blade tension	9
Adjusting blade tracking.....	9
Adjusting blade guide support arm	9
Adjusting feed rate.....	9
Adjusting cutting pressure of saw arm.....	10
Operating and adjusting vise	10
Coolant	11
Adjusting stock advance stop	11
Adjusting blade guide roller bearing Carbide blade guide and back-up bearings	11
Setting up the machine for operating.....	12
Removing and installing the blade.....	12
Lubrication hydraulic system	13
Gear box.....	13
Pivot bearings.....	14
5. Trouble shooting	15
6. Electrical connection	17
7. Drawing and part list	21

1. SAFETY

Warnings

Read and understand the entire owner's manual before attempting assembly or operation.

As with all machinery there are certain hazards with operation and use of the machine. Using the machine with respect and caution will considerably lessen the possibility of personal injury. However, if normal safety precautions are overlooked or ignored, personal injury to the operator may result.

This machine was designed for certain application only. We strongly recommend that this machine NOT be modified and/or used for any application other than for which it was designed. If you have any questions relative to its application DO NOT use the machine until you contact with us and we have advised you.

Your machine might not come with a power socket or plug before using this machine, please Do ask you local dealer to install the socket or plug on the power cable end.

A. USER:

- (1). **WEAR PROPER APPAREL.** No loose clothing, gloves, rings, bracelets, or other jewelry to get caught in moving parts. No-slip foot wear is recommended. Wear protective hair covering to contain long hair.
- (2). **ALWAYS WEAR EYE PROTECTION.** Refer to ANSLZ87.1 standard for appropriate recommendations. Also use face or dust mask if cutting operation is dusty.
- (3). **DON'T OVERREACH.** Keep proper footing and balance at all times
- (4). **NEVER STAND NO TOOL.** Serious injury could occur if the cutting tool is accidentally contacted.
- (5). **NEVER LEAVE TOOL RUNNING UNTENDED. TURN POWER OFF.** Don't leave tool until it comes to a complete stop.
- (6). **DRUGS, ALCOHOL, MEDICATION.** Don't operate tool while under the influence of drug, alcohol or any medication.
- (7). **MAKE SURE TOOL IS DISCONNECTED FROM POWER SUOOLY.** While motor is being mounted, connected or reconnected.
- (8). **ALWAYS** keep hands and fingers away from the blade.
- (9). **STOP** the machine before removing chips.
- (10). **SHUT-OFF** power and clean the BAND SAW and work area before leaving the machine.

B. USE OF MACHINE:

- (1). **REMOVE ADJUSTING KEYS AND WRENCHES.** From habit of checking to see that keys and adjusting wrenches are removed from tool before turning it "on".
- (2). **DON'T FORCE TOOL.** If you will do the job better and be the rate for which it was designed.
- (3). **USE RIGHT TOOL.** Don't force tool or attachment to a job for which it was not designed.
- (4). **SECURE WORK.** Use clamps or a vise to hold work when practical. It's safer than using your hand frees both hands to operate too.
- (5). **MAINTAIN TOOLS IN TOP CONDITION.** Keep tools sharp and clean for best and safest

performance. Follow instructions for lubricating and changing accessories.

(6).**USE RECOMMENDED ACCESSORIES.** Consult the owner's manual for recommended accessories.

The use of improper accessories may cause hazards.

(7).**AVOID ACCIDENTAL STARTING.** Make sure switch is in "OFF" position before plugging in power cord.

(8).**DIRECTIONOFFEED.** Feed work into a blade or cutter against the direction of rotation of the blade or cutter only.

(9).**ADJUST AND POSITION** the blade guide arm before starting the cut.

(10).**KEEP BLADE GUIDE ARM TIGHT, A** loose blade guide arm will affect sawing accuracy.

(11).**MAKE SURE** blade speed is set correctly for material being cut.

(12).**CHECK** for proper blade size and type.

(13).**STOP** the machine before putting material in the vise.

(14).**ALWAYS** has stock firmly clamped in vise before starting cut.

(15).**GROUNDALL TOOLS.** If tool is equipped with three-prong plug, it should be plugged into a three-hole electrical receptacle. If an adapter is used to accommodate a two prong receptacle, the adapter lug must be attached to a known ground. Never removed the third prong.

C. ADJUSTMENT: Make all adjustments with the power off, in order to obtain the machine. Precision and correct ways of adjustment while assembling, the user should read the detailed instruction in this manual.

D.WORKING ENVIRONMENT:

(1).**KEEP WORK AREA CLEANS.** Cluttered areas and benches invite accidents.

(2).**DON 'T USE IN DANGEROUS ENVIRONMENT.** Don't use tools in damp or wet locations, or expose them to rain. Keep work area well-lighted.

(3).**KEEP CHILDREN AND VISITORS AWAY.** All children and visitors should be kept a safe distance from work area.

(4).**DON'T** install & use this machine in explosive, dangerous environment.

E. MAINTENANCE:

(1).**DISCONNECT** machine from power source when making repairs.

(2).**CHECK DAMAGED PARTS.** Before further use of the tool, a guard or other part that is damaged should be carefully checked to ensure that it will operate properly and perform its intended function check for alignment of moving parts, binding of moving parts, mounting, and any other conditions that may affect its operation. A guard or other part that is damaged should be properly repaired or replaced.

(3).**DISCONNECT TOOLS** before servicing and when changing accessories such as blades, bits, cutters, ect.

(4).**MAKE SURE** that blade tension and blade tacking are properly adjusted.

(5).**RE-CHECK** blade tension after initial cut with a new blade.

(6).**TO RPOLONG BLADELIFEALWAYS** releases blade tension at the end of each work day.

(7). **CHECK COOLANT DAILY**. Low coolant level can cause foaming and high blade temperatures. Dirty or weak coolant can clog pump, cause crooked. Cust, low cutting rate and permanent blade failure. Dirty coolant can cause the growth of bacteria with ensuing skin irritation.

(8). **WHEN CUTTING MAGNESIUM NEVER** use soluble oils or emulsions (oil water mix) as water will greatly intensify any accidental magnesium chip fire. See your industrial coolant supplier for specific coolant recommendations when cutting magnesium.

(9). **TO PRNMT** corrosion of machined surfaces when a soluble on is used as coolant pay particular attention to wiping dry the surfaces where a soluble on is used as coolant, pay particular attention to wiping dry the surfaces where fluid accumulates and does not evaporate quickly, such as between the machine bed and vise.

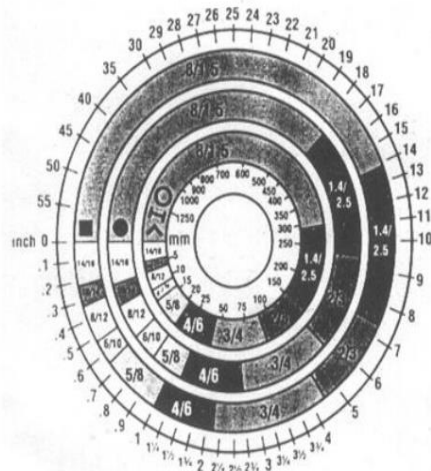
2. SPECIFICATION

Model		BS-916B	BS-1018B
Motor		1.5 Kw (3PH)	1.5 Kw (3PH)
Capacity	Circular 90°	229 mm	254 mm
	Rectangular 90°	127x406 mm	457x127 mm
	Circular 45°	150 mm	150 mm
	Rectangular 45°	150x190 mm	150x190 mm
Saw blade speed	60 Hz	35 60 88 115 MPM 114 196 288 377 FPM	35 60 88 115 MPM 114 196 288 377 FPM
	50 Hz	29 50 73 95 MPM 95 164 239 314 FMP	29 50 73 95 MPM 95 164 239 314 FMP
Blade size		27x0.90x3075 mm	27x0.90x3280 mm
N.W/G.W		290/348 kgs	310/385 kgs
Packing size		174x86x115 cm	183x83x115 cm

3. TOOTH SELECTION

For maximum cutting efficiency and lowest cost per cut, it is important to select the blade with the number of teeth per inch (TPI) for the material being cut. The material size and shape dictate tooth selection.

TOOTH SELECTION



You need to consider:

1. **The width of the cut.** That is the distance in the cut that each tooth must travel from the point enters the workpiece until it leaves the workpiece, and you need to consider.

2. **The shape of the workpiece.**

- **Squares, Rectangles, Flats (Symbol:■)**

Locate the width of cut on the chart. (inches on the outer circle and millimeters on the inner circle.)

Select the tooth pitch on the ring marked with the square shape which aligns with the width of cut.

EXAMPLE: 6" (150mm) Square, use a 2/3 Vari-Tooth.

- **Round Solids (Symbol:●)**

Locate the diameter of your workpiece on the chart. Select the pitch on the ring marked with the round shape which aligns with the size of stock you are cutting.

EXAMPLE: 4" (100mm) round use a 3/4 Vari-Tooth.

- **Tubing, Pipe, Structural (Symbol: O H ^)**

Determine the average width of cut by dividing the area of the workpiece by the distance the saw blade must travel to finish the cut. Locate the average width of cut on the chart. Select the tooth Ditch on the ring marked with the tubing and structural shape which aligns with the average width you are cutting.

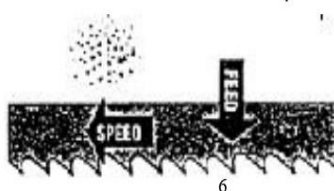
EXAMPLE: 4" (100mm) outside diameter, 3" (75mm) inside diameter tubing. 4" (100mm)

NOTE: The band speed and cutting rate recommendations presented on this chart are approximations and are to be used as a starting point for most applications. For exact sawing parameters' consult your saw blade supplier.

TELLTALE CHIPS

Chips are the best indicator of correct feed force. Monitor chip information and adjust feed accordingly.

Thin or powered chips-increase feed rate or reduce band speed.



Burned heavy chips-reduce feed rate and/or band speed.



Curly silvery and warm chips-optimum feed rate and band speed.



Electrical connections

Electrical connections must be made by a qualified electrician in compliance with all relevant codes. This machine must be properly grounded to help prevent electrical shock and possible fatal injury

Disconnect machine from power source before changing any voltage components !

Confirm that power available at the saw's location matches that for which the saw is wired. Refer to the electrical wiring diagram supplied with your machine for instructions on how to connect saw to power source.

4. OPERATION AND ADJUSTMENTS

Starting and stopping machine

1. Raise the saw frame to the up position.
2. The machine is started by pushing the start button (B) Fig.2. And it will continue to run until the saw arm is in the down position at the end of the cut, or when the emergency stop button (C) is pushed.

3. When in emergency push button (C), to stop the machine. After removing the trouble release emergency button .re-start the machine by pushing the start button (B).

4. When using the coolant turn the select button (A) to the right.

5. To adjust the feeding rate when in cutting, turn the volume valve (D) clockwise for faster feeding, counter clockwise for slower feeding. When valve (D) has been properly adjusted, turn the control valve (E) to handle saw action.

6. An automatic shut-off limit switch is provided to stop the motor when the cut is completed. The limit switch

(D) is controlled by a lever (C) Fig.3, which contacts the top of the hydraulic cylinder (E) shutting off the

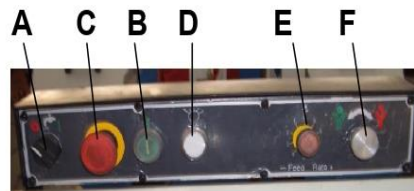


Fig.3

motor and coolant pump.

7. If the motor stops before the cut is completed or continues to run after the cut is completed, the limits switch (D) Fig.3. Can be adjusted up or down by loosening the two screws.

Adjusting downward travel of saw arm

The downward travel of the saw arm should be adjusted so that when the saw is in the extreme downward position, the teeth of the blade are 1/16 below the table surface.

If an adjustment is necessary loosen lock nut (A) Fig.4. And turn stop screw (B) in or out until the correct adjustment is made. Then tighten lock nut (A).

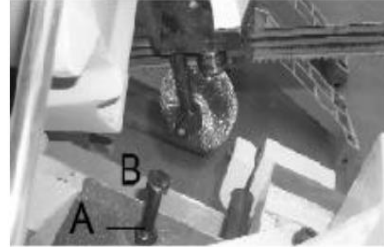


Fig.4

Changing speed and adjusting belt tension

Your machine is provided with a range of four speeds, to change speeds, proceed as follows:

1. Disconnect the machine from the power source.
2. Release tension on the belt by loosening the tension lock knob (A) Fig.5. And letting the motor swing forward.
3. Loosen belt guard screw (D) Fig.6.
4. Shift the belt (G) Fig.7. To the desired grooves on the pulleys. When the belt is on the largest step of the motor pulley (E) and the smallest step of the gearbox pulley (F) the speed will be 275 feet per minute. When the belt is on the smallest step of the motor pulley (E) and the largest step of gear box pulley (F) the speed will be 50 feet per minute.
5. Adjust belt tension by pivoting the motor to the rear until there is approximately 1/2" deflection of the belt at the center span of the pulleys using light finger pressure. Then tighten tension lock knob (A) Fig.5. And inspect its function frequently.

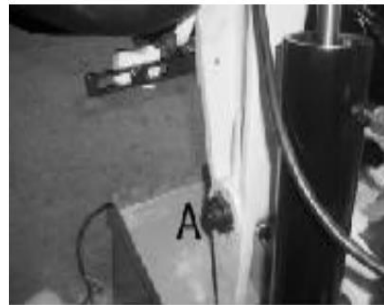


Fig.5



Fig.6

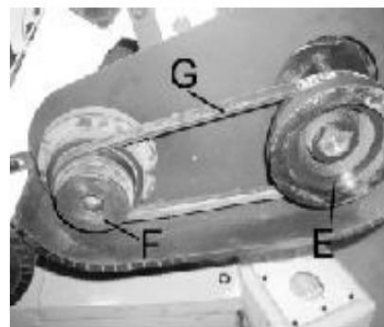


Fig.7

NOTE:

There is an interlock switch on pulley cover; the machine will stop when the cover is opened. Do not remove this switch for any reason, and inspect its function frequently.

Adjusting blade tension

To tension the blade, lift up the left wheel cover and turn the blade tension handle (A) Fig.8, clockwise. A pointer and tension scale (B) is located underneath the wheel. The scale is graduated to indicate tension of 20,000, 30,000 and 35,000 pounds per square inch (psi). For carbon blades (similar to the one supplied with the machine) the blade should be tensioned at 20,000 psi. For bi-metal blades, the blade should be at 30,000 psi. Always release blade tension at the end of each work day to prolong blade life.

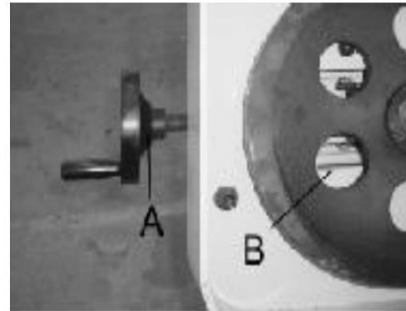


Fig.8

Adjusting blade tracking

Make sure the blade is tensioned correctly before checking or adjusting. The blade is tracking properly when the back of the blade is just lightly touching the wheel flanges of both wheels while the machine is dunning. If the blade is not touching the wheel flanges tighten or loosen screw (A) Fig.9. Until the blade tracks properly.

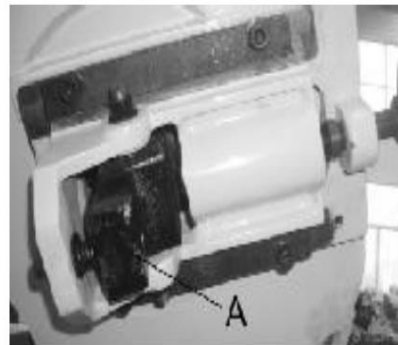


Fig.9

Adjusting blade guide support arm

The blade guide support arm (A) Fig.10, should be set as close to the workpiece as possible. To move the support arm, first loosen clamp knob (B).move the support arm (A) into relationship with the workpiece. When you are sure the support arm will not interfere with the workpiece, first tighten knob (B).



Fig.10

Adjusting feed rate

When the feed rate control knob is turned clockwise as far as it will go the saw frame will not move down, but it can be raised the up position. By turning the feed rate control knob counterclockwise, the flow of oil from the cylinder is regulated and determines the speed at which the saw frame will lower and the blade will feed through the work. Too



Fig.11

many factors are involved to make tabulated data practical on feed rates. As a general rule, an even downward pressure without forcing the blade gives best results. Avoid forcing the blade at the starts as this may shorten blade life and produce a bad cut. By inspecting the chips while the cut is being made will indicate whether the feed rate is correct. Fine powdery chips indicate the feed is too light; the teeth

are rubbing over the surface instead of cutting. Burned chips indicate excessive feed, which cause the teeth to break off as the blade overheats. The ideal feed rate is indicated by chips that have a free curl and this will give the fastest cutting time and longest blade life.

Adjusting cutting pressure of saw arm

The cutting pressure of the saw arm has been set at the factory and should not need further adjustment. If adjustment should ever become necessary, lower the saw arm to the horizontal position. Loosen locknut (A) Fig.11. until the pressure is increased or decreased.

Operating and adjusting vise

The workpiece is placed between the jaws with the amount to be cut-off extending out past the blade.

Your machine is equipped with a "quick action" vise jaw which allows you to instantly position the moveable vise jaw (B) Fig.12. Simply turn hand wheel (A) counterclockwise 1/2 turn and move the vise jaw (B) to the desired position. Then tighten the vise (B) against the workpiece by turning hand wheel clockwise. The vise can be adjusted to cut any angle from a straight 90 degree cut-off to a 45 degree angle by loosening the two spring-loaded clamps handles (one located on each vise jaw), positioning the vise jaws to the desired angle and tightening the tow spring-loaded handles.

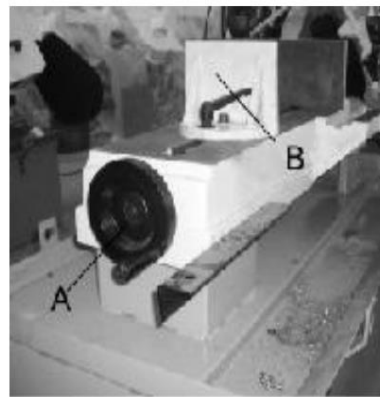


Fig.12

The right vise jaw is provided with positive stops to instantly position the jaw at 90 or 45 degrees. To check and adjust the positive stops proceed as follows:

1. Pivot the right vise jaw (C) Fig.13. All the way to the right, and lock spring loaded clamp handle (D)
2. Using a combination square (E), place one end of the square against the vise jaw and the other end against the blade as shown in Fig.13. Check to see if the vise jaw is 90 degrees to the blade.

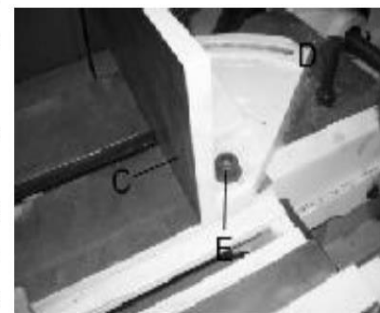


Fig.13

3. If an adjustment is necessary loosen clamp handle (D) Fig.14. Loosen set screw (F) and turn adjusting screw (G) until the vise jaw is 90 degrees to the blade. NOTE: turn screw (G) from the opposite end, through the face of the vise jaw. End of screw (G) should contact stud of clamp handle (D) when vise jaw is 90 degrees to the blade. Then tighten set screw (F).

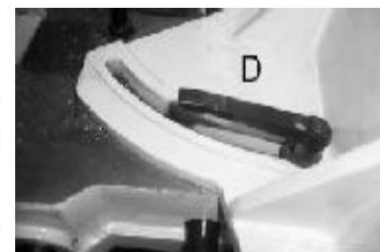


Fig.14

4. If an adjusting is necessary, loosen clamp handle (D) Fig.14. Loosen set screw (K) should contact stud of clamp handle when vise jaw is 45 degrees to the blade. Then tighten set screw (H).

- Pivot the right vise jaw (C) all the way to the left as shown in Fig.15, and lock spring loaded clamp handle. (D)
- Using a combination square (E), place one end of the square the vise jaw and the other end against the blade, as shown in Fig.15. And check to see if the vise jaw is at 45 degrees to the blade.

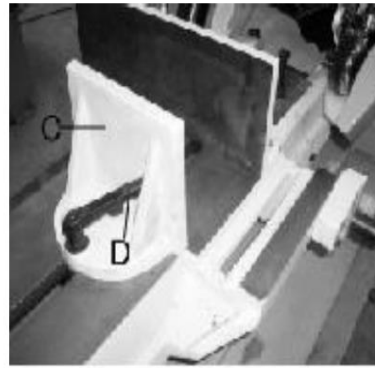


Fig.15

Coolant

The use of proper cutting fluid is essential to obtain maximum efficiency from a band saw blade. The main cause of tooth failure is excessive heat build-up. This is the reason that cutting fluid is necessary for long blade life and high cutting rates. Cutting area and blade wheels should be kept clean at all the time. The rate of coolant flow is controlled by the stop valve lever (B) Fig.16 which directs the coolant onto the blade at (C). The lever (B) is shown in the off position.



Fig.16

Adjusting stock advance stop

The stock advance stop is used mainly when more than one piece of work is to be cut to the same length. Simply position the stop (A) Fig.17 the desired distance away from the blade. The stop may be repositioned by loosening lock screw (B) and moving the rod (C) in or out accordingly. Then tighten lock screw (&). Fine adjustment to the stop can be made by loosening nut (D) and turning stop screw (A). To move the stop (A) out of the way, loosen set screw (E) and move arm (F) to the down position.



Fig.17

Adjusting blade guide roller bearings, carbide blade guides and back-up bearings

Before making the following adjustments make sure the blade is tracking and tensioned properly:

- The back of the blade (A) Fig.18, should ride against the back-up bearing (B). To adjust, loosen set screw (C) and move the bearing (B) up or down until it lightly touches the back of the blade.
- The saw blade (A) should also ride between and lightly



Fig.18

touch the two blade guide roller bearings (D) and (E) Fig.18. The front bearing (E) Fig.18 and 19 is mounted on an eccentric and can easily be adjusted to suit blade thickness by loosening set screw (F) and turning shaft (G) Fig.19.

3. The carbide blade guides (H) Fig.18, should also be adjusted so they lightly touch the blade by loosening screws (K).
4. The blade guide roller bearings, carbide blade guides and back-up bearing on holder (L) Fig.18 and 19 should be adjusted in the same manner.



Fig.19

Setting up the machine for operation

1. Select the proper speed and blade for the type of material you are cutting.
2. Make sure the blade tension is adjusted properly.
3. Raise the saw frame and close the feed on/off knob (E) Fig.20.
4. Place the stock (B) Fig.20, between the vise jaws. Adjust the stock for the desired length of cut and tighten the vise clamping and wheel (C).
5. Make sure the blade guide arm (D) Fig.20, is adjusted as close as possible to the workpiece.
6. Turn the machine on and adjust the coolant flow.
7. Turn the feed rate control knob (A) Fig.20, counterclockwise until the saw blade begins to lower at the desired rate of speed.
8. Proceed to cut through the workpiece. The motor and coolant pump will shut off upon completion of the cut.
9. After adjusting the down speed (A), the saw frame position and down movement are controlled by on/off knob.

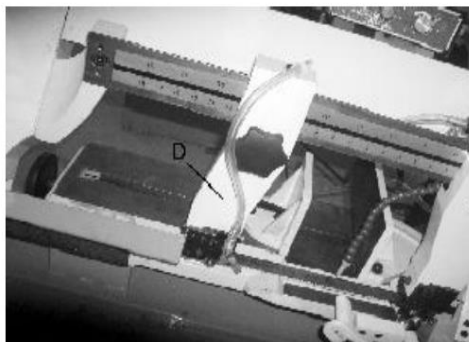


Fig.20



Fig.21

Removing and installing the blade

When it becomes necessary to replace the blade. Proceed as follows:

1. Disconnect the machine from the power source.
2. Raise the saw frame about 6" and close the feed on/off knob (E) Fig.21, by turning it clockwise as far

as it will go.

3. Move the blade guide arm (B) to the right, as shown in Fig.21.
4. Loosen two screws (D) and open upper blade guard (F) Fig.21.
5. Open both wheel covers (A) Fig.21, and clean the swarf out of the machine.
6. Release blade tension by turning the blade tension hand wheel (C) Fig.21 counterclockwise.
7. Remove the blade from both wheels and out of each blade guide.
8. Make sure the teeth of the new blade are pointing in the right direction. If necessary, turn the blade inside out.
9. Place the new blade on the wheels, in the blade guides and adjust blade tension and blade guides.

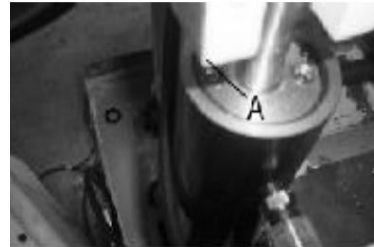


Fig.22

Lubrication hydraulic system

The hydraulic system on this machine consists of a hydraulic cylinder which is operated by a needle valve, the saw frame is raised by hand and as this is done, oil passes to the underside of the piston. The restricted flow is regulated by the feed rate control knob and governs the speed that the saw frame lowers. If it ever becomes necessary to fill the hydraulic cylinder with oil, proceed as follows:

1. Place the saw frame in the down position.
2. Remove plug (A) Fig.22 from the top of the hydraulic system and replace with a suitable hose fitting (B) Fig.23. connect a clear hose (C) to the fitting, as shown.
3. Put approximately one quart of Mobil-DTE (light) oil, available in one-quart of cans into a container (D) Fig.23 place hose (C) in the container (D) making sure end of hose is submerged in the oil, raise and lower saw arm until the bubbles disappear from inside the clear hose (C).
4. Remove hose fitting (B) Fig.23 and replace plug (A) Fig.22.



Fig.23

Gear box

The gear box should be drained and refilled after the 50 hours of use and thereafter every 5 months, with mobile synthetic gear oil, SHC-636, ISO viscosity grade 680. This oil meets or exceeds American gear manufacturers association (A.G.M.A) #8 Compounded cylinder oil specification. To change the gear box oil, proceed as follows:

1. Run the machine for 10 minutes to warm up the gear box.
2. Disconnect the machine from the power source.

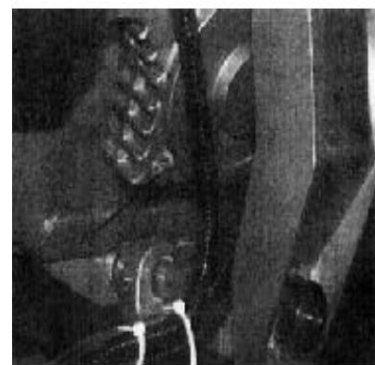


Fig.24

3. Raise the saw arm to its maximum position and close the feed rate control knob.
4. Drain the gear box by removing screw (A) Fig.24.
5. Replace screw (A) Fig.24 and lower the saw arm to its lowest position.
6. Remove oil breather nut (B) Fig.25.
7. Fill the gear box with oil through the oil hole (B) until the oil reach 1/3 volume in the oil window. Then replace oil breather nut (B).

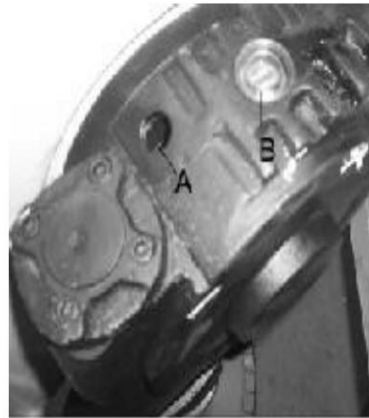


Fig.25

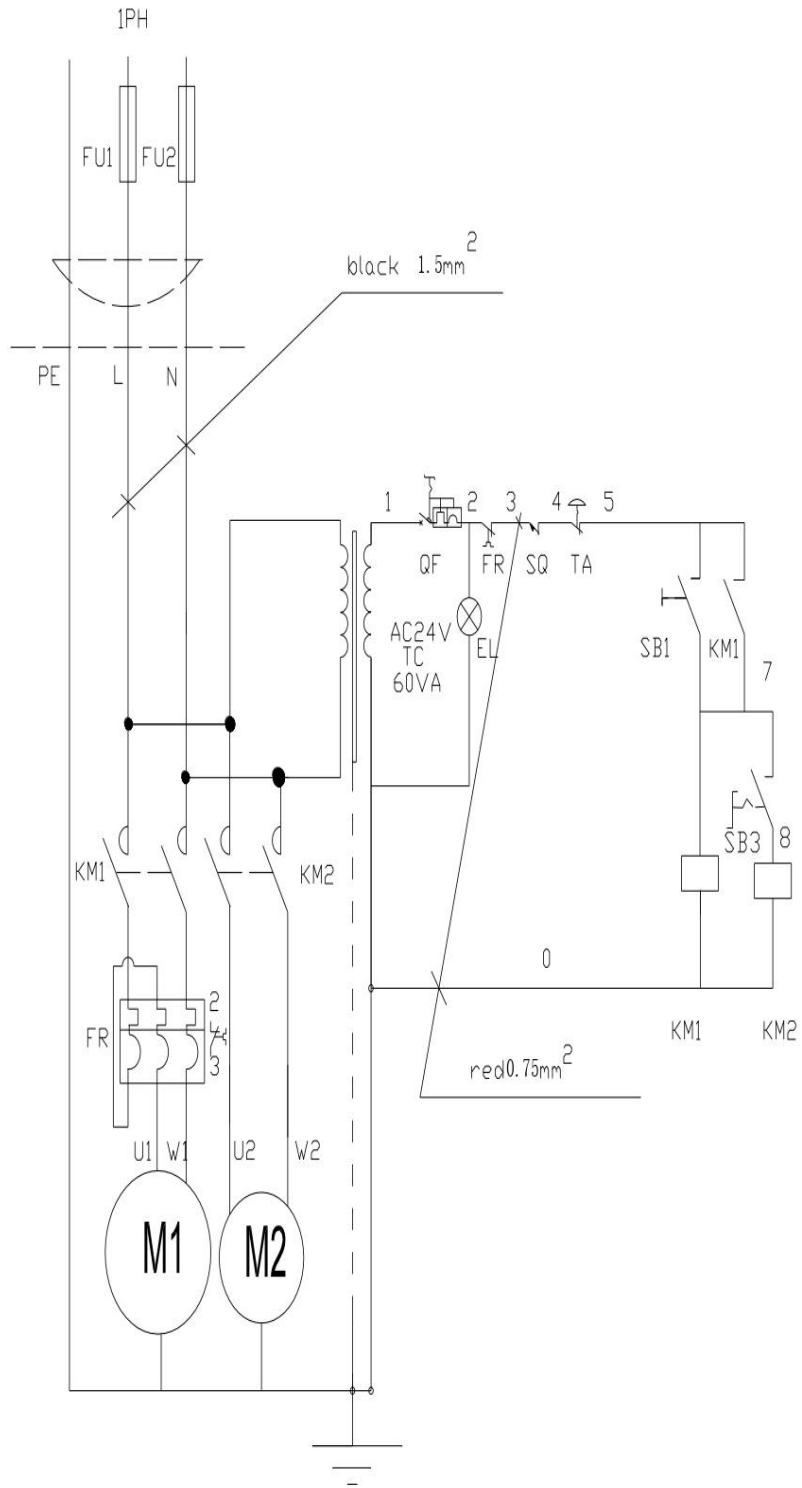
Pivot bearings

Occasionally lubricate the pivot bearings using waterproof grease at the two zerk fittings (C) Fig.24.

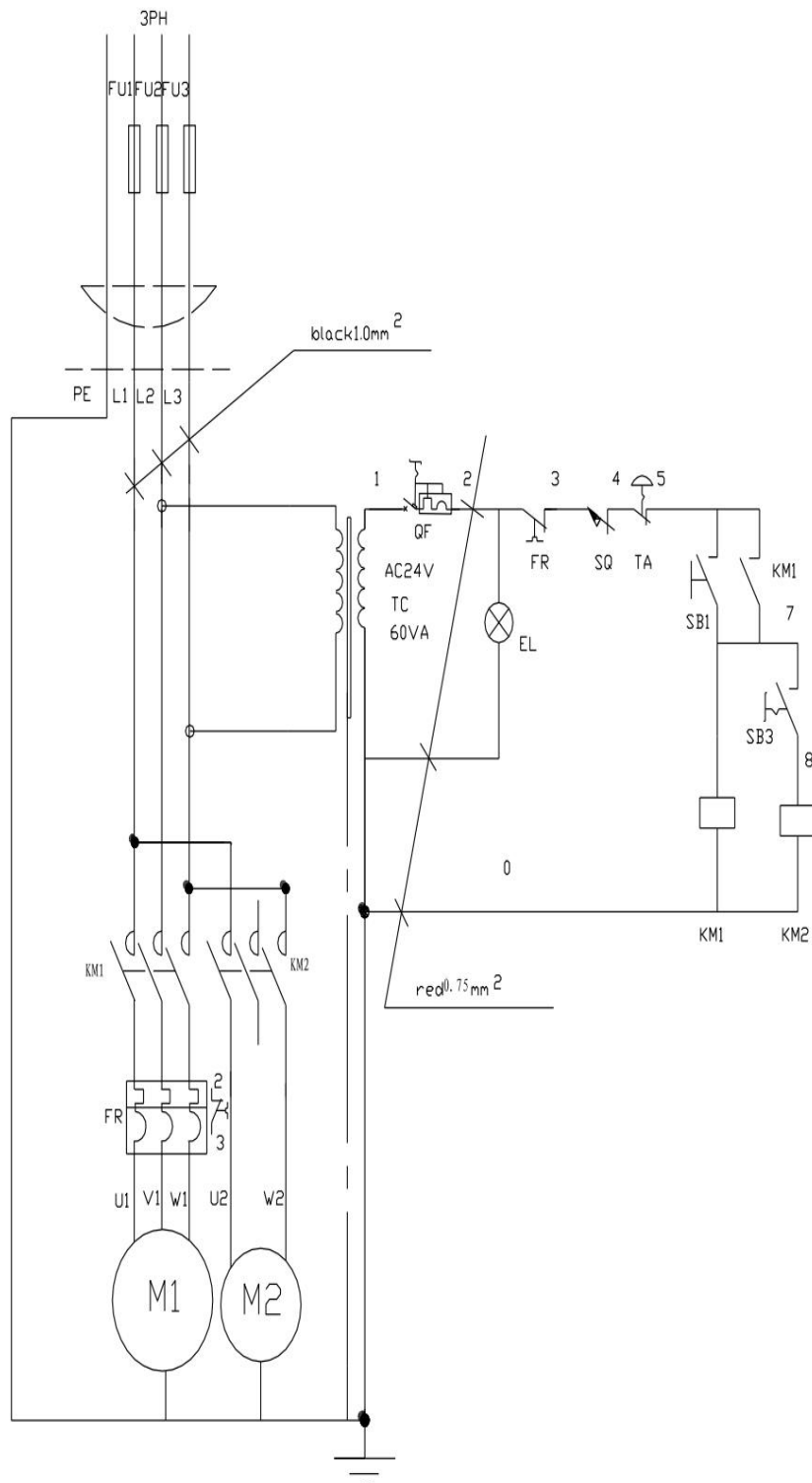
5. TROUBLE SHOOTING

Symptom	Possible Cause(s)	Corrective Action
Excessive Blade Breakage	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materials loosen in vise. 2. Incorrect speed or feed. 3. Blade teeth spacing too large. 4. Material too coarse 5. Incorrect blade tension 6. Teeth in contact with material before saw is started. 7. Blade rubs on wheel flange. 8. Miss-aligned guide bearings. 9. Cracking at weld. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clamp work securely. 2. Adjust speed or feed 3. Replace with a small teeth spacing blade 4. Use a blade of slow speed and small teeth spacing 5. Adjust to where blade just doesn't slip on wheel 6. Place blade in contact with work after motor is started 7. Adjust wheel alignment 8. Adjust guide bearing] 9. Weld again, note the weld skill
Premature Blade Dulling	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teeth too coarse 2. Too much speed 3. Inadequate feed pressure 4. Hard spots or scale on material 5. Work hardening of material 6. Blade twist 7. Insufficient blade 8. Blade slide 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Use finer teeth 2. Decrease speed 3. Decrease spring tension on side of saw 4. Reduce speed, increase feed pressure 5. Increase feed pressure by reducing spring tension 6. Replace with a new blade, and adjust blade tension 7. Tighten blade tension adjustable knob 8. Tighten blade tension
Unusual Wear on Side/Back of Blade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Blade guides worn 2. Blade guide bearing not adjust properly 3. Blade guide bearing bracket 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Replace 2. Adjust as per operators manual 3. Tighten

Symptom	Possible Cause(s)	Corrective Action
Teeth Ripping from Blade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tooth too coarse for work 2. Too heavy pressure; too slow speed 3. Vibrating work-piece 4. Gullets loading 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Use finer tooth blade 2. Decrease pressure increase speed 3. Clamp work piece securely 4. Use coarser tooth blade or brush or remove chips
Motor running too hot	<ol style="list-style-type: none"> 1. Blade tension too high 2. Drive belt tension too high 3. Blade is too coarse for work 4. Blade is too fine for work 5. Gears aligned improperly 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduce tension on blade 2. Reduce tension on drive belt 3. Use finer blade 4. Use coarse blade 5. Adjust gears so that worm is in center of gear
Bad Cuts (Crooked)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Feed pressure too great 2. Guide bearing not adjusted properly 3. Inadequate blade tension 4. Dull blade 5. Speed incorrect 6. Blade guides spaced out too much 7. Blade guide assembly loose 8. Blade truck too far away from wheel flanges 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduce pressure by increasing spring tension on side of saw 2. Adjust guide bearing, the clearance can't greater than 0.001 3. Increase blade tension by adjust blade tension 4. Replace blade 5. Adjust speed 6. Adjust guides space 7. Tighten 8. Re-track blade according to operating instructions.
Bad cuts (Rough)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Too much speed of feed 2. Blade is too coarse 3. Blade tension loose 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Decrease speed of feed 2. Replace with better blade 3. Adjust blade tension
Blade is twisting	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cut is binding blade 2. Too much blade tension 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Decrease feed pressure 2. Decrease blade tension



220V-60HZ-1PH



220V-60HZ-3PH

7. PART LIST (Model: BS-916B BS-1018B)

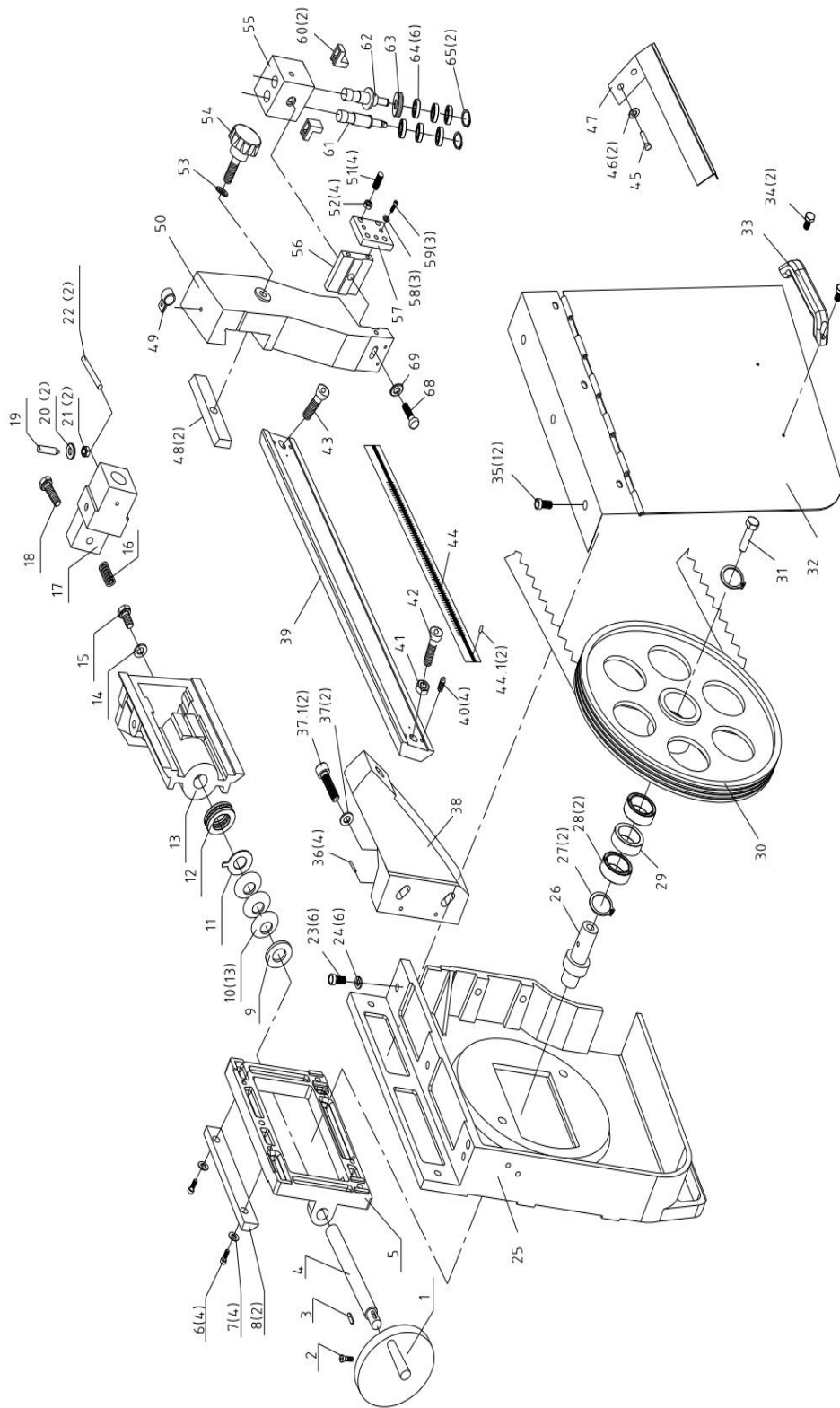
Part No.	Description	Q'ty	Part No.	Description	Q'ty
1	Hand wheel	1	31	Bolt M10x20	1
2	Screw M6X8	1	32	Idle wheel cover	1
3	Key 5X15	1	33	Knob	2
4	Lead screw	1	34	Screw M6x12	4
5	Slide base	1	35	Screw M6x12	12
6	Screw M10X25	4	36	Spring pin 5x25	4
7	Washer	4	37	Washer	4
8	Guide plate	2	37.1	Screw M10x30	4
9	Thread ring	1	38	Rear support	1
10	Belleville spring	13	39	Beam	1
11	Ring	1	40	Screw M8x20	4
12	Bearing	1	41	Nut M12	1
13	Slide stand	1	42	Screw M12x40	1
14	Washer	1	43	Screw M12x30	1
15	Bolt M12X20	1	44	Scale	1
16	Pressure spring	1	44.1	Rivet 2x5	4
17	Bracket	1	45	Screw M6x12	2
18	Screw M10X65	1	46	Washer	2
19	Screw	2	47	Guard	1
20	Washer	2	48	Press plate	2
21	Nut M12	2	49	Hoop	1
22	Shaft	2	50	Rear support	1
23	Screw M10x65	1	51	Screw M8x20	6
24	Spring washer	6	52	Nut M8	6
25	Idle wheel box	1	53	Washer	1
26	Bushing	1	54	Adjustable knob	1
27	C-retaining ring	2	55	Seat	1
28	Bearing	2	56	Middle plate	1
29	Spacer	1	57	Press plate	1
30	Idle wheel	1	58	Washer	5

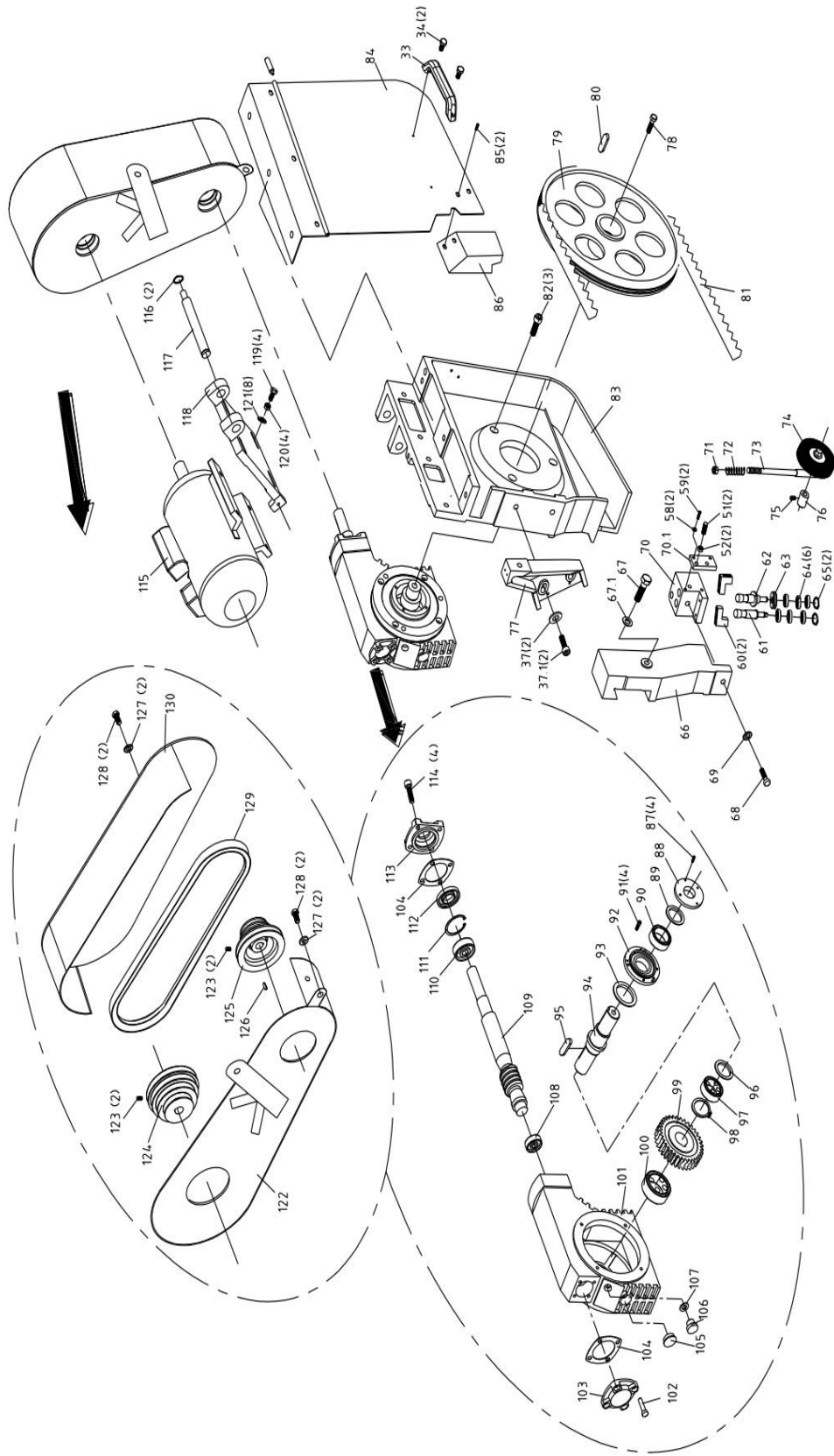
Part No.	Description	Q'ty	Part No.	Description	Q'ty
59	Screw M6x20	5	87	Screw M5x12	4
60	Clamp guide	2	88	Shaft cover	1
61	Shaft A	2	89	O-ring	1
62	Shaft B	2	90	Seal	1
63	Bearing	1	91	Screw M8X20	4
64	Bearing	12	92	End cap	1
65	Ring	2	93	O-ring	1
66	Front support	1	94	Shaft	1
67	Bolt M10x60	1	95	Key 10X50	1
67.1	Washer 10 M8x45	2	96	Nylon pad	1
68	Hex. head screw	2	97	Bearing	1
69	Washer	1	98	Ring	1
70	Seat	1	99	Worm wheel	1
70.1	Block	1	100	Bearing	1
71	Nut M12	1	101	Gear box	1
72	Pressure spring	1	102	Screw M6x12	4
73	Brush shaft	1	103	Cover	1
74	Steel brush	1	104	Asbestos pad	2
75	Spacer sleeve	1	105	Oil indicator	1
76	Screw M6x8	1	106	Screw	1
77	Front support	1	107	O-ring	1
78	Bolt M12x20	1	108	Bearing	1
79	Drive wheel	1	109	Worm	1
80	Key	3	110	Bearing	1
81	Blade	1	111	Ring	1
82	Screw M10x20	1	112	Seal	1
83	Drive wheel box	2	113	Cover	1
84	Wheel cover	1	114	Screw M8x20	1
85	Screw M6x12		115	Motor	1
86	Cover		116	Ring	2

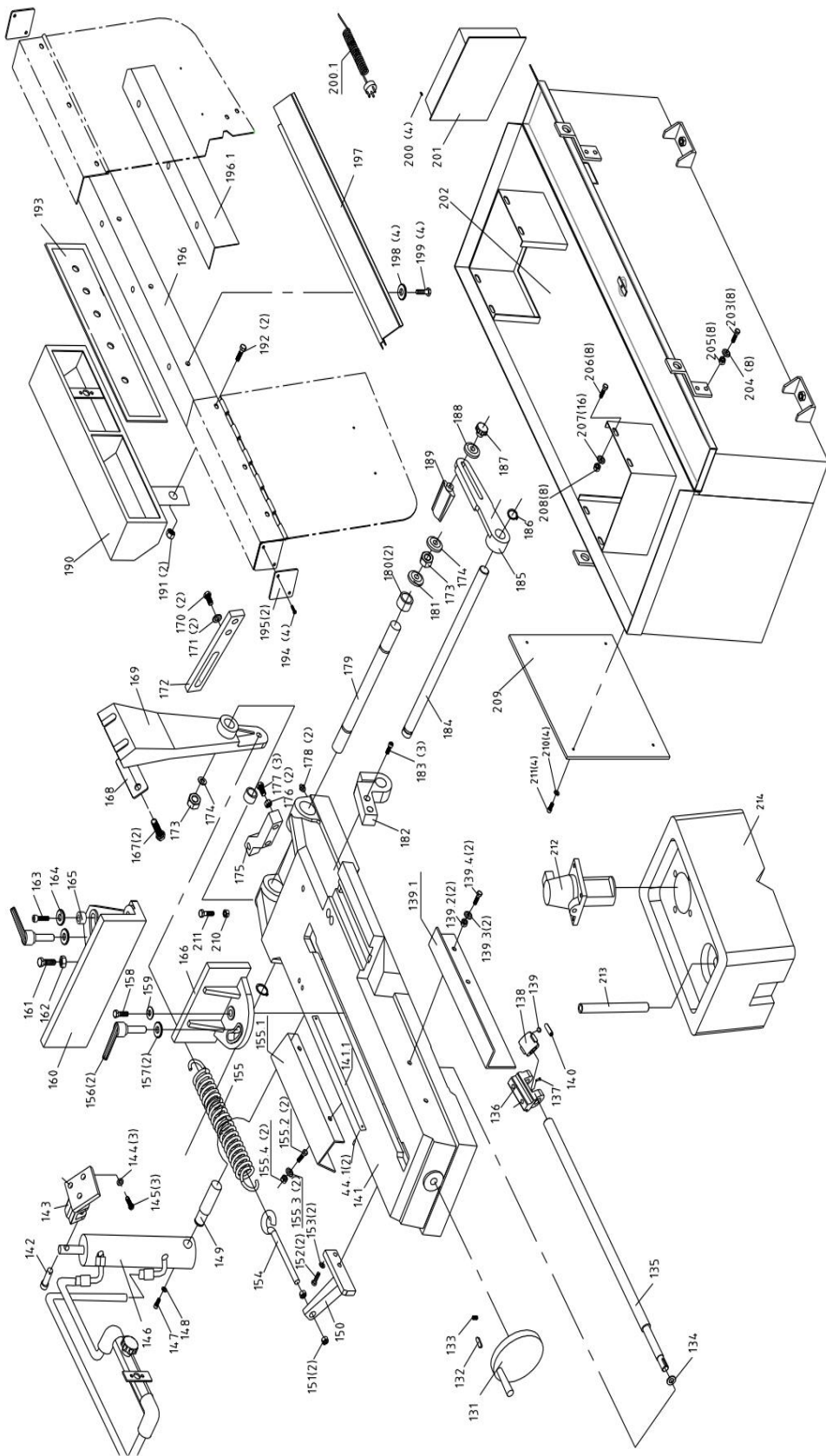
Part No.	Description	Q'ty	Part No.	Description	Q'ty
117	Pivot shaft	1	142	Pin	1
118	Motor plate	1	143	Cylinder upper bracket	1
119	Bolt M8x45	4	144	Washer	3
120	Nut	4	145	Screw M8x30	3
121	Washer	8	146	Hydraulic cylinder	1
122	Pulley cover	1	147	Screw M8x16	1
123	Screw M8x20	2	148	Washer	1
124	Motor pulley	1	149	Pivot shaft	1
125	Belt ulley	1	150	Spring bracket	1
126	Key	1	151	Nut M12	2
127	Waher	4	152	Bolt M8x30	2
128	Screw M8x20	4	153	Washer	2
129	Belt	1	154	Tension spring	1
130	Pulley cover	1	155	Spring	1
131	Hand wheel	1	155.1	Spring cover	1
132	Key	1	155.2	Screw M8x20	2
133	Screw M6x8	1	155.3	Washer	2
134	Washer	1	155.4	Nut M8	2
135	Acme screw	1	156	Knob	2
136	Bracket	1	157	Washer	2
137	Screw M5x8	1	158	Screw M10x30	1
138	Acme nut	1	159	Washer	1
139	Pin	1	160	Vise fixed plate	1
139.1	Connecting plate	1	161	Screw M12x70	1
139.2	Nut M8	2	162	Nut M12	1
139.3	Bolt M8x20	2	163	Screw M12x35	1
139.4	Washer	2	164	Washer	1
140	Retainer	1	165	Bushing	1
141	Base	1	166	Vise jaw bracket(front)	1
141.1	Scale	1	167	Screw M10x30	2

Part No.	Description	Q'ty	Part No.	Description	Q'ty
168	Press plate	1	193	Electrical panel	1
169	Incline support	1	194	Screw M5x15	4
170	Screw M8x25	2	195	End cover	2
171	Washer	2	196	Connecting beam	1
172	Cover plate	1	196.1	Protector	1
173	Nut M24X1.5	2	197	Protect cover	1
174	Washer	2	198	Washer	4
175	Position set bracket	1	199	Screw M8x20	4
176	Nut M10	2	200	Screw M4x16	4
177	Screw	2	200.1	Power cord	1
178	Bolt M10x35	3	201	Control box	1
179	Shaft	1	202	Stand	1
180	Bearing	2	203	Bolt M8x30	8
181	Washer	1	204	Washer	8
182	Bracket	1	205	Nut M8	8
183	Screw M8x40	3	206	Bolt M8x30	8
184	Shaft	1	207	Washer	16
185	Handgrip	1	208	Nut M8	8
186	Ring	1	209	Cover	1
187	Screw M6X12	1	210	Washer	4
188	Washer	1	211	Screw M6x20	4
189	Abnormal-shaft	1	212	Cooling pump	1
190	Control box	1	213	Hose	1
191	Nut M8	2	214	Coolant tank	1
192	Screw M8x30	2			

Drawing (Model: BS-916B BS-1018B)







Note: This manual is only for your reference. Owing to the continuous improvement of the machine, changes may be made at any time without obligation on notice. Please note the local voltage for operating this machine.