

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TALADRO DE PEDESTAL ACOPLADO
A PERSONAS ZURDAS, PARA LA PERFORACIÓN EN PLACA DE ACERO
A-36 HASTA 20MM DE ESPESOR Y 18MM DE DIÁMETRO CONSIDERANDO
EL ANÁLISIS ERGONÓMICO**

AUTOR:

Galo Rodrigo Duque Pachay

Jaime Oswaldo Vela Bustos

TUTOR:

Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera

Quito, Julio del 2017

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE
USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.**

Yo, Galo Rodrigo Duque Pachay, Jaime Oswaldo Vela Bustos autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, Julio 2017



Galo Rodrigo Duque Pachay

171987850-4



Jaime Oswaldo Vela Bustos

171844162-7

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Fabio Eduardo Obando Herrera declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto de Titulación: Diseño y construcción de un taladro de pedestal acoplado a personas zurdas, para la perforación en placa de acero A-36 hasta 20mm de espesor y 18mm de diámetro considerando el análisis ergonómico realizado por Galo Rodrigo Duque Pachay, Jaime Oswaldo Vela Bustos, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como Trabajo Final de Titulación.

Quito, Julio 2017



Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera

170798216-9

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación, es dedicado a las personas zurdas que presentan dificultades al momento de operar un taladro de pedestal en la industria metal mecánica y especialmente a nuestras madres Marlene Pachay e Irma Bustos quienes nos dieron siempre su motivación y solidaridad para culminar nuestro objetivo de superación, de prepararnos mejor, para servir de manera más eficiente a nuestro entorno. Ayuda sin la cual seguramente no lo habríamos logrado.

Duque, Vela.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana, carrera de Ingeniería Mecánica, queremos dejar constancia de nuestro sincero y profundo agradecimiento, quienes día a día inculcaron y moldearon nuestras personalidades, inyectándonos sus conocimientos, para ser personas de bien en la sociedad, de manera particular nuestra gratitud a nuestro tutor de proyecto de titulación: Ingeniero Fabio Eduardo Obando Herrera.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO I.....	18
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	18
1.1 ¿Qué es el taladro?	18
1.1.1 ¿Qué es taladro de pedestal?	18
1.2 ¿Qué es ergonomía?	19
1.2.1 Estudio de riesgos aplicados en el proceso de la industria mecánica	20
1.2.2 Procesos de conformación.....	20
1.2.3 Tecnología del proceso de taladrado.....	21
1.3 Ergonomía física	22
1.3.1 Carga física.....	22
1.3.2 Carga estática	22
1.4 Posturas para personas zurdas en el taladro de pedestal	24
1.4.1 Postura del tronco.....	25
1.4.2 Inclinación de tronco y torsión.....	26
1.4.3 Postura del brazo	27
1.4.4 Postura de cabeza y cuello	28
1.4.5 Postura de cabeza y cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión	30
1.4.6 Postura de antebrazo, mano y muñeca	31
CAPÍTULO II	35
CÁLCULOS Y DISEÑO DEL TALADRO DE PEDESTAL PARA ZURDOS	35
2.1 Diseño de un taladro de pedestal para zurdos	35
2.2 Cálculo de la velocidad de corte	35
2.3 Cálculo del avance por revolución.....	37
2.4 Cálculo de la fuerza de corte de la broca helicoidal.....	37
2.5 Cálculo del par torsor para brocas helicoidales.....	39
2.6 Cálculo de la relación de transmisión	39
2.7 Cálculo del par necesario para seleccionar el motor reductor.....	40
2.8 Cálculo de la transmisión de poleas	41
2.9 Cálculo de las longitudes de las correas A-B y B-C	44
2.10 Cálculo de transmisiones por bandas	46
2.10.1 Ángulos de contacto de las bandas en cada polea.....	47

2.11 Cálculo de la tensión inicial necesaria	47
2.11.1 Cálculo de tensiones.....	48
2.12 Cálculo sobre la carga del eje F	49
2.13 Cálculo del inserto de polea	50
2.14 Cálculo de fuerzas resultantes en los puntos A y B	51
2.15 Cálculo de la tensión más desfavorable punto B	52
2.16 Cálculo de resistencia del inserto de polea	52
2.17 Esfuerzo por cortadura	53
2.18 Esfuerzo cortante máximo.....	54
2.19 Factor de seguridad de la polea.....	55
2.20 Análisis de elemento finitos de la polea motriz	55
2.20.1 Diagrama de Von Mises de la polea motriz	56
2.20.2 Diagrama del desplazamiento de la polea motriz	56
2.20.3 Diagrama de la presión de contacto	57
2.20.4 Diagrama del factor de seguridad de la polea motriz.....	57
2.21 Cálculo del eje de soporte principal.....	58
2.21.1 Cálculo de fuerzas resultantes en el punto A	59
2.21.2 Calculo por resistencia eje de la columna.....	60
2.22 Esfuerzo por flexión.....	60
2.23 Combinación de esfuerzos	62
2.24 Teoría del esfuerzo cortante máximo.....	62
2.25 Factor de seguridad del eje de pedestal.....	63
2.26 Análisis de elemento finitos de la fuerza aplicada al eje de soporte	63
2.26.1 Diagrama de Von Mises de la fuerza aplicada al eje de soporte.....	64
2.26.2 Diagrama de desplazamiento de la fuerza aplicada al eje de soporte	64
2.26.3 Diagrama de factor de seguridad de la fuerza aplicada al eje	65
2.27 Cálculo de la fuerza resultante sobre el eje de pedestal	66
2.28 Análisis de elementos finitos de la presión aplicada al eje de soporte.....	67
2.28.1 Diagrama de Von Mises de la Presión aplicada al eje de soporte.....	67
2.28.2 Diagrama de desplazamiento de la presión aplicada al eje de soporte ...	68
2.28.3 Diagrama de factor de seguridad de la presión aplicada al eje	68
2.29 Cálculo de la presión que ejerce el peso del motor y poleas sobre el eje	69
2.30 Cálculo de la resistencia de pernos	71

2.31	Análisis de elementos finitos de los pernos M10.....	74
2.31.1	Diagrama de Von Mises de los 4 pernos M10.....	74
2.31.2	Diagrama de Desplazamiento de los 4 pernos M10.....	75
2.31.3	Diagrama de factor de seguridad de los 4 pernos M10.....	75
CAPÍTULO III.....		76
VERIFICACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS		76
3.1	Tabla MSA.....	79
3.2	Promedio de piezas.....	79
3.3	Gráfica de promedios de medición de diámetros.....	80
3.4	Control de calidad promedios y rangos.....	80
3.5	Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4" y peso de.....	81
	2 kgf.....	81
3.6	Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4" y peso de.....	82
	3 kgf.....	82
3.7	Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4" y peso de.....	82
	4 kgf.....	82
3.8	Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4" y peso de.....	82
	5 kgf.....	82
3.9	Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de 2 kgf.....	83
3.10	Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de.....	83
	3 kgf.....	83
3.11	Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de.....	83
	4 kgf.....	83
3.12	Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de.....	84
	5 kgf.....	84
3.13	Control estadístico de fuerza 4 kgf y broca de 18 mm de diámetro.....	84
3.14	Análisis de tiempos y movimientos en una persona zurda.....	84
3.14.1	Persona zurda trabajando en taladro de pedestal para diestro.....	85
3.14.2	Persona zurda trabajando en taladro de pedestal para zurdos.....	85
CAPÍTULO IV.....		86
ANÁLISIS DE COSTOS.....		86
4.1	Costos de fabricación del taladro de pedestal para personas zurdas.....	86
4.2	Costos directos.....	86

4.2.1 Materia prima	86
4.2.2 Insumos	87
4.2.3 Mano de obra.....	88
4.3 Costos indirectos	90
4.3.1 Diseño	90
4.3.2 Adicionales.....	90
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	92
LISTA DE REFERENCIAS	93
ANEXOS	95

SIGLAS

MSA	Análisis del sistema de medición
SPC	Control estadístico del proceso
DMQ	Distrito Metropolitano de Quito

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interrelación hombre - artefacto.	19
Figura 2. Movimientos presentes en el taladrado de la broca.	21
Figura 3. Plano de referencia del cuerpo humano.	23
Figura 4. Posturas del tronco al momento de una inclinación.	25
Figura 5. Inclinación lateral y torsión del tronco.	26
Figura 6. Postura del brazo y sus inclinaciones.	27
Figura 7. Posturas de cabeza y cuello al utilizar el taladro de pedestal	29
Figura 8. Postura de cabeza y cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión	30
Figura 9. Posturas del antebrazo, mano y muñeca.	32
Figura 10. Penetración de broca en el material.	36
Figura 11. Fuerza de corte específica.	38
Figura 12. Diámetros de poleas del taladro de pedestal.	43
Figura 13. Longitud de la correa A-B.	45
Figura 14. Longitud de la correa B-C.	46
Figura 15. Carga sobre el eje motriz.	49
Figura 16. Inserto de polea B hacia polea C y al eje de soporte.	50
Figura 17. Diagrama del cuerpo libre eje – polea.	51
Figura 18. Inserto de polea.	52
Figura 19. Tensión de Von Mises de la polea motriz.	56
Figura 20. Diagrama de desplazamiento de la polea motriz.	56
Figura 21. Presión de contacto de la polea motriz.	57
Figura 22. Factor de seguridad de la polea motriz.	58
Figura 23. Eje de soporte principal.	58
Figura 24. Diagrama del cuerpo libre del eje principal.	59

Figura 25. Esfuerzo por flexión del eje.....	61
Figura 26. Diagrama de Von Mises de la fuerza aplicada al eje.....	64
Figura 27. Diagrama de desplazamiento de la fuerza aplicada al eje	65
Figura 28. Diagrama de Factor de seguridad de la fuerza aplicada al eje.....	65
Figura 29. Fuerza resultante sobre el eje de pedestal.....	66
Figura 30. Diagrama de Von Mises de la presión aplicada al eje.....	67
Figura 31. Diagrama de desplazamiento de la presión aplicada al eje	68
Figura 32. Diagrama de Factor de seguridad de la presión aplicada al eje.....	69
Figura 33. Presión que soporta el pedestal.....	70
Figura 34. Resistencia de pernos.....	71
Figura 35. Perno M10	72
Figura 36. Diagrama de Von Mises de los 4 pernos M10	74
Figura 37. Diagrama de Desplazamiento de los 4 pernos M10	75
Figura 38. Diagrama de factor de seguridad de los 4 pernos M10	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Postura del tronco a flexión y extensión	25
Tabla 2. Inclinación lateral y torsión del tronco.....	27
Tabla 3. Postura del brazo y hombro, aplican a los tipos de flexión y abducción ...	28
Tabla 4. Postura de cabeza – cuello	29
Tabla 5. Posición de cabeza y cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión	31
Tabla 6. Tabla postura de antebrazo y muñeca	33
Tabla 7. Datos seleccionados para cálculos	36
Tabla 8. Detalle del motor eléctrico a emplear	41
Tabla 9. Valores de transmisión de poleas a-b.....	42
Tabla 10. Valores de transmisión de poleas b-c.....	43
Tabla 11. Conexión bandas – eje porta brocas.....	44
Tabla 12. MSA por atributos.....	77
Tabla 13. Análisis de riesgo MSA	78
Tabla 14. Tabla del MSA	79
Tabla 15. Promedio de las piezas analizadas	80
Tabla 16. Promedio de piezas por operador.....	80
Tabla 17. Valoración de calidad.....	81
Tabla 18. Costos de materiales del taladro de pedestal para personas zurdas	87
Tabla 19. Detalle de los insumos en el taladro de pedestal para personas zurdas	88
Tabla 20. Detalle de los procesos del taladro de pedestal para personas zurdas.....	89
Tabla 21. Costo total del taladro de pedestal para personas zurdas	90

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ergonomía: Interacción del cuerpo humano con el entorno, es decir, máquina - humano cuidando sus posicionamientos. [1]

Escoliosis: Desviación de la columna vertebral por malos posicionamientos y angulaciones frente a la maquinaria industrial. [1]

Lumbosiatalgia: Dolor que se irradia hacia el miembro inferior, causado por la compresión del nervio ciático. [1]

Nervio carpiano: Se produce por no tener tiempos suplementarios, es decir manipulaciones repetitivas en tiempos largos. [1]

Hernia discal: Son angulaciones al momento de cargar, se produce por malos posicionamientos.

Diestro: Persona que domina todo el hemisferio izquierdo del cerebro.

Siniestra: Es la persona que domina todo el hemisferio derecho del cerebro. [1]

Calidad: Es el conjunto de características de un elemento, producto o servicio, que le confieren la aptitud de satisfacer una necesidad implícita y explícita.

RESUMEN

Este proyecto se enfatiza en las pequeñas industrias metal mecánicas del DMQ, en especial a las personas de lateralidad zurda que realizan el proceso de taladrado.

El maquinado se realizará por medio de taladros de pedestal convencionales e ahí donde parte el diseño y enfoque hacia el cuidado, seguridad industrial de los operadores zurdos sin olvidar su ergonomía centrándose en angulaciones y posicionamientos acordes a las condiciones de su productividad.

El diseño del taladro de pedestal para el trabajo de personas zurdas se enfocará a la mejora y optimización de tiempos en producción repetitiva, donde su desempeño y utilización de dichos operadores antes mencionados puedan realizar el proceso de taladrado sin accidentes de trabajo.

El capítulo uno trata sobre las personas zurdas, lo que es ergonomía física y estática, posturas e inclinaciones del tronco para realizar una operación en el taladrado.

El capítulo dos todo lo referente a los cálculos con los que se llegará a la fabricación del taladrado de pedestal para zurdos, partiendo de la velocidad de corte hasta llegar al cálculo de la fuerza del eje de pedestal.

El capítulo tres se realizará una serie de pruebas estadísticas en personas siniestras en proceso de taladrado para verificar la habilidad, ergonomía, esfuerzo y regularidad, al momento de realizar la operación de perforado, por lo que se pudo evidenciar la efectividad en tiempos y movimientos.

Palabras claves: taladrado, siniestras, lateralidad zurda, ergonomía.

ABSTRACT

This project will be emphasized in the small metal-mechanical industries, especially the left-handed people who perform the drilling process.

The design of the pedestal drill coupled to left-handed people will focus on the improvement and optimization of times in repetitive production, where their performance and use of the aforementioned operators can perform the drilling process without work accidents.

Chapter one, covers all information about left-handed people at the time of drilling, which is physical and static ergonomics, postures and inclinations.

Chapter two, deals with the most appropriate calculations with which the drilling of pedestal for left-handers will be made, starting from the cutting speed until the calculation of the force of the pedestal axis.

Chapter three, performed a series of statistical tests on sinister people in the process of drilling to verify the ability, ergonomics, effort and regularity, at the time of the drilling operation, so that the effectiveness of times and movements could be evidenced.

Chapter four, is based on the analysis and materials costs with which will be built the drilling of pedestal.

Key words: drilling, sinister, left handed, ergonomics.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo general, construir un taladro de pedestal adaptado a personas zurdas para la perforación de placas de acero A-36 hasta 20 mm de espesor y 18 mm de diámetro, la cual tendrá como objetivos específicos hacer un análisis estadístico de las dificultades de las operaciones en personas zurdas en el taladro de pedestal, analizar los riesgos ergonómicos que influyen en la operación del proceso de taladrado, diseñar y calcular los distintos elementos mecánicos que componen la máquina para el taladro de pedestal con la palanca hacia la izquierda, simular en el software Inventor el modelo con las cargas definidas, verificar la efectividad de los cálculos desarrollados y construir la máquina en base al diseño.

En las pequeñas industrias metal mecánicas se encuentran personas de lateralidad zurda y se puede observar un mal uso e inapropiadas posturas al momento de las operaciones industriales.

Es importante diseñar y calcular varios de los elementos que componen el taladro de pedestal, también simular sus elementos más críticos con cargas principales a las cuales va a ser sometida.

Se ha considerado cuidar su seguridad industrial, sus angulaciones y posicionamientos ergonómicos en el proceso de taladrado, con el fin de tener una mayor productividad evitando accidentes de trabajo.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 ¿Qué es el taladro?

Es una máquina herramienta que sirve para realizar perforaciones en varios tipos de materiales, su metodología era por medio de una flecha se enrollaba una cuerda de arco y luego se cerraba lo más rápido posible hacia adelante y atrás, este proceso hacia una perforación en la madera. [2, p. 299]

El taladro es una máquina herramienta fundamental en las industrias y son fabricados dependiendo la necesidad, tales como: taladro eléctrico, taladro portátil, taladro magnético, mini taladro, taladro de pedestal, éste último se lo estudiará y analizará sus partes, su manejo y se creará un taladro similar para la manipulación en producción de personas zurdas cuidando su ergonomía.

Las máquinas taladradoras son fundamentales en cualquier taller metal mecánico, sus partes principales son: base que va anclada al piso, eje principal soporta la caja de mandos, mesa de trabajo donde sostendrá la pieza, eje porta-brocas con su mandril que hace girar a la broca y su motor que da el torque para su funcionamiento.[2, p. 300]

El proceso de taladrado es utilizado en la producción industrial para realizar agujeros.

1.1.1 ¿Qué es taladro de pedestal?

Es una máquina herramienta de forma vertical que se utiliza para perforar un material con arranque de viruta, obteniéndose resultados de buena calidad. El modo de funcionamiento es sencillo ya que posee dos movimientos que son el avance de penetración por medio de palancas de mando, es decir, se efectúa manualmente y el segundo, de rotación de la broca que se produce por el trabajo del motor.

1.2 ¿Qué es ergonomía?

Es la disciplina científica relativamente moderna relacionada con la interacción hombre-ambiente de trabajo y los elementos del entorno, para optimizar el bien humano y mejorar las condiciones de trabajo. [3, p. 19]

La ergonomía estudia la interrelación humano-artefacto, dentro de un ambiente de trabajo, donde la persona piensa mientras que el objeto se adapta a las cualidades del operador. El objetivo principal es dar pautas para optimizar la producción conformado por el operario-máquina. [4, p. 34]

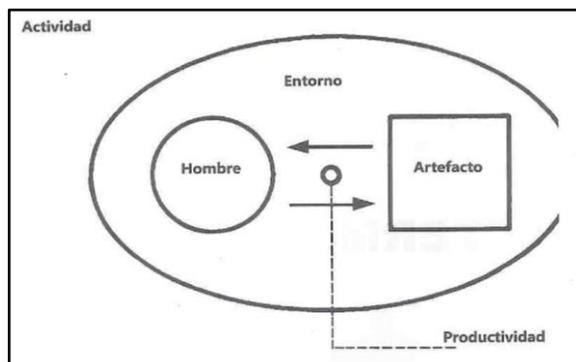


Figura 1. Interrelación hombre - artefacto.

Elaborado por: [4, p. 34]

En la figura 1 se aprecia la interrelación hombre – artefacto, donde se observa el entorno, su actividad, obteniendo como resultado una buena productividad, se debe tomar en cuenta sus tiempos suplementarios, optar posicionamientos acordes al momento de utilizar herramientas tanto de oficina como de producción, estos inconvenientes son llamados accidentes de trabajo, tales como: lumbalgia, escoliosis, lumbociatalgía, nervio carpiano, hernia discal, etc.

1.2.1 Estudio de riesgos aplicados en el proceso de la industria mecánica

En la industria metal mecánica se presentan accidentes con riesgos de contraer enfermedades por la presencia de inconvenientes higiénicos, tecnológicos, orgánicos e inorgánicos. Se solucionarán estos problemas ergonómicos aplicando la seguridad e higiene del trabajo, por lo tanto, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Factores mecánicos: son elementos cortantes, punzantes, manipulación de máquinas - herramientas y todo tipo de transporte de cargas.
- Factores físicos: son aquellos que se encuentran en la atmósfera tales como radiaciones producidas por plasma, máquinas láser, soldadura, ruidos y vibraciones.
- Factores químicos: son aquellos que se los encuentra en estado líquido, sólido y gaseoso.
- Factores biológicos: son aquellos virus, bacterias que se encuentran en el entorno profesional, laboral y personal.

1.2.2 Procesos de conformación

La industria metal mecánica, tiene como objetivo principal obtener piezas acabadas a partir de piezas brutas, por medio de diferentes procedimientos de trabajo. (Torno, fresa, taladro, cizallado, etc.).[5, p. 367]

En los procesos de conformación se utiliza técnicas de trabajo para la elaboración de un excelente producto y se debe salvaguardar al operario por medio de la seguridad industrial para la protección de cabeza (casco), ojos (antiparras), oídos (tapones), nariz y boca (mascarilla), manos (guantes), cuerpo (overol), y pies (botas industriales) de esta manera se protegerá al operario de la viruta.

1.2.3 Tecnología del proceso de taladrado

El taladrado es un proceso que se realiza con arranque de viruta, su objetivo es la obtención de agujeros cilíndricos por medio de la herramienta denominada broca. [5, p. 368]

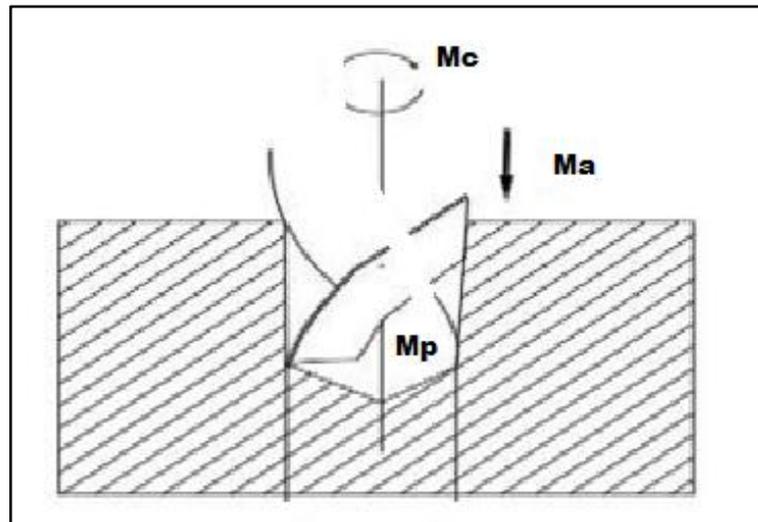


Figura 2. Movimientos presentes en el taladrado de la broca.

Elaborado por: [5, p. 368]

Donde:

Mc: movimiento de corte

Ma: movimiento de avance

Mp: movimiento de penetración

En la figura 2, se aprecia la rotación continua, “Mc” donde se encuentra el eje portabrocas con su mandril, “Ma” que se lo genera mediante las palancas de mando, “Mp” en el cual ingresa al material a perforar.

En cuanto, a la seguridad con este tipo de movimientos en el taladro de pedestal, será fundamental la protección de sus elementos por medio de ajustes. [5, p. 369]

1.3 Ergonomía física

Se ocupa de las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas del usuario, en tanto que se relacionan con la actividad física. El enfoque se sitúa en la actividad humana que genera mayores exigencias físicas y por ende aspectos de carga física postural, de esfuerzos y de movimientos serán fundamentales para iniciar la comprensión y aplicación de herramientas de intervención. [3, p. 29]

En el análisis de la capacidad física de los trabajadores se observará diferentes tipos de esfuerzos de cada uno de los individuos, fuerza, habilidad motora, flexibilidad y resistencia, todos estos factores con llevan a problemas de posturas y gastos energéticos.

1.3.1 Carga física

Es el conjunto de requerimientos físicos que una persona está sometida en su jornada laboral, se basa en varios tipos de trabajo dinámico y estático. [3, p. 29]

El trabajo dinámico es todo tipo de esfuerzo muscular y manejo de cargas.

El trabajo estático viene dado por los tipos de posturas del cuerpo humano.

En producción se debe considerar la integridad de los trabajadores, ya que al momento de utilizar la maquinaria se debe encontrar en buen estado físico, sin que se haya consumido ninguna sustancia estupefaciente y psicotrópicas, esto afectará al sistema nerviosos central, actitudes mentales, morales y físicas eliminando fuerzas de cargas livianas, moderada y pesada.

1.3.2 Carga estática

Para comprender la carga estática del cuerpo humano se analizará la postura del operador, su conceptualización biomecánica y anatómica de los aspectos relacionados

con la postura del cuerpo humano. Se definen los puntos de referencia para hablar de postura: plano medio sagital, plano frontal, plano horizontal o transversal y posiciones relativas. [3, p. 30]

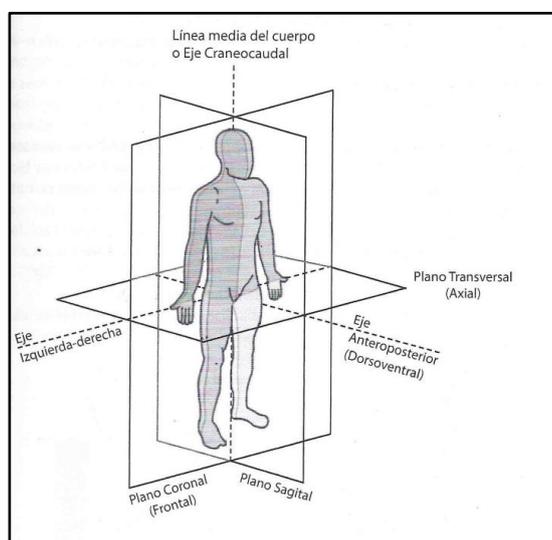


Figura 3. Plano de referencia del cuerpo humano.

Elaborado por: [3, p. 31]

Al analizar la figura 3, con el tipo de postura, se encuentra las posiciones correctas que se deberá optar en la vida diaria como lo son:

- Plano medio sagital: es cuando una persona se encuentra de pie, el plano pasa por la columna y el esternón, los brazos están hacia los costados y las palmas de las manos hacia adelante.
- Plano frontal o coronal: es el plano que pasa por los hombros y forma un ángulo recto al plano sagital.
- Plano horizontal o transversal: es el plano perpendicular al frontal y sagital, donde divide al cuerpo humano en su parte superior e inferior.
- Posiciones relativas: es la posición media y lateral, se encuentra en el plano sagital, donde la posición ventral y dorsal quiere indicar frente o detrás del cuerpo. [3, p. 30]

Se verificará los planos de referencia del operador frente al taladro de pedestal para personas zurdas.

Se observará al operario que tenga varias posturas tales como:

- Plano medio sagital: es decir está de pie con los brazos en diferente posición.
- Posiciones relativas: es el movimiento de la cabeza frente al material de trabajo.

Este análisis es visual ya que se analizará los movimientos del tronco, de los brazos, cuello, visión, antebrazo, mano y muñeca que es lo que concierna a este tema.

Las personas diestras tienen dominio por el hemisferio cerebral izquierdo. Esto no quiere decir que las personas zurdas dominen el lado derecho, las personas zurdas desarrollan otro tipo de habilidades motoras haciendo dominancia en los hemisferios izquierdos o derechos del cerebro. Si se da la facilidad a un operador zurdo, su productividad mejorará en tiempos y se cuidará de su ergonomía, seguridad industrial y personal en este tipo de actividades. [3, p. 141]

1.4 Posturas para personas zurdas en el taladro de pedestal

Se deberá considerar la categorización de posturas para segmentos corporales, inclinación lateral del tronco y torsión, postura del brazo, postura de cabeza y cuello, postura cabeza– cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión, postura de antebrazo, mano y muñeca, se aclarará que para otro tipo de operaciones se debe analizar otros factores de posicionamiento, nuestro análisis se centrará en los posicionamientos antes mencionados teniendo en cuenta la seguridad industrial, ya que es una de las partes más importantes al momento de operar el taladro.

1.4.1 Postura del tronco

En la figura 4 y tabla 1, se observa y se detalla la postura del tronco, la zona lumbar de la columna vertebral al optar cualquier ángulo, se aprecia una curvatura convexa con la columna vertebral, sus grados de flexibilidad al momento de una inclinación.

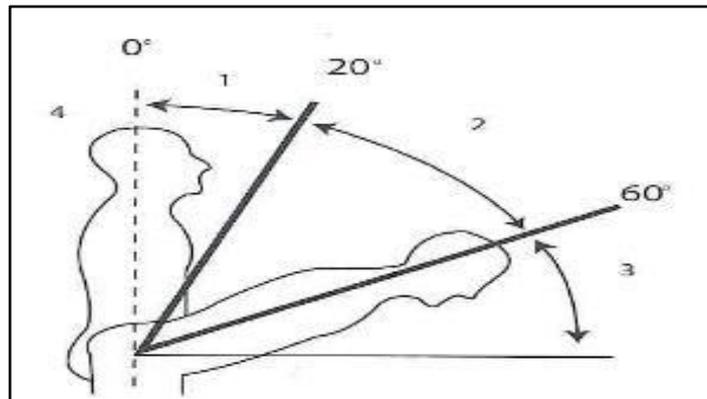


Figura 4. Posturas del tronco al momento de una inclinación.

Elaborado por: [3, p. 37]

Tabla 1. Postura del tronco a flexión y extensión

Tronco: flexión y extensión		Postura estática	Movimiento	
			Baja frecuencia (≤ 2 mov/min)	Alta frecuencia (> 2 mov/min)
1	Flexión 0° a 20°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
2	Flexión de 20° a 60°	Condicionamente aceptable (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
3	Flexión $>$ de 60°	No aceptable	Condicionamente aceptable (B)	No aceptable
4	Extensión	No aceptable	Condicionamente aceptable (B)	No aceptable

Nota: Postura del tronco. **Fuente:** [3, p. 38]

Al aplicar los ángulos de flexión y extensión del tronco en una postura estática aceptable dependiendo sus movimientos en un rango de tiempo moderado mayor o igual a dos minutos, si sobrepasa este tiempo la flexión será de 20° a 60° con condición, si abusa de tiempo es decir flexión más de 60° la postura estática y tiempos no serán aceptables tendiendo a lesiones lumbares y problemas en la columna vertebral, de este modo al momento de utilizar el taladro de pedestal para zurdos la postura del operario en flexión y extensión se mantendrá en los rangos aceptables.

1.4.2 Inclinación de tronco y torsión

En la figura 5 y tabla 2 se observa y detalla las inclinaciones, torsiones del tronco al momento de realizar el proceso de taladrado.

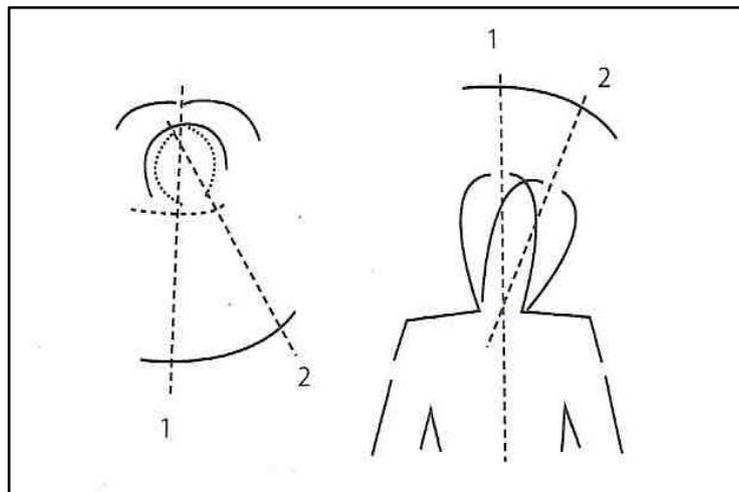


Figura 5. Inclinación lateral y torsión del tronco.

Elaborado por: [3, p. 39]

Tabla 2. Inclinación lateral y torsión del tronco

Inclinación lateral y torsión de tronco	Postura estática	Movimiento	
		Baja frecuencia ≤ 2 mov/min	Alta frecuencia >2 mov/min
$\leq 10^\circ$	Aceptable	Aceptable	Aceptable
$>10^\circ$	No aceptable	Condicionamente aceptable (A)	No aceptable

Nota: Inclinación y torsión del tronco para cualquier actividad. **Fuente:** [3, p. 40]

Aplicar la inclinación de los ángulos lateral y torsión del tronco en un movimiento no mayor a dos minutos tendiendo una postura estática aceptable, si se sobrepasa un ángulo de 10° se tendrá una postura estática no aceptable. No utilizar este tipo de posturas por lapsos o períodos de tiempos largos al momento de utilizar taladro.

1.4.3 Postura del brazo

En la figura 6 y tabla 3 se observa y detalla la postura del brazo sus inclinaciones, se tomará en cuenta el ángulo frente al taladro de pedestal para personas zurdas y obtener rangos aceptables y tiempos adecuados.

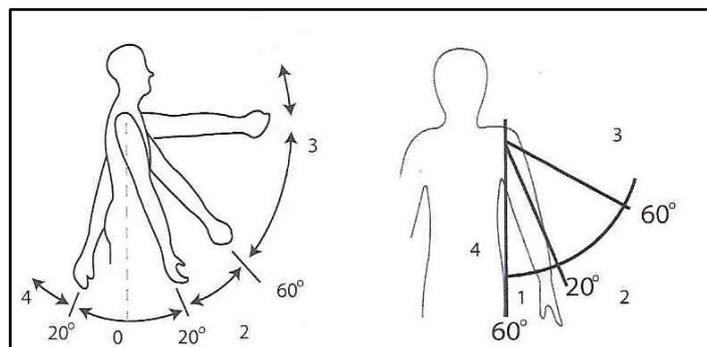


Figura 6. Postura del brazo y sus inclinaciones.

Elaborado por: [3, p. 40]

Tabla 3. Postura del brazo y hombro, aplican a los tipos de flexión y abducción

Brazo y hombro: flexión o abducción		Postura estática	Movimiento	
			Baja frecuencia (≤ 2 mov/min)	Alta frecuencia (> 2 mov/min)
1*	0° a 20°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
2	20° a 60°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
3	$> 60^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
4	$< 0^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable

Nota: Postura del brazo. **Fuente:** [3, p. 42]

Como resultado se aplicará los ángulos de postura de brazo y hombro:

- Flexión o aducción de 0° a 20° en tiempo de alta frecuencia mayor a dos minutos se obtendrá una postura aceptable,
- Flexión o aducción de 20° a 60° en un tiempo mayor a dos minutos la postura estática será aceptable con condición,
- Flexión o aducción mayor de 60° la postura estática será no aceptable, lo mismo para ángulos menores a 0°.

Al realizar la perforación con la palanca de mando a la izquierda los ángulos del operario se encontrarán en rangos normales.

1.4.4 Postura de cabeza y cuello

En la figura 7 y tabla 4 se observa y detalla la postura de cabeza y cuello al momento de utilizar el taladro de pedestal para zurdos.

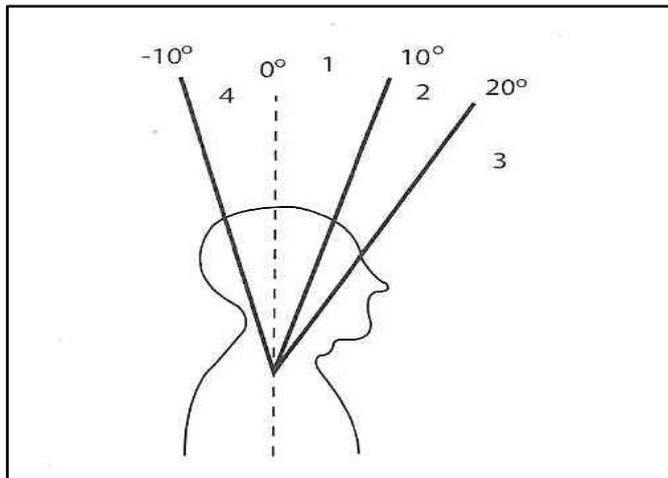


Figura 7. Posturas de cabeza y cuello al utilizar el taladro de pedestal

Elaborado por: [3, p. 43]

Tabla 4. Postura de cabeza – cuello

Cuello – cabeza: flexión, extensión		Postura estática	Movimiento	
			Baja frecuencia (≤ 2 mov/min)	Alta frecuencia (> 2 mov/min)
1*	0° a 10°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
2	10° a 20°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
3	$> 20^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
4	$< 0^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable

Nota: Postura de cabeza – cuello, flexión y extensión. **Fuente:** [3, p. 43]

Como resultado se aplicará los ángulos cuello – cabeza:

- Flexión y extensión de 0 a 10° en tiempos de alta frecuencia no mayores a dos minutos obteniendo una postura estática aceptable.

- Flexión y extensión de 10° a 20° en un tiempo mayor a dos minutos se obtendrá una postura estática aceptable con condición.
- Flexión y extensión mayor a 20° en un tiempo superior a dos minutos en nuestra postura estática será no aceptable, lo mismo para ángulos menores a 0° .

Al operar el taladro de pedestal para zurdos, se debe obtener una postura simétrica del cuello con respecto a la postura del tronco ver figura 7.

1.4.5 Postura de cabeza y cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión

En la figura 8 y tabla 5 se observa, detalla la postura de cabeza y cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión al momento de utilizar el taladro de pedestal para zurdos.

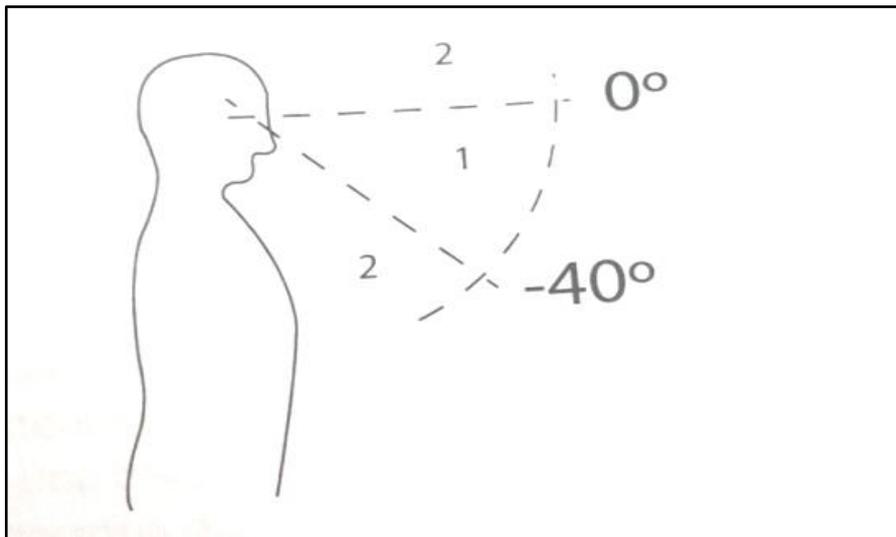


Figura 8. Postura de cabeza y cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión

Elaborado por: [3, p. 44]

Tabla 5. Posición de cabeza y cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión

Flexión y extensión del cuello	Postura estática	Movimiento	
		Baja frecuencia ≤ 2 mov/min	Alta frecuencia > 2 mov/min
-40° a 0° (B)	Aceptable	Aceptable	Aceptable
$> 0^\circ$ y $< -40^\circ$	No aceptable	Condicionamente aceptable (A)	No aceptable

Nota: Posición de cabeza y cuello teniendo en cuenta la visión aplican a los tipos de flexión y extensión del cuello. **Elaborado por:** [3, p. 44]

Como resultado se recomienda aplicar los ángulos de visión:

- Flexión y extensión del cuello de -40° a 0° en tiempos de alta frecuencia no mayores a dos minutos obteniendo una posición estática de visión aceptable.
- Flexión y extensión de los ángulos mayores a 0° y menores a -40° en un tiempo mayor a dos minutos, la posición estática del operario de visión será no aceptable.

Al momento de perforar cualquier material en el taladro de pedestal para zurdos, se deberá tomar en cuenta los grados de visión y la distancia con los grados antes mencionados, el uso de gafas industriales será indispensable en esta operación.

1.4.6 Postura de antebrazo, mano y muñeca

En la figura 9 y tabla 6 se observa, detalla la postura de antebrazo, mano y muñeca al momento de utilizar el taladro de pedestal para zurdos.

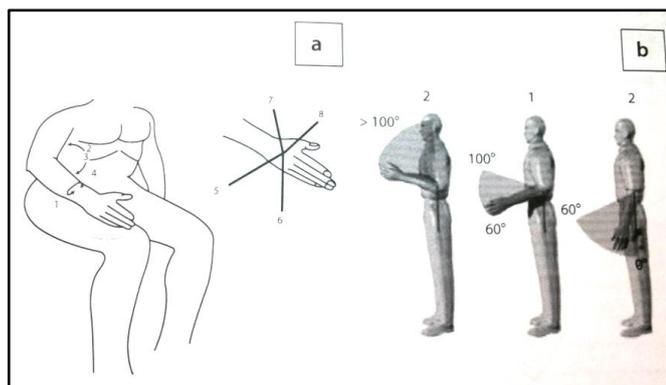


Figura 9. Posturas del antebrazo, mano y muñeca

Elaborado por: [3, p. 47]

Según [3, p. 46] afirma que la nomenclatura es la siguiente:

1. Supinación del antebrazo: es cuando la palma de la mano esta hacia arriba
2. Flexión del codo: es el ángulo de la postura en una ejecución
3. Extensión del codo: es la función de alejar o acercar la mano del cuerpo
4. Pronación del antebrazo: es cuando la palma de la mano esta hacia abajo
5. Desviación cubital de la muñeca: es cuando el dedo meñique se mueve hacia el antebrazo (hueso cubital)
6. Flexión de la muñeca: es cuando la palma de la mano se mueve hacia el antebrazo
7. Extensión de la muñeca: es cuando el dorso de la mano se mueve hacia el antebrazo
8. Desviación radial de la muñeca: es cuando el pulgar se mueve hacia el antebrazo (hueso radial).

Tabla 6. Tabla postura de antebrazo y muñeca

Antebrazo – muñeca.		Postura estática	Movimiento	
			Baja frecuencia (≤ 4 mov/min)	Alta frecuencia (>4 mov/min)
1	Postura neutra 0° ; postura de antebrazo entre 60° y 100°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
2	Flexión o extensión de muñeca hasta 15° ; flexión de brazo $>100^\circ$ o menor de 60°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
3	Flexión o extensión de muñeca $> 15^\circ$	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
4	Flexión o extensión con desviación radial o cubital o con pro-nación o supinación	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable

Nota: Postura de antebrazo y muñeca aplican a los tipos de flexión, extensión y neutra. **Elaborado por:** [3, p. 47]

Como resultado se recomienda aplicar los ángulos antebrazo y muñeca:

- Postura neutra de 0° en tiempos de alta frecuencia, superiores a cuatro minutos obteniendo una postura estática aceptable.

- Postura de antebrazo entre 60° y 100° en un tiempo de alta frecuencia superior a 4 minutos aceptable.
- Flexión de brazo mayor a 100° o menor a 60° en un tiempo superior a cuatro minutos, se obtendrá una postura estática aceptable con condición.
- Extensión de muñeca mayor a 15° en un tiempo superior a cuatro minutos, se obtendrá una postura estática no aceptable, lo mismo para flexión, extensión con desviación radial, cubital, pronación o supinación.

Es importante aclarar que la supinación del antebrazo, flexión de la muñeca, palma de la mano en diferentes posiciones al momento de realizar movimientos repetitivos en el taladro de pedestal para zurdos, se encontrará con inconvenientes de problemas de lesiones en posiciones no aceptables.

Todo este tipo de posturas se analizaron en una persona zurda y se observó su aparato locomotor: huesos, articulaciones, músculos, cada uno de estos posicionamientos desempeña movimientos mecánicos en el cuerpo humano, por otro lado los tiempos y las pausas suministran energía para obtener posturas estáticas aceptables.

CAPÍTULO II

CÁLCULOS Y DISEÑO DEL TALADRO DE PEDESTAL PARA ZURDOS

2.1 Diseño de un taladro de pedestal para zurdos

Se seleccionará los materiales existentes en el mercado, se empezará con el diseño de elementos que conforman el taladro acompañados de las simulaciones para comparar los resultados obtenidos analíticamente.

Se obtiene las dimensiones necesarias para elaborar el taladro de pedestal para zurdos, analizando los posicionamientos ergonómicos, el operario debe tener en cuenta su tipo de postura y angulación al momento de operar.

El taladro de pedestal para zurdos está desarrollado en operaciones industriales dentro de talleres metal mecánica, por tal motivo se selecciona un motor asíncrono de 4 polos que disminuya ruidos, en la penetración de materiales se utilizará 3 poleas, 2 bandas tipo V para el cambio de velocidades las cuales rotarán dependiendo el material a perforar.

Para realizar el diseño y cálculos es indispensable conocer el avance así como la fuerza de corte para no tener problemas al operar y ensamblar el taladro.

En el mercado existen gran variedad de materiales a perforar, por este motivo se calcula con una broca helicoidal de diámetro 25 mm, con el fin de cumplir con los objetivos planteados y obtener un rango de seguridad con la broca de trabajo.

2.2 Cálculo de la velocidad de corte

Es la fuerza que se necesita para determinar la dureza del material a perforar, ver figura 10.

Broca helicoidal de 25 mm

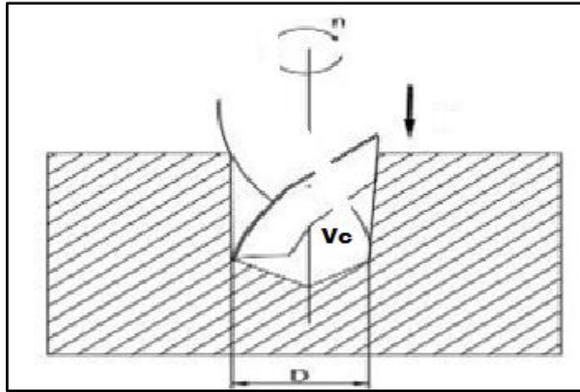


Figura 10. Penetración de broca en el material

Elaborado por: [6, p. 32]

En el diseño se recomienda:

Tabla 7. Datos seleccionados para cálculos

Ø de broca 25 mm Acero (<140 Kg/mm ²)	
Vc: es la velocidad de corte (m/min)	25
n: es la velocidad de giro (rpm)	320
Vf: es la velocidad de avance (m/min)	0,05

Nota: Datos para trabajar con una broca de 25mm. **Elaborado por:** [7, p. 538]

Donde:

D: diámetro de la broca (mm)

n: número de revoluciones de la broca por minuto (rpm)

Vc: velocidad de corte, m/min

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad [8, p. 337]$$

$$V_c = \frac{\pi \cdot 25 \cdot 320}{1000}$$

$$V_c = 25.5 \approx 26 \frac{m}{min}$$

2.3 Cálculo del avance por revolución

Es el avance de revolución necesaria para la perforación del material.

Donde:

a: espesor de la placa por cada vuelta de perforada de la broca (mm/min).

Vf: velocidad lineal de avance por revolución de la broca versus la placa (mm/rev).

n: número de revoluciones de la broca por minuto (rpm). Ver tabla 10

$$Vf = a * n \quad [6, p. 162]$$

$$a = \frac{Vf}{n}$$

$$a = \frac{0.05}{581} = 8.6 \times 10^{-5} = 0.086 \text{ mm}$$

$$a = 8.6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

2.4 Cálculo de la fuerza de corte de la broca helicoidal

Es la profundidad de corte de la broca vs. La placa.

En la figura 11 se buscará la presión específica de corte, ks para aceros de aleación media a 3000 N/mm².

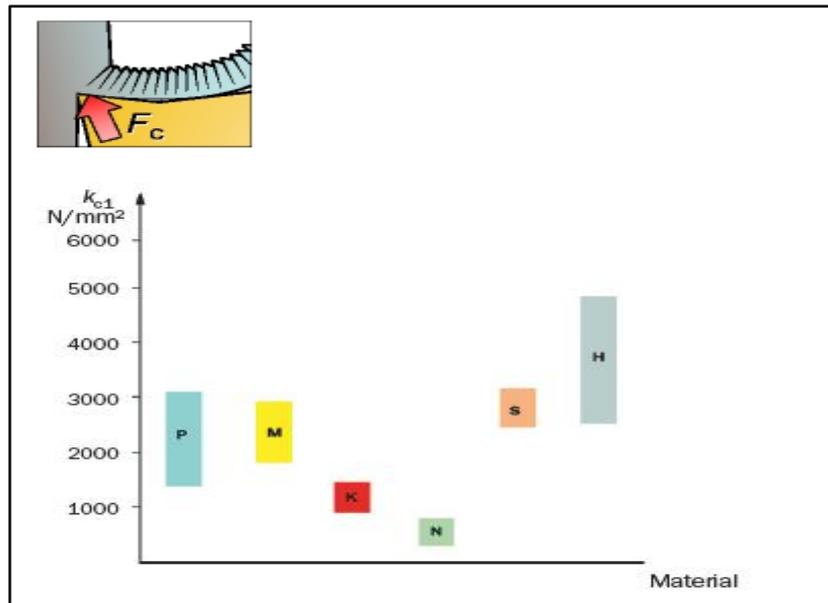


Figura 11. Fuerza de corte específica.

Elaborado por: [9]

Donde:

F_c : fuerza de corte (N)

K_s : presión específica de corte para aceros de aleación media (N/mm^2)

d : diámetro de la broca (mm)

a : avance de penetración (mm)

$$F_c = \frac{K_s \cdot d \cdot a}{2} \quad [6, p. 162]$$

$$F_c = \frac{3000 \cdot 25 \cdot 0.086}{2}$$

$$F_c = 3225 \text{ N}$$

2.5 Cálculo del par torsor para brocas helicoidales

Es un momento necesario de la broca helicoidal equilibrada.

Descripción:

Md: par torsor para brocas equilibradas (N.m)

d: diámetro de la broca (mm)

F_c: fuerza de corte (N)

$$Md = \frac{F_c \cdot d}{4} \quad [10, p. 121]$$

$$Md = \frac{3225 \text{ N} \cdot 25}{4}$$

$$Md = 20156 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Md = 20,15 \text{ N} \cdot \text{m}$$

2.6 Cálculo de la relación de transmisión

Con el valor del par torsor para brocas helicoidales por medio de taladrado se va a comprobar la potencia para seleccionar el motor, ver tabla 8.

Descripción:

i: relación de transmisión (adimensional)

n motor: revolución del motor (1/min)

n porta-brocas: revolución porta-brocas (1/min)

$$i = \frac{n_{\text{motor}}}{n_{\text{portabrocas}}} \quad [8, p. 252]$$

$$i = \frac{1700}{320}$$

$$i = 5.31$$

2.7 Cálculo del par necesario para seleccionar el motor reductor

Con el valor de la relación de transmisión de las poleas se tendrá el par necesario del motor.

Descripción:

Mmotor: par necesario (N.m)

Meje-porta-brocas: par torsor para brocas equilibradas (N.m)

ipoleas: rendimiento porta-brocas (adimensional)

$$M_{motor} = \frac{M_{eje-portab}}{i_{poleas}} \quad [8, p. 252]$$

$$M_{motor} = \frac{20.15}{5}$$

$$M_{motor} = 4.03 \text{ N.m}$$

$$M_{motor} = 0.41 \text{ Kgf.m}$$

Con este valor del par necesario del taladrado, se buscará en tablas el motor más factible para el diseño del taladro de pedestal para zurdos.

Se elegirá un motor asíncrono de 4 polos que girará a 1700 rpm, la mínima revolución es de 320 rpm, ver tabla 8.

Tabla 8. Detalle del motor eléctrico a emplear

Motor eléctrico	
Modelo	4 polos, 1700 rpm, 60 Hz
Potencia nominal	0,86 Kw
Tamaño	80 M
Velocidad nominal a 60 Hz	1395 rpm
Par nominal a 60 Hz	5,1 N.m
Rendimiento a plena carga a 60 Hz	72%
Rendimiento 3/4 carga a 60 Hz	72%
Factor de potencia a plena carga	0,8
Corriente nominal	1,91 A
Peso aproximado	10 kg
Revolución mínima	320

Nota: Características del motor. **Elaborado por:** [11, p. 52]

2.8 Cálculo de la transmisión de poleas

Una vez elegido el par motor, $M_{motor} = 4,03 \text{ N.m}$, y su velocidad nominal = 1700 rpm, con el tipo de motor asíncrono de 4 polos elegido, se ajustará los diámetros de las poleas para adaptarlos a las velocidades del eje porta-brocas, ver figura 12 -13 y 14.

Descripción:

i : relación de transmisión (adimensional)

d conducido: diámetro conducido (mm)

D conductor: diámetro conductor (mm)

n porta-brocas: velocidad nominal eje porta-brocas 1395 rpm

Meje-porta-brocas: par eje porta-brocas 5,1 N.m

Se aplicará las siguientes fórmulas:

$$i = \frac{d_{\text{conducido}}}{D_{\text{motriz}}}$$

Ec. 2-1

$$n_{\text{eje-portabrocas}} = n * \frac{D_{\text{motriz}}}{d_{\text{conducido}}} \quad [8, p. 255]$$

Ec. 2-2

$$M_{\text{eje-portabrocas}} = M_{\text{motor}} = \frac{d_{\text{conducido}}}{D_{\text{motriz}}} \quad [8, p. 252]$$

Ec. 2-3

Con esas fórmulas se tabulará la polea A hacia la polea B, polea B hacia la C y se obtendrá los valores que se pueden apreciar en la tabla 9 y 10.

Tabla 9. Valores de transmisión de poleas a-b

Tabla de valores de transmisión de poleas					
Poleas A – B	Diámetro motriz (mm)	Diámetro conducido (mm)	Relación de transmisión i	Velocidad de eje porta broca	Par eje
1	42	85	2,02	689	10,3
2	54	71	1,31	1061	6,68
3	64	62	0,97	1440	4,95
4	77	48	0,62	2238	3,16

Nota: Trasmisión de poleas A-B. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

Tabla 10. Valores de transmisión de poleas b-c

Tabla de valores de transmisión de poleas					
Poleas B - C	Diámetro motriz (mm)	Diámetro conducido (mm)	Relación de transmisión. i	Velocidad. eje porta broca (rpm)	par eje (N.m)
1	85	80	0,94	1484	4,8
2	71	89	1,25	1116	6,4
3	62	102	1,65	845	8,4
4	48	115	2,4	581	12,2

Nota: Trasmisión de poleas B-C. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

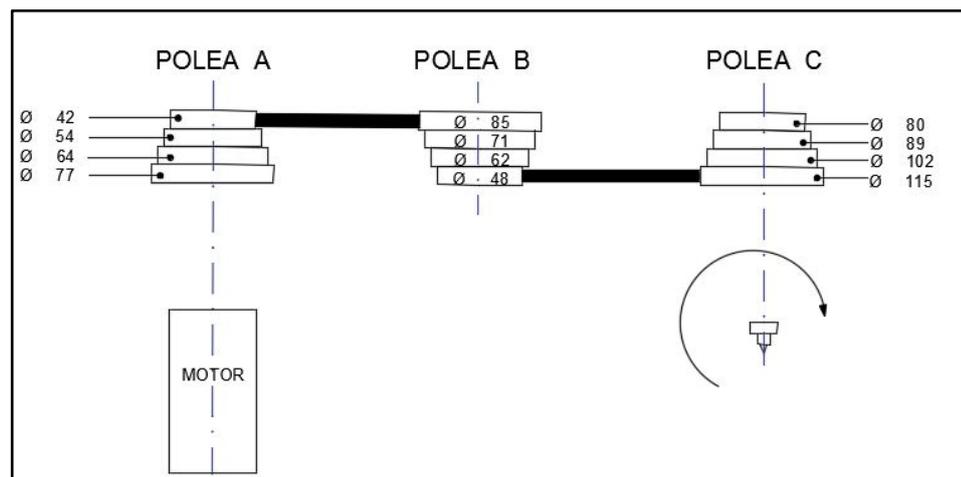


Figura 12. Diámetros de poleas del taladro de pedestal.

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

Con la siguiente fórmula se calculará todos los valores referentes a la velocidad del eje porta brocas.

$$n_{\text{eje-portabrocas}} = n \frac{D_{\text{motriz}}}{d_{\text{conducido}}} \quad [8, \text{p. 255}]$$

$$n_{\text{eje-portabrocas}} = 1700 * \frac{42}{85}$$

$$n_{\text{eje-portabrocas}} = 840 \text{ rpm}$$

Los 840 rpm es el resultado de la velocidad de la polea intermedia.

$$n_{\text{eje-portabrocas}} = 840 * \frac{48}{115}$$

$$n_{\text{eje-portabrocas}} = 350 \text{ rpm}$$

De esta manera se sigue la secuencia con la polea motriz y conducida para el resto de velocidades, como se puede apreciar en la tabla 11.

Tabla 11. Conexión bandas – eje porta brocas

Conexión de bandas	Velocidades en el eje porta brocas (rpm)
A – 4	350
A – 3	510
A – 2	670
B – 1	1370
B – 3	790
B – 4	540
C – 1	1860
C – 2	1400
C – 4	730
D – 1	2890
D – 2	2180
D – 3	1660

Nota: Trasmisión de poleas. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

2.9 Cálculo de las longitudes de las correas A-B y B-C

Es la longitud necesaria de las bandas para ser montadas en las poleas y transmitir el movimiento.

Descripción:

L: longitud de la banda (mm)

C: distancia entre centros (mm)

D: diámetro de las poleas (mm)

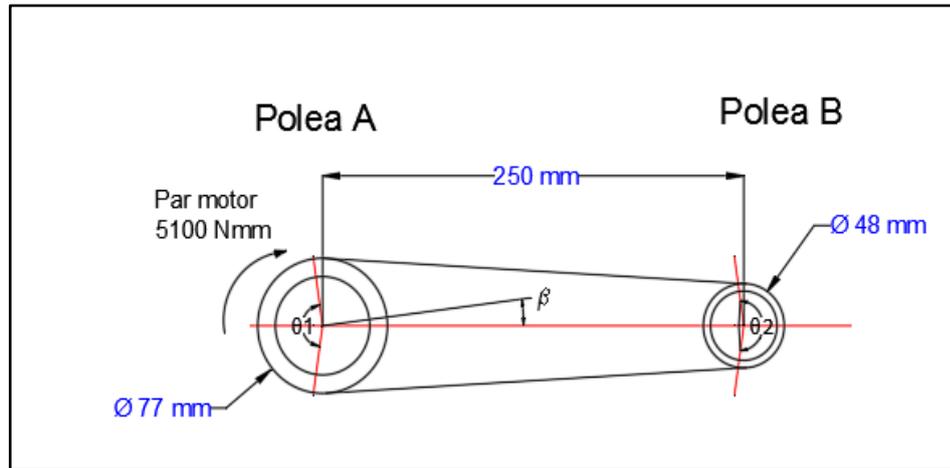


Figura 13. Longitud de la correa A-B

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad [12, p. 270]$$

$$L = 2(250) + 1.57(48 + 77) + \frac{(48 - 77)^2}{4(250)}$$

$$L = 500 + 196.25 + 0.841$$

$$L = 697.091 \approx 700 \text{ mm}$$

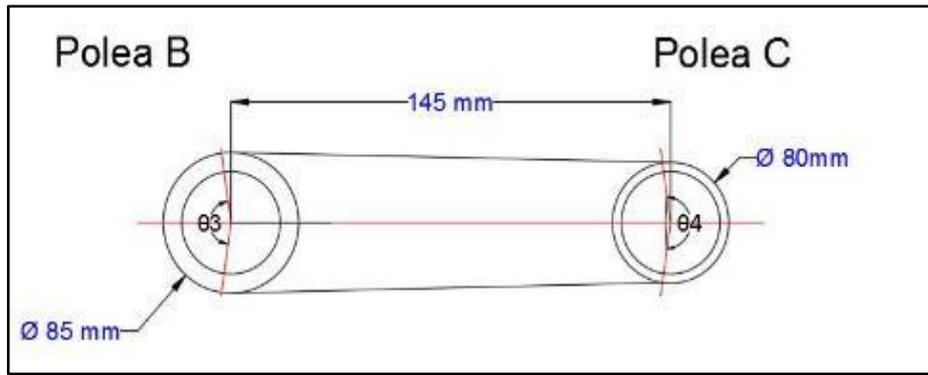


Figura 14. Longitud de la correa B-C

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$L = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad [12, p. 270]$$

$$L = 2(145) + 1.57(80 + 85) + \frac{(80 - 85)^2}{4(145)}$$

$$L = 290 + 259.05 + \frac{25}{580}$$

$$L = 549.09 \approx 550 \text{ mm}$$

Con estos resultados se seleccionará una correa trapecial Z/10 comercial de 672 mm.

2.10 Cálculo de transmisiones por bandas

Es el ángulo de la polea con la banda al momento de hacer contacto.

Descripción:

Mmotor: Torque del motor (N.m)

F: fuerza (N)

d: distancia (radio de la polea) (m)

F2: tensión conductora de la banda (N)

F1: tensión conducida de la banda (N)

f: coeficiente de rozamiento entre la polea y la banda, estimado en 0.4 (adimensional)

Se realizará los cálculos para el grupo de poleas A-B:

2.10.1 Ángulos de contacto de las bandas en cada polea

$$\theta_1 = 180 + 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D_2 - D_1}{2C}\right)$$

$$\theta_1 = 180 + 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{48 - 77}{2(250)}\right)$$

$$\theta_1 = 180 + 2(-3.325)$$

$$\theta_1 = 173.35^\circ$$

$$\theta_1 = \frac{2\pi * 173.35}{360} = 3.02 \text{ rad}$$

$$\theta_2 = 180 - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D_2 - D_1}{2C}\right) \quad [12, \text{p. 270}]$$

$$\theta_2 = 180 - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{48 - 77}{2(250)}\right)$$

$$\theta_2 = 180 - 2(-3.325)$$

$$\theta_2 = 186.65^\circ$$

$$\text{sen}\beta = \frac{R_2 - R_1}{C} \quad [13, \text{p. 854}]$$

$$\text{sen}\beta = \frac{24 - 38.5}{250}$$

$$\beta = -3.32^\circ$$

2.11 Cálculo de la tensión inicial necesaria

Es la tensión inicial para colocar las bandas en el taladro para zurdos.

Descripción:

f : coeficiente de fricción (adimensional)

θ : ángulo de tensión de banda (radianes)

F_i : tensión inicial necesaria (N)

T: torque (N.mm)

$$F_i = \frac{T \exp(f \phi) + 1}{d \exp(f \phi) - 1} \quad [13, p. 854]$$

$$F_i = \frac{5100 \exp(0.4 * 3.02) + 1}{77 \exp(0.4 * 3.02) - 1}$$

$$F_i = 66.23 \text{ N} * \frac{4.34 \text{ rad}}{2.34 \text{ rad}}$$

$$F_i = 122.83 \text{ N}$$

2.11.1 Cálculo de tensiones

Son las tensiones en un lado ajustado y en el otro lado holgado.

Descripción:

F_1 : tensión 1 (N)

F_2 : tensión 2 (N)

F_i : tensión necesaria (N)

F_c : tensión circunferencial debido a la fuerza centrífuga (N)

T: par nominal (N.mm)

d: diametro de la polea (mm)

$$F_1 = F_i + F_c + \frac{T}{d}$$

$$F_1 = 122.83 + 0 + \frac{5100}{77}$$

$$F_1 = 122.83 + 66.23$$

$$F_1 = 189.06 \text{ N}$$

$$F_2 = F_i + F_c - \frac{T}{d} \quad [13, p. 853]$$

$$F_2 = 122.83 \text{ N} + 0 - \frac{5100 \text{ N. mm}}{77 \text{ mm}}$$

$$F_2 = 122.83 \text{ N} - 66.23 \text{ N}$$

$$F_2 = 56.6 \text{ N}$$

2.12 Cálculo sobre la carga del eje F

Es la fuerza de contacto del eje porta brocas con la polea motriz.

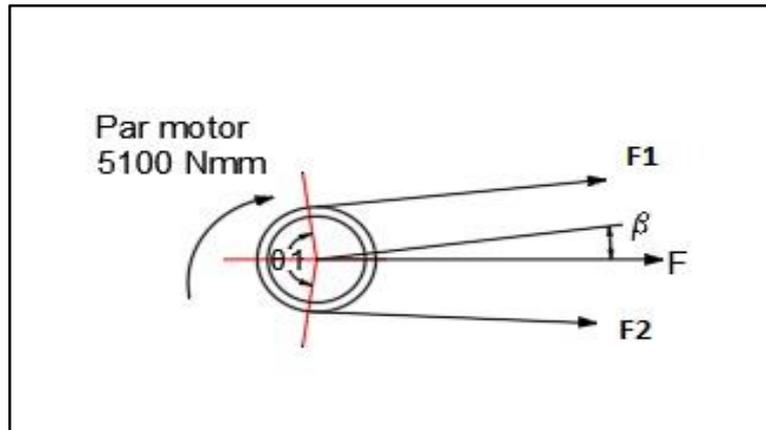


Figura 15. Carga sobre el eje motriz

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$\sum_{F}^{\rightarrow+} = 0$$

$$F + F_i \cos \beta + F_i \cos \beta = 0 \quad [14, \text{p. } 89]$$

$$F = 2F_i * \cos \beta \quad [14, \text{p. } 32]$$

$$F = 2(122.83 \text{ N}) * \cos(-3.32)$$

$$F = 245.66 \text{ N} * 0.99$$

$$F = 245.24 \text{ N}$$

2.13 Cálculo del inserto de polea

De las tablas de polea B hacia polea C, se elegirá el par eje de 12,2 N.m por ser el caso más desfavorable. El material empleado es acero ASTM A36 con una tensión de

fluencia de: $\sigma_F = 235 \frac{N}{mm^2}$

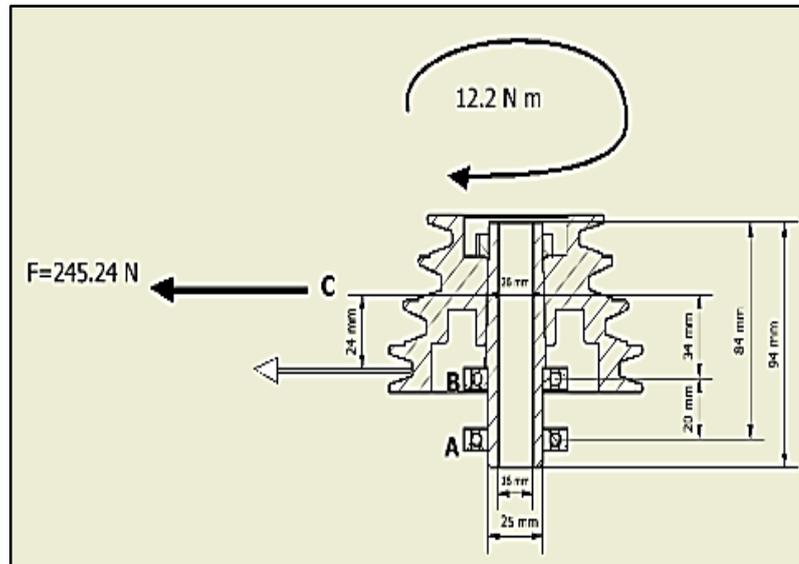


Figura 16. Inserto de polea B hacia polea C y al eje de soporte

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$M_{\text{desalineación}} = F * d \quad [14, p. 118]$$

$$M_{\text{torsor}} = M_T = 12.22 \text{ N.m} * \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 12220 \text{ N.mm}$$

Aplicar una fuerza de $F=245.24 \text{ N}$ en el punto C, donde está en contacto el eje con la polea, se encuentra en desalineación, añadiendo un momento flector en el mismo, se podrá apreciar en la figura 17.

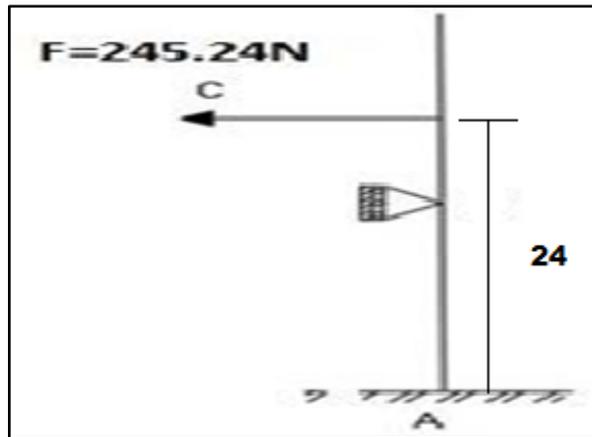


Figura 17. Diagrama del cuerpo libre eje – polea

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$M_{\text{desalineación}} = F * d \quad [14, p. 118]$$

$$M_{\text{desalineación}} = 245.24 \text{ N} * 24 \text{ mm} = 5885.76 \text{ N. mm}$$

2.14 Cálculo de fuerzas resultantes en los puntos A y B

$$\sum MA = 0$$

$$-245.24 \text{ N} * 54 \text{ mm} + 12220 \text{ N. mm} + R_B * (20 \text{ mm}) = 0$$

$$-13242.96 + 14220 + R_B(20) = 0$$

$$977.04 + R_B(20) = 0$$

$$R_B = \frac{-977.04}{20} = -48.85 \text{ N}$$

$$\sum MB = 0 \quad [14, p. 89]$$

$$-245.24 \text{ N} * 34 \text{ mm} + 12220 \text{ N. mm} + R_A * (20 \text{ mm}) = 0$$

$$-8338.16 + 14220 + R_A(20) = 0$$

$$-5881.84 + R_A(20) = 0$$

$$R_A = \frac{5881.84}{20}$$

$$R_A = 294,06 \text{ N}$$

2.15 Cálculo de la tensión más desfavorable punto B

$$M_B = R_A * 20 \text{ mm} \quad [14, \text{p. 118}]$$

$$M_B = 294.06 \text{ N} * 20 \text{ mm}$$

$$M_B = 5881.2 \text{ N} \cdot \text{mm} = \text{Momento flector}$$

2.16 Cálculo de resistencia del inserto de polea

- Esfuerzo por flexión

Descripción:

σ_f : esfuerzo por flexión (N.m)

S: módulo de sección (mm^3)

M: momento flector (N.mm)

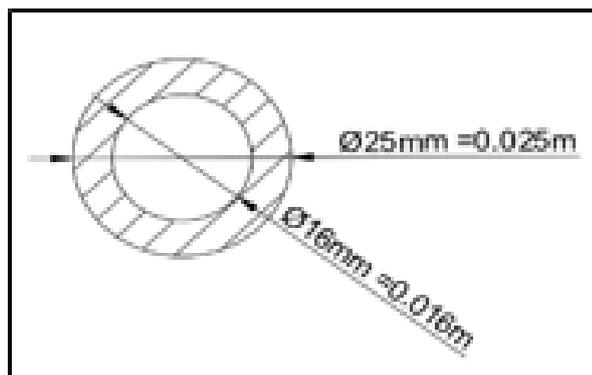


Figura 18. Inserto de polea.

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$\sigma_f = \frac{M}{S} \quad [15, p. 3]$$

$$S = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{32 * D} \quad [12, pp. A-1]$$

$$\sigma_f = \frac{5881.2 \text{ N. mm}}{\frac{\pi * (D^4 - d^4)}{32 * D}}$$

$$\sigma_f = \frac{5881.2 \text{ N. mm}}{\frac{\pi * (25 \text{ mm}^4 - 16 \text{ mm}^4)}{32 * 25 \text{ mm}}}$$

$$\sigma_f = \frac{4704960 \text{ N}}{1021297.21 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_f = 4.61 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

2.17 Esfuerzo por cortadura

Es el esfuerzo interno del eje porta brocas.

Descripción:

σ_t : esfuerzo cortante permisible en torsión ($\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$)

M_T : momento torsor (N.mm)

S_t : módulo polar de sección (mm^2)

$$\sigma_t = \frac{M_T}{S_t} \quad [15, p. 3]$$

$$S_t = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{16 * D} \quad [12, pp. A-1]$$

$$\sigma_t = \frac{14220 \text{ N. mm}}{\frac{\pi * (25 \text{ mm}^4 - 16 \text{ mm}^4)}{16 * 25 \text{ mm}}}$$

$$\sigma_t = \frac{5688000 \text{ N}}{1021297.21 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_t = 5.57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

2.18 Esfuerzo cortante máximo

Es el esfuerzo máximo que produce la fluencia en el eje porta brocas y se obtiene una predicción segura en nuestro material antes mencionado.

Descripción:

$$\tau_{\max} = \text{Esfuerzo cortante máximo} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma = \text{Esfuerzo flector} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

τ = Esfuerzo de cortadura

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad [13, \text{p. 95}]$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{(2.3)^2 + (5.57^2)^2}$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{5.31 + 31.02}$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{36.33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^4}}$$

$$\tau_{\max} = 6.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

- Esfuerzo equivalente

$$[\sigma]_{\text{eq}} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$[\sigma]_{\text{eq}} = (10.18^2 + 3 * 6.1^2)^{1/2}$$

$$[\sigma]_{\text{eq}} = 121.81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

2.19 Factor de seguridad de la polea

Con el valor de la resistencia a la fluencia es decir el esfuerzo cortante máximo tendrá el factor de seguridad en el eje porta brocas, ya que se utilizó un ASTM A36 de clase 20.

Descripción:

$$S_y = \text{Tensión de fluencia } \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

η = Factor de seguridad (adimensional)

$$[\sigma]_{eq} = \text{Esfuerzo equivalente } \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$S_y = 22 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} * \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} = 215.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\eta = \frac{S_y}{[\sigma]_{eq}} \quad [13, \text{p. 355}]$$

$$\eta = \frac{215.6}{121.81}$$

$$\eta = 1.76$$

El factor de seguridad cumple con el diseño, es factible utilizar acero ASTM A36.

2.20 Análisis de elemento finitos de la polea motriz

Es primordial la elección correcta del material y diseño de la polea motriz, ya que generarán el movimiento, es necesario realizar una simulación, obtener el coeficiente de seguridad, el traslado de la polea y la tensión de Von Mises, sobre las cavidades donde van insertadas las bandas.

Se apreciará de mejor manera los resultados en los anexos 5 -6.

2.20.1 Diagrama de Von Mises de la polea motriz

La polea motriz genera un esfuerzo permisible de 1,046 MPa, resiste el momento generado por el inserto de polea y las bandas, se puede apreciar en la figura 19 lo mencionado.

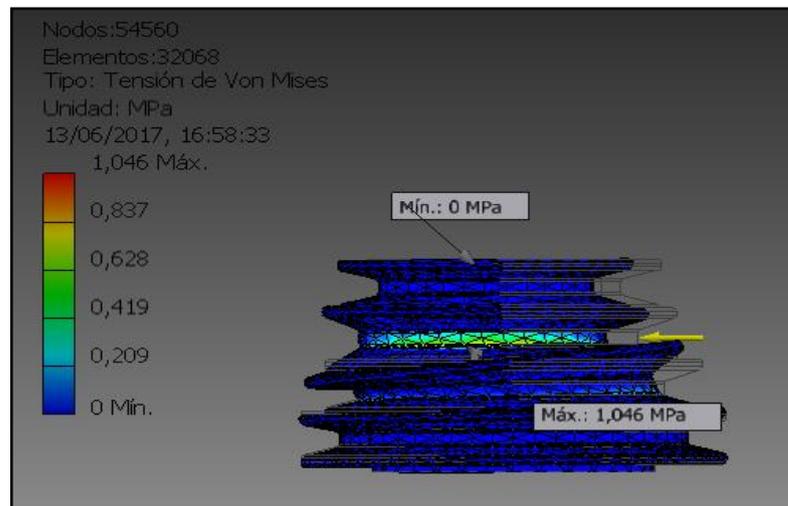


Figura 19. Tensión de Von Mises de la polea motriz

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.20.2 Diagrama del desplazamiento de la polea motriz

El desplazamiento de la polea motriz es de $4,465 \times 10^{-5}$ mm, y no tiende a tener deformación, se puede apreciar en la figura 20 lo mencionado.

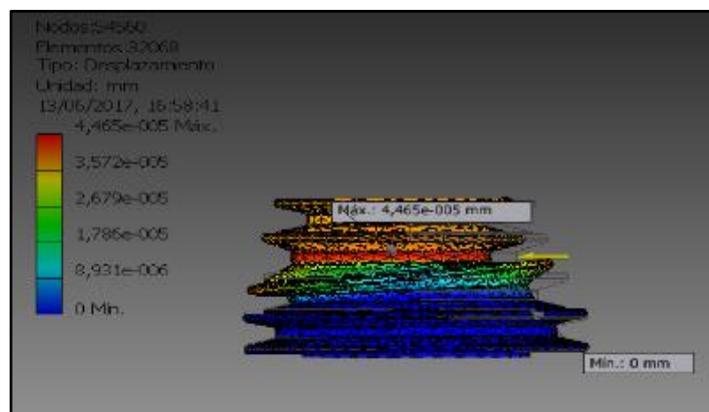


Figura 20. Diagrama de desplazamiento de la polea motriz

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.20.3 Diagrama de la presión de contacto

La presión de contacto de la polea motriz su valor máximo 0,5694 MPa donde se encuentra con valores sobredimensionados, obteniendo un esfuerzo aceptable junto al inserto de polea y bandas, se puede apreciar en la figura 21 lo mencionado.

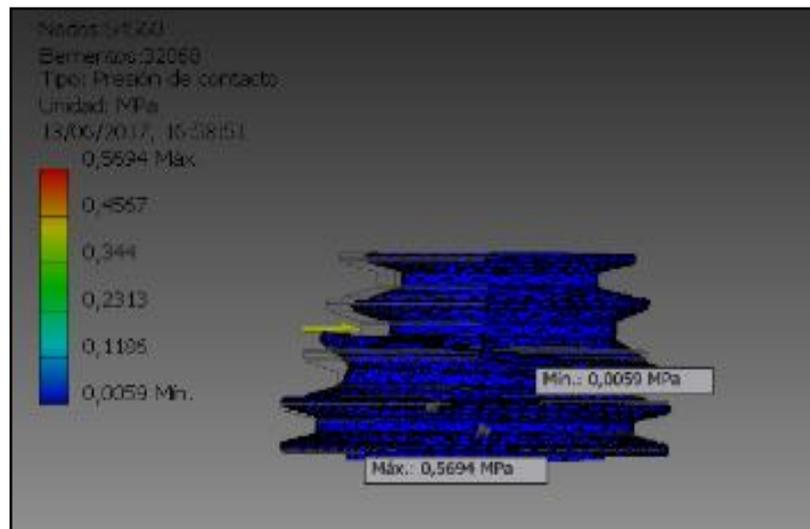


Figura 21. Presión de contacto de la polea motriz

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.20.4 Diagrama del factor de seguridad de la polea motriz

Considerando materiales comerciales y con propiedades adecuadas para este tipo de procesos, obteniendo como resultado un factor de seguridad inferior a 15, esto implica que el inserto de polea y las bandas que están en interacción con la polea se encuentran sobredimensionados y se podrá trabajar de forma confiable, se puede apreciar en la figura 22 lo mencionado.

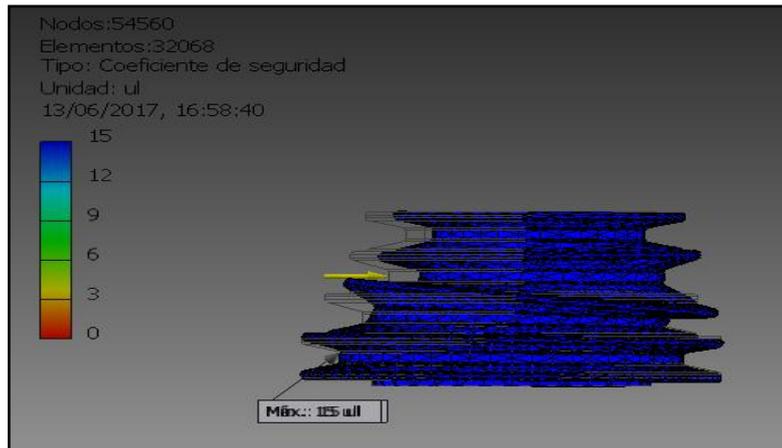


Figura 22. Factor de seguridad de la polea motriz

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.21 Cálculo del eje de soporte principal

Con este cálculo se comprobará el eje de la columna que tendrá que soportar los elementos superiores del taladrado de pedestal para zurdos, se apreciará en la figura 23 y 24 el eje y sus fuerzas que ejercen en él.

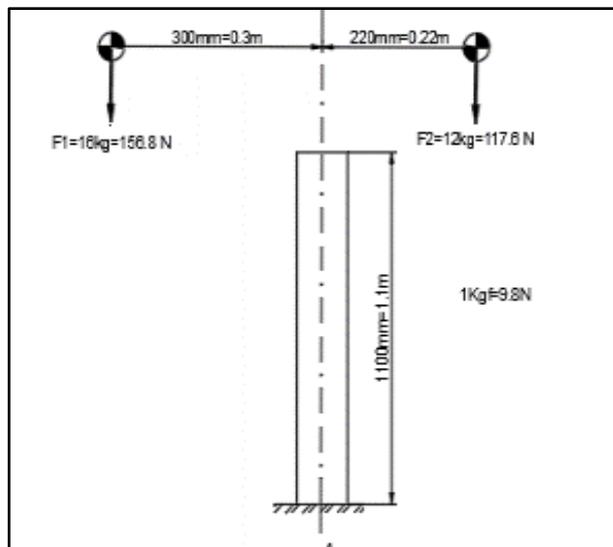


Figura 23. Eje de soporte principal

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

La columna es el elemento que soporta los componentes del ensamblaje de la parte superior y su motor, por esta manera se ha elegido un acero ASTM A36 con una tensión de fluencia de $235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$.

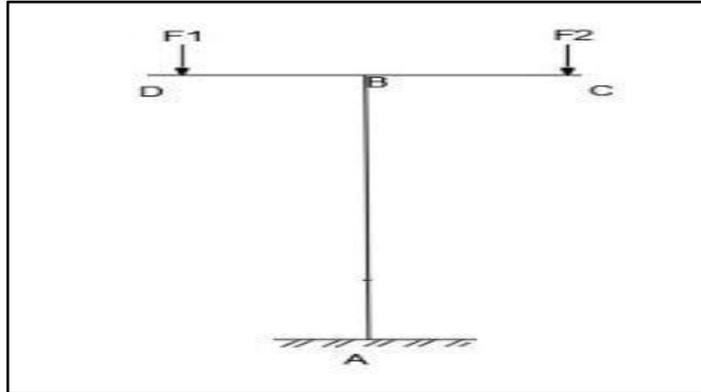


Figura 24. Diagrama del cuerpo libre del eje principal

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.21.1 Cálculo de fuerzas resultantes en el punto A

$$\sum F_y = 0$$

$$-156.8 \text{ N} - 117.6 \text{ N} + F_{yA} = 0$$

$$-274.4 \text{ N} + F_{yA} = 0$$

$$F_{yA} = 274.4 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

[14, p.89]

$$-156.8 \text{ N} * 300 \text{ mm} + 117.6 \text{ N} * 220 \text{ mm} + M_A = 0$$

$$-47040 + 25872 + M_A = 0$$

$$M_A = 21168 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

2.21.2 Calculo por resistencia eje de la columna

Es el valor resultante de la presión que existe dentro del eje de la columna.

- Esfuerzo por Compresión

Descripción:

σ_c : esfuerzo de compresión ($\frac{N}{mm^2}$)

F: fuerza (N)

A: área (mm^2)

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad [15, p. 2]$$

- Área de un círculo hueco:

$$A = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} \quad [12, pp. A-1]$$

$$\sigma_c = \frac{F}{\frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4}}$$

$$\sigma_c = \frac{274.4 \text{ N}}{\frac{\pi * (80^2 - 78.5^2)}{4}}$$

$$\sigma_c = \frac{274.4 \text{ N}}{186.72 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_c = 1.47 \frac{N}{mm^2}$$

2.22 Esfuerzo por flexión

Es la deformación que presenta el eje de la columna, en la figura 25 se aprecia la vista frontal del eje con sus acotaciones.

Descripción:

σ_f : esfuerzo por flexión ($\frac{N}{mm^2}$)

S: módulo de sección (mm^3)

M: módulo flexionante máximo (N.mm)

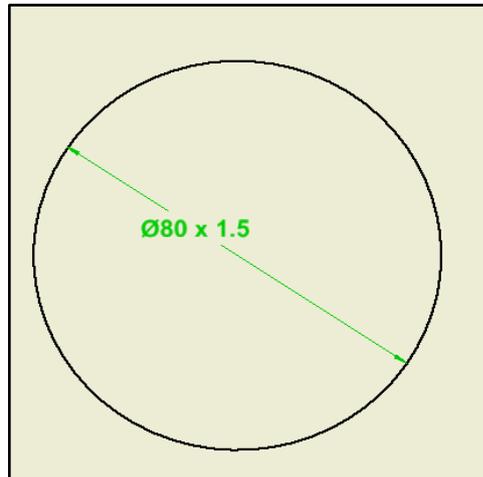


Figura 25. Esfuerzo por flexión del eje

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$\sigma_f = \frac{M}{S} \quad [15, p. 3]$$

$$S = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{32 * D} \quad [12, pp. A-1]$$

$$\sigma_f = \frac{M}{S}$$

$$\sigma_f = \frac{M}{\frac{\pi * (D^4 - d^4)}{32 * D}}$$

$$\sigma_f = \frac{21168}{\frac{\pi * (80^4 - 78.5^4)}{32 * 80}}$$

$$\sigma_f = 5.77 \frac{N}{mm^2}$$

2.23 Combinación de esfuerzos

Con la combinación de tensiones compresión más flexión se obtiene el esfuerzo flector.

$$\sigma = \sigma_c + \sigma_f \quad [13, p. 81]$$

$$\sigma = 1.47 \frac{N}{\text{mm}^2} + 5.77 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma = 7.24 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

2.24 Teoría del esfuerzo cortante máximo

Es el esfuerzo máximo que produce la fluencia en el eje de la columna y se obtiene una predicción segura en el material antes mencionado.

Descripción:

τ_{\max} : esfuerzo cortante máximo $\left(\frac{N}{\text{mm}^2}\right)$

σ : combinación de tensiones $\left(\frac{N}{\text{mm}^2}\right)$

τ : esfuerzo de cortadura $\left(\frac{N}{\text{mm}^2}\right)$

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad [13, p. 95]$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{(3.62)^2 + 0^2}$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{13.1}$$

$$\tau_{\max} = 3.62 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

- Esfuerzo equivalente

$$[\sigma]_{\text{eq}} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$[\sigma]_{eq} = (7.24^2 + 3 * 3.62^2)^{1/2}$$

$$[\sigma]_{eq} = 46.55 \frac{N}{mm^2}$$

2.25 Factor de seguridad del eje de pedestal

Con el valor de la resistencia a la fluencia es decir el esfuerzo cortante máximo tendrá un factor de seguridad en el eje de la columna.

Descripción:

$$S_y: \text{tensión de fluencia} = 235 \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

η : factor de seguridad (adimensional)

$$[\sigma]_{eq}: \text{esfuerzo equivalente} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

$$\eta = \frac{S_y}{[\sigma]_{eq}} \quad [13, p. 355]$$

$$\eta = \frac{215.6}{46.55}$$

$$\eta = 4.65$$

El factor de seguridad cumple con el diseño, es factible utilizar acero ASTM A36.

2.26 Análisis de elemento finitos de la fuerza aplicada al eje de soporte

Es primordial la elección correcta del material y de la fuerza aplicada al eje de soporte ya que es el encargado de soportar todos los esfuerzos al momento de la operación, es necesario realizar una simulación, obtener el coeficiente de seguridad, el traslado del eje y la tensión Von Mises.

Se apreciará de mejor manera los resultados en los anexos 7 – 8.

2.26.1 Diagrama de Von Mises de la fuerza aplicada al eje de soporte

La fuerza que soporta el eje de la columna es de 2,168 MPa, de esta manera el esfuerzo es mínimo y no existirá ninguna deformación, se puede apreciar en la figura 26 lo mencionado.

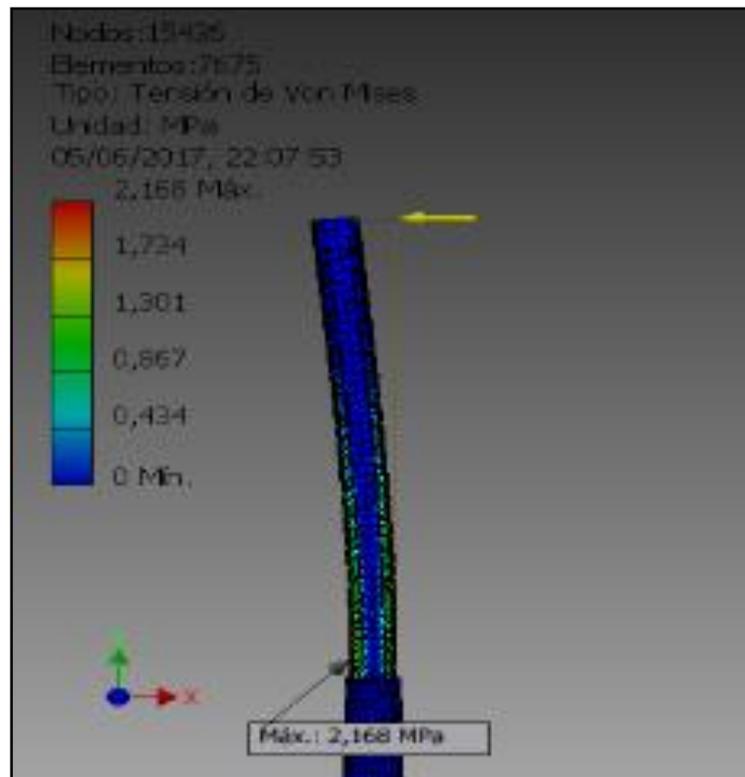


Figura 26. Diagrama de Von Mises de la fuerza aplicada al eje

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.26.2 Diagrama de desplazamiento de la fuerza aplicada al eje de soporte

El desplazamiento que genera la fuerza resultante aplicada al eje soporte principal es de 0,09503 mm, donde se encuentra en valores mínimos que no repercuten al momento de su trabajo, se puede apreciar en la figura 27 lo mencionado.

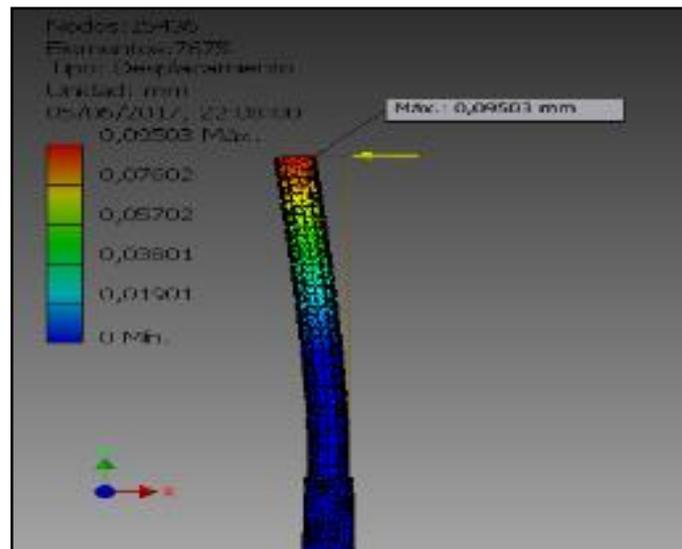


Figura 27. Diagrama de desplazamiento de la fuerza aplicada al eje

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.26.3 Diagrama de factor de seguridad de la fuerza aplicada al eje

El factor de seguridad es superior a 15, lo que implica que el material va a resistir las fluctuaciones de movimiento que va a generarse durante el proceso, se puede apreciar en la figura 28 lo mencionado.

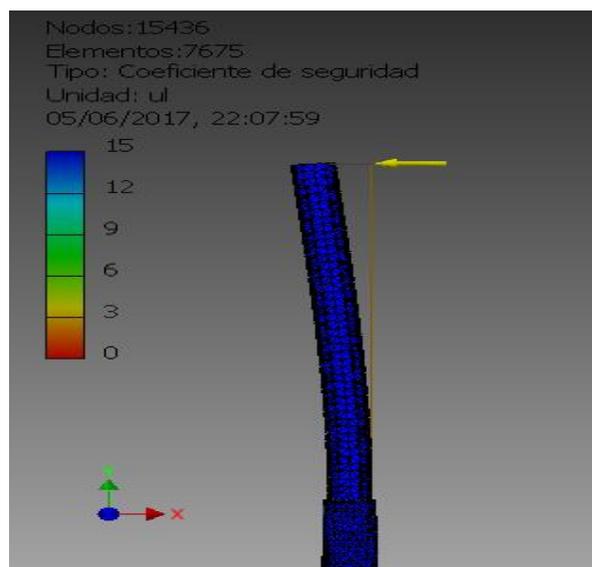


Figura 28. Diagrama de Factor de seguridad de la fuerza aplicada al eje

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.27 Cálculo de la fuerza resultante sobre el eje de pedestal

Es la fuerza que va a soportar el eje de la columna, se puede apreciar las acotaciones y fuerzas que están presentes en la figura 29.

- Diagrama de momentos

F: fuerza (N)

d: distancia (mm)

M: momento (N.mm)

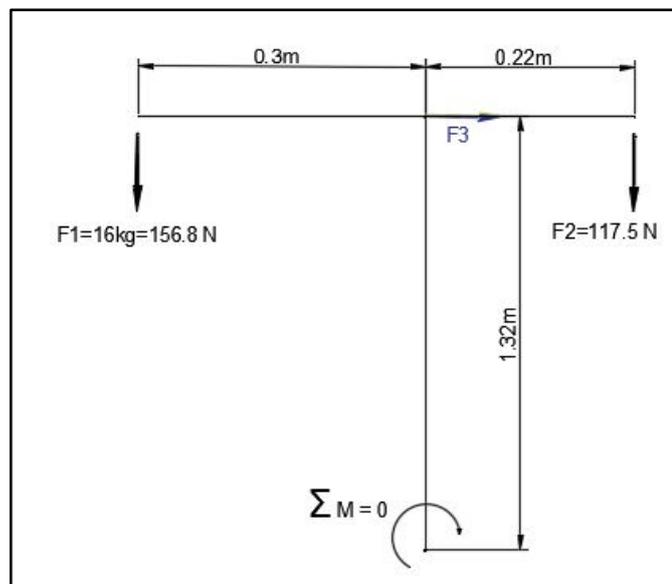


Figura 29. Fuerza resultante sobre el eje de pedestal

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$\sum M = 0$$

$$F_2 \cdot d_2 - F_1 \cdot d_1 + F_3 \cdot d_3 = 0$$

$$117,5 \text{ N} \cdot 0,22 \text{ m} - 156,8 \text{ N} \cdot 0,3 \text{ m} + F_3 \cdot 1,32 \text{ m} = 0$$

$$-F_3 = \frac{25,85 \text{ N.m} - 47,04 \text{ N.m}}{1,32 \text{ m}}$$

$$-F_3 = \frac{-21,19 \text{ N.m}}{1,32 \text{ m}}$$

$$F_3 = 16,05 \text{ N}$$

2.28 Análisis de elementos finitos de la presión aplicada al eje de soporte

Es primordial la elección correcta del material, los esfuerzos de operación., es necesario realizar una simulación, obtener el coeficiente de seguridad, el traslado del mismo y la tensión Von Mises, sobre el eje de soporte.

Se apreciará de mejor manera los resultados en los anexos 9 – 10.

2.28.1 Diagrama de Von Mises de la Presión aplicada al eje de soporte

La presión que soporta el eje de soporte principal es de 0,1265 MPa, esto implica que el esfuerzo que genera en esa sección no va a deformar al eje, se puede apreciar en la figura 30 lo mencionado.

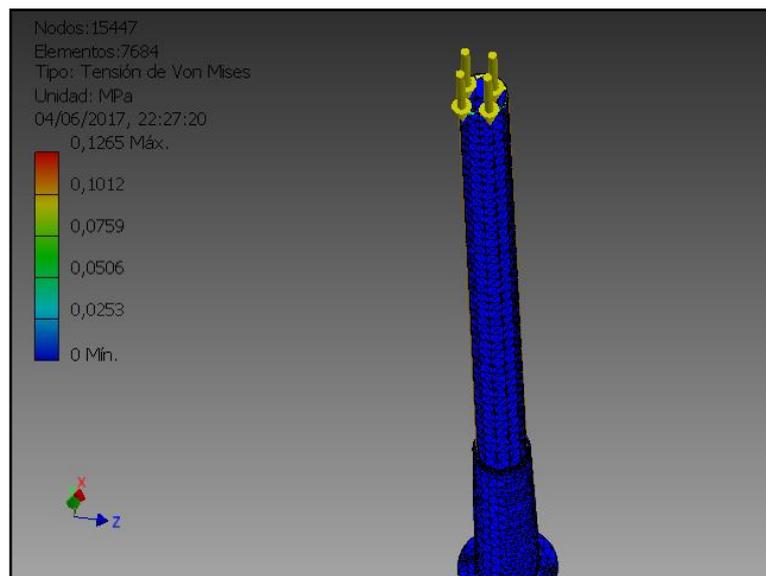


Figura 30. Diagrama de Von Mises de la presión aplicada al eje

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.28.2 Diagrama de desplazamiento de la presión aplicada al eje de soporte

El desplazamiento del eje de soporte de pedestal es de $8,476 \times 10^{-7}$ mm, esto implica que el esfuerzo que genera en esa sección no se va a desplazar de su posición original, se puede apreciar en la figura 31 lo mencionado.

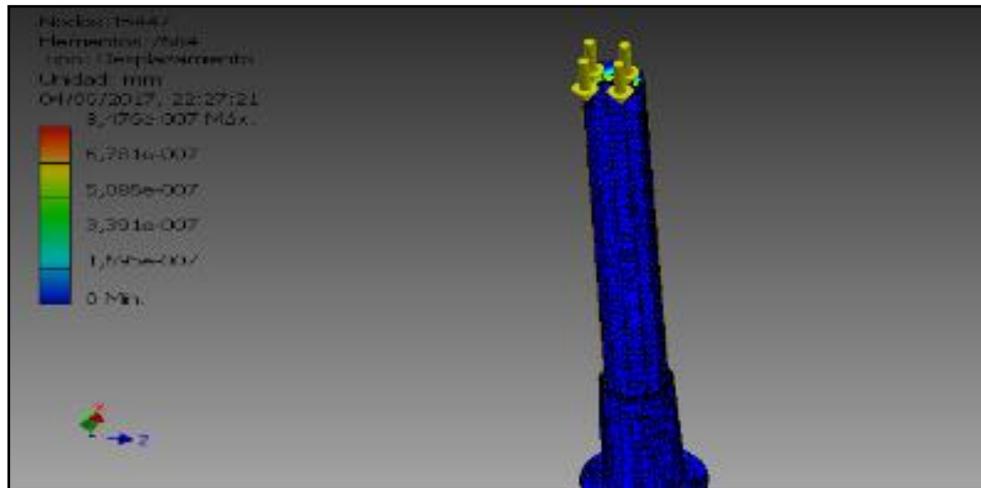


Figura 31. Diagrama de desplazamiento de la presión aplicada al eje

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.28.3 Diagrama de factor de seguridad de la presión aplicada al eje

El factor de seguridad es superior a 15, lo que implica que este material va a resistir las fluctuaciones de movimiento que va a generarse durante el proceso, se puede apreciar en la figura 32 lo mencionado.

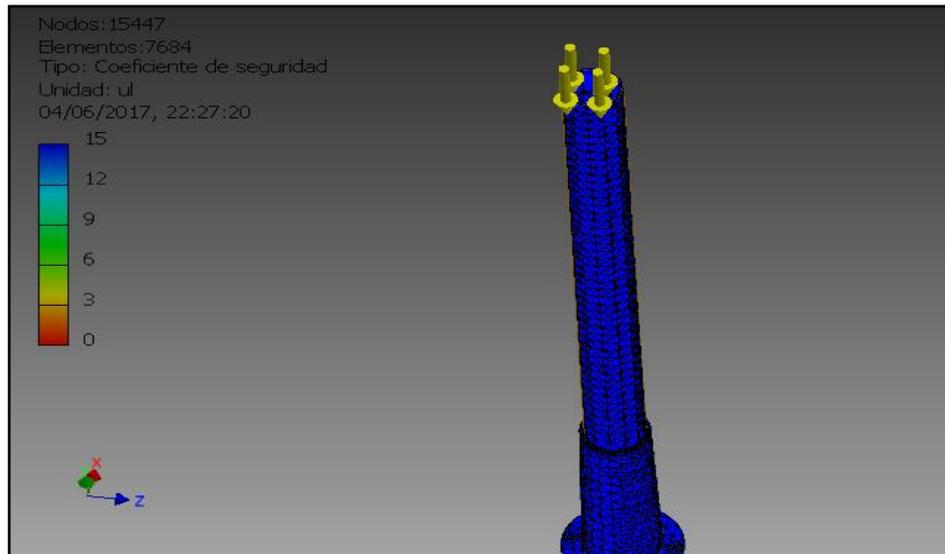


Figura 32. Diagrama de Factor de seguridad de la presión aplicada al eje

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.29 Cálculo de la presión que ejerce el peso del motor y poleas sobre el

eje

El eje que soporte al motor, poleas, correas tiene una geometría como se muestra en la figura 33, por lo que se va a originar una presión, la cual será calculada.

Descripción:

FT: peso Total (N)

P: presión (MPa)

A: área del contorno del tubo (m^2)

d1: diámetro interno del tubo (mm)

D1: diámetro externo (mm)

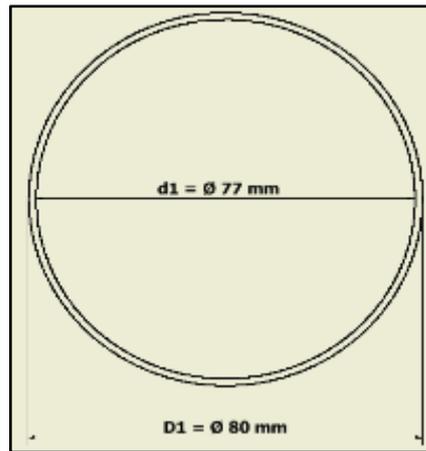


Figura 33. Presión que soporta el pedestal

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$F_T = F_1 + F_2 \quad [14, p. 89]$$

$$F_T = 156.8 \text{ N} + 117.5 \text{ N}$$

$$F_T = 274,3 \text{ N}$$

$$A = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \quad [12, p. 234]$$

$$A = \frac{\pi(0,08 \text{ m})^2 - \pi(0,077\text{m})^2}{4}$$

$$A = 0.0003699 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{274,3 \text{ N}}{0,0003699 \text{ m}^2}$$

$$P = 741.506,59 \text{ Pa}$$

$$P = 0,742 \text{ MPa}$$

2.30 Cálculo de la resistencia de pernos

Es la fuerza a la cual va a estar sometido los 4 pernos, se puede apreciar la resistencia ejercida en la figura 34.

Descripción:

Pernos: 4

F: fuerza (N)

A_5 : área de perno (m^2)

A_b : área de soporte (m^2)

M: momento (N.m)

σ_c : esfuerzo cortante (MPa)

σ_b : esfuerzo de aplastamiento (MPa)

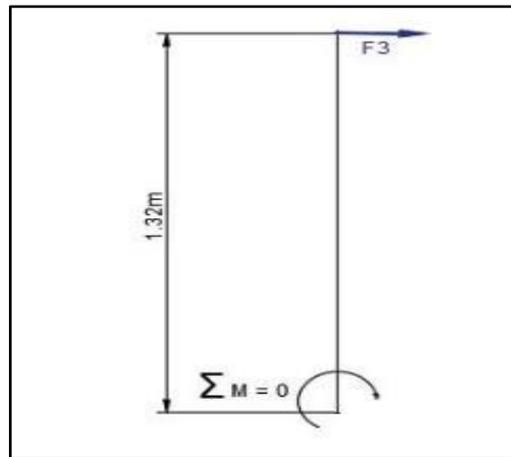


Figura 34. Resistencia de pernos

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$M = F_3 \cdot d_3$$

$$F_3 = 16,05 \text{ N}$$

$$d_3 = 1,32 \text{ m}$$

$$M = 21.186 \text{ N.m}$$

- Datos del perno

d: longitud de contacto con el perno (36 mm)

d_2 : longitud de contacto con el perno sin la tuerca de ajuste (25 mm)

\varnothing : diámetro del perno (10 mm)

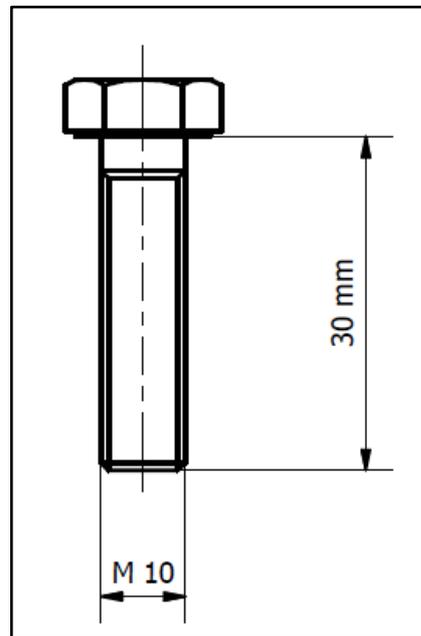


Figura 35. Perno M10

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

$$M = 4F \cdot d \quad [14, \text{p. 118}]$$

$$F = \frac{M}{4d} \quad [13, \text{p. 400}]$$

$$F = \frac{21,186 \text{ N.m}}{4(0,036 \text{ m})}$$

$$F = 147,125 \text{ N}$$

- Esfuerzo cortante

Es el esfuerzo que se produce en los 4 pernos y se obtiene una predicción segura en el material antes mencionado.

$$\sigma_c = \frac{F}{A_5} \quad [13, p. 399]$$

$$A_5 = \frac{\pi(D)^2}{4} \quad [12, p. 234]$$

$$A_5 = \frac{\pi(0,001 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_5 = 0,0785 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\sigma_c = \frac{147,125 \text{ N}}{0,0785 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_c = 1,87 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo de aplastamiento

Es la carga transmitida de los 4 pernos

$$A_b = d_2 * \emptyset \text{ perno} \quad [13, p. 400]$$

$$A_b = 0,025 \text{ m} \times 0,01 \text{ m}$$

$$A_b = 0,00025 \text{ m}^2$$

$$\sigma_b = \frac{F}{A_b} \quad [13, p. 399]$$

$$\sigma_b = \frac{147,125 \text{ N}}{0,00025 \text{ m}^2}$$

$$\sigma_b = 0,588 \text{ MPa}$$

$$S_y \text{Inox 304} = 241 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 1,87 \text{ MPa}$$

$$S_y > \sigma_c \text{ M\u00e1ximo}$$

Los pernos resisten los momentos generados por el peso del eje de pedestal.

2.31 An\u00e1lisis de elementos finitos de los pernos M10

Es primordial la elecci\u00f3n correcta del material y de la fuerza que ejercen los pernos, ya que es el encargado de soportar todos los esfuerzos de la estructura al momento de la operaci\u00f3n., Es necesario realizar una simulaci\u00f3n, obtener el coeficiente de seguridad, el traslado del eje y la tensi\u00f3n Von Mises.

Se apreciar\u00e1 de mejor manera los resultados en los anexos 11 - 12.

2.31.1 Diagrama de Von Mises de los 4 pernos M10

El esfuerzo mayor que soporta los pernos M10 es de 0,5854 MPa, esto significa que los pernos resisten el momento generado por toda la estructura de la m\u00e1quina, se puede apreciar en la figura 36 lo mencionado.

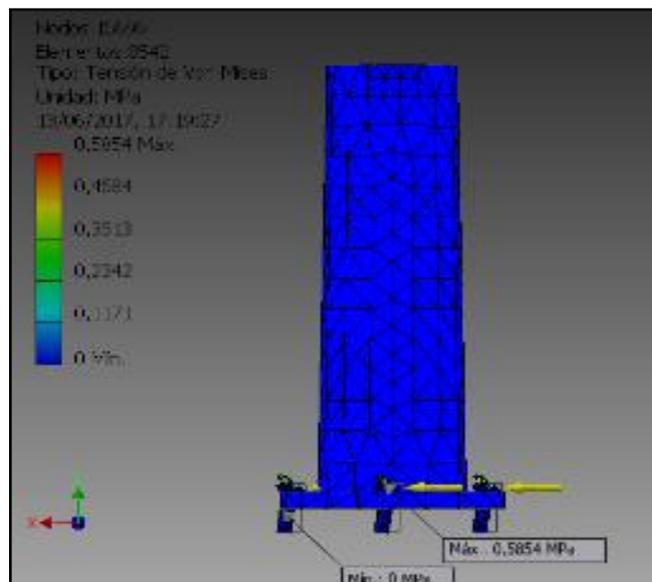


Figura 36. Diagrama de Von Mises de los 4 pernos M10

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.31.2 Diagrama de Desplazamiento de los 4 pernos M10

El desplazamiento de los pernos M10 es de $2,455 \times 10^{-5}$ mm, en donde se mantiene estático ya que sus valores son mínimos y no tiende a deformarse, se puede apreciar en la figura 37 lo mencionado.

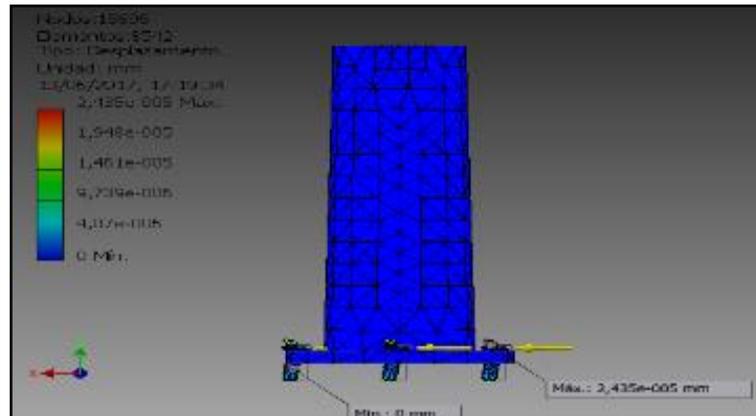


Figura 37. Diagrama de Desplazamiento de los 4 pernos M10

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

2.31.3 Diagrama de factor de seguridad de los 4 pernos M10

El factor de seguridad es superior a 15, esto implica que los pernos van a resistir las fuerzas axiales que genera la estructura sin sufrir deformación alguna, se puede apreciar en la figura 38 lo mencionado.

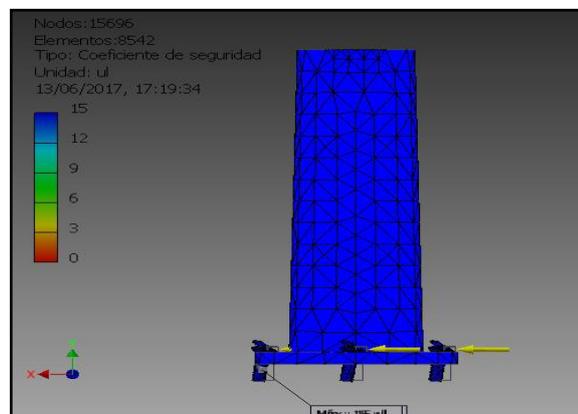


Figura 38. Diagrama de factor de seguridad de los 4 pernos M10

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

CAPÍTULO III

VERIFICACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Con el estudio del análisis del sistema de medición por atributos se observará cada una de las placas de material A-36 con 20 mm de espesor, se verificará la perforación dividiendo el material aprobado con el material rechazado, esto se lo realiza por medio de 3 inspectores los cuales analizarán el producto y según su criterio aceptan o rechazan dicho producto, el segundo paso es estimar la distribución de datos de donde el valor 1 es de acuerdo y el valor 0 es desacuerdo.

El objetivo de este estudio es unificar criterios entre las personas que operan la máquina y liberan el producto.

Instrucciones para el llenado de la tabla 12 - 13:

- a). Si la muestra inspeccionada pasa, es decir está de acuerdo es "1"
- b). Si la muestra inspeccionada no pasa, es decir está en desacuerdo es "0".

Indicador Kappa nos indica el grado de acuerdo o desacuerdo de los inspectores

Regla general del indicador kappa:

$kappa = 0.75$ o superior indica un buen o excelente acuerdo en la comparación.

$kappa \leq 0.40$ indica un pobre acuerdo del sistema de comparación.

Tabla 12. MSA por atributos

MSA POR ATRIBUTOS												
Número de Parte 1			Nombre de Inspección VISUAL				Fecha 3/7/2017			Inspector A Jaime Vela		
Nombre de la Parte Placa base			Número de Dispositivo Criterios de Inspección				Tipo de Método Visual			Inspector B Galo Duque		
Característica Criterios de apariencia superficial plana			Límite Superior de esp. N/A				Límite Inferior de Esp. N/A			Inspector C Operador		
TABLA DE DATOS												
PARTE	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	Referencia	Valor Referencial	Código
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		-
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		-
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		-
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+

Nota: Detalle MSA por atributos. **Elaborado por:** [16, p. 134]

Tabla 13. Análisis de riesgo MSA

Análisis de Riesgo

A * B Crosstabulation

		B		Total	
		0	1		
A	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
1	Conteo	0	141	141	
	Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0	
Total	Conteo	9	141	150	
	Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0	

B * C Crosstabulation

		C		Total	
		0	1		
B	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
1	Conteo	0	141	141	
	Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0	
Total	Conteo	9	141	150	
	Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0	

A * C Crosstabulation

		C		Total	
		0	1		
A	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
1	Conteo	0	141	141	
	Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0	
Total	Conteo	9	141	150	
	Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0	

Kappa	A	B	C
A	-	1,00	1,00
B	1,00	-	1,00
C	1,00	1,00	-

CONCLUSION	
A x B	Good Agreement
A x C	Good Agreement
B x C	Good Agreement

Aprobado por  Fecha 3 julio 2017

Nota: Detalle MSA por atributos. **Elaborado por:** [16, p. 134]

3.1 Tabla MSA

El estudio que será presentado a continuación se lo realizará para validar el sistema de medición mediante el instrumento calibrador pie de rey, este análisis consiste en tomar diez placas base perforada y considerar tres personas involucradas en el proceso de taladrado, se apreciará en la tabla 14.

La idea es conseguir reproducibilidad con tres operadores y repetitividad con una persona que realice treinta mediciones.

Tabla 14. Tabla del MSA

		Fecha: 10-jul-17											
Número del Instrumento:	Calibrador	Num. Parte:		1									
Fecha de certificación:	20-jun-17	Nombre de la parte:		Placa perforada									
Fecha de Prox. Certificación:	20-jul-17	Característica Medida:		Diámetro									
Operadores:	A	Jaime Vela			B	Galo Duque			C	Operador			
No Operadores:	3	Ancho de Tolerancia:		1									
Número de medidas:	3	Número de Partes a medir:		10									
Operador	Número de Medidas	Partes										Promedio	
Jaime Vela	1	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,06	18,04	18,12	18,10	18,04	18,072	
	2	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,06	18,04	18,12	18,09	18,04	18,071	
	3	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,06	18,04	18,10	18,09	18,04	18,069	
	Promedio	18,110	18,090	18,070	18,060	18,030	18,060	18,040	18,113	18,093	18,040	X-bar 18,071	
	Rango	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,000	R-bar 0,003	
Operador	Número de Medidas	Partes										Promedio	
Galo Duque	1	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,06	18,04	18,12	18,09	18,04	18,071	
	2	18,11	18,09	18,05	18,03	18,03	18,06	18,04	18,11	18,09	18,04	18,065	
	3	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,02	18,04	18,12	18,09	18,04	18,067	
	Promedio	18,110	18,090	18,063	18,050	18,030	18,047	18,040	18,117	18,090	18,040	X-bar 18,0677	
	Rango	0,000	0,000	0,020	0,030	0,000	0,040	0,000	0,010	0,000	0,000	R-bar 0,010	
Operador	Número de Medidas	Partes										Promedio	
Operador	1	18,10	18,09	18,07	18,06	18,03	18,03	18,04	18,12	18,09	18,08	18,071	
	2	18,11	18,09	18,07	18,05	18,05	18,06	18,05	18,09	18,09	18,04	18,070	
	3	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,06	18,04	18,12	18,09	18,04	18,071	
	Promedio	18,107	18,090	18,070	18,057	18,037	18,050	18,043	18,110	18,090	18,053	X-bar 18,071	
	Rango	0,010	0,000	0,000	0,010	0,020	0,030	0,010	0,030	0,000	0,040	R-bar 0,015	
Promedio Partes	18,109	18,090	18,068	18,056	18,032	18,052	18,041	18,113	18,091	18,044	Rp 0,081		
Variación del Equipo:	0,0285			R & R	0,03				%VE	21,2%	R-Bar 0,0093		
Variación del Operador:	0,0062			Part Var:	0,13				%VO	4,6%	X-Dif 0,0030		
σ repetitividad (VE)	0,00553			Total Var:	0,13				%GRR	21,6%	UCLr 0,024		
σ reproducibilidad (VO)	0,0012			σ R&R (GRR)	0,01				%VP	97,6%	LCLr 0,000		
				σ TV (VT)	0,03						Max Rango 0,040		
				Criterio <	30%						Estable? No		
									Pasa/Falla	Aceptable			
									ndc =	6	Aceptable		

Nota: Detalle MSA. Elaborado por: [16, p. 118]

3.2 Promedio de piezas

Con esta tabla se puede verificar los valores de los promedios de las piezas:

Tabla 15. Promedio de las piezas analizadas

Partes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operador A	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,06	18,04	18,11	18,09	18,04
Operador B	18,11	18,09	18,06	18,05	18,03	18,05	18,04	18,12	18,09	18,04
Operador C	18,11	18,09	18,07	18,06	18,04	18,05	18,04	18,11	18,09	18,05

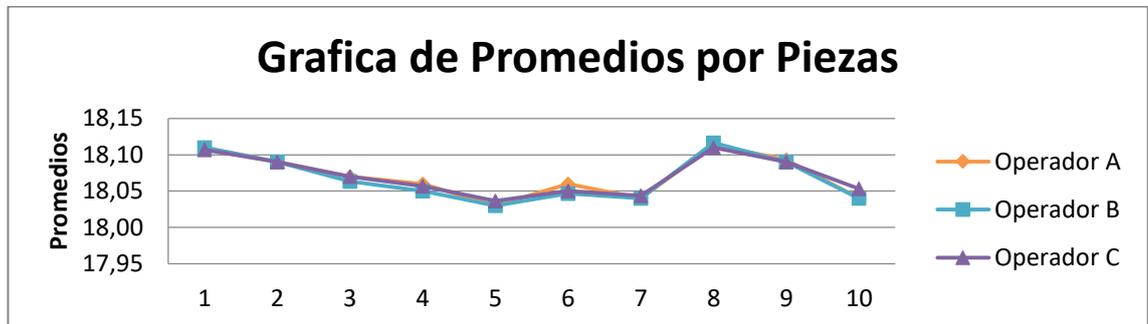
Nota: Promedio de piezas analizadas. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

3.3 Gráfica de promedios de medición de diámetros

Se puede observar que el operador C no tiene definido la metodología al momento de realizar las mediciones.

Se puede apreciar en la tabla 16 en el punto 1, 8 y 10, este operador no se pone de acuerdo en las mediciones obtenidas por el operador A y B, los mismos que si tienen el mismo dominio con el instrumento y la metodología al momento de medir.

Tabla 16. Promedio de piezas por operador



Nota: Promedio de piezas. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

3.4 Control de calidad promedios y rangos

Se analizó por medio de pesos, cuál será el ideal para perforar la placa de acero A-36 de 20mm de espesor, por medio de la broca guía de 1/4, y broca de 1/8 los criterios podemos observar en la tabla 17.

Tabla 17. Valoración de calidad

Tabla de validación de calidad	
#	Criterio
1	Fuera del límite especificación
2	Especificación en el límite
3	Especificación dentro de los límites de especificación
4	Especificación en el límite de control
5	Especificación dentro de los límite de control de acabado correcto
6	Acabado bueno
7	Acabo aceptable
8	Acabado pobre
9	Pésimo acabado

Nota: Valoración de piezas. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

3.5 Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4" y peso de 2 kgf

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 2 kgf con una broca guía de 1/4, no se cumple la especificación en la longitud, es una perforación pasante pero con la fuerza de 2 kgf no se obtiene el resultado esperado.

Aplicando la fuerza de 2 kgf no se puede realizar este proceso, los detalles se encontrarán en el anexo 13.

3.6 Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4" y peso de 3 kgf

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 3 kgf, con una broca guía de 1/4, no completa su recorrido total, también se puede observar el acabado de la pieza hasta donde ingresa el recorrido.

Aplicando la fuerza de 3 kgf no se puede realizar este proceso, los detalles se encontrarán en el anexo 14.

3.7 Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4" y peso de 4 kgf

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 4 kgf, el acabado de la placa es aceptable y está dentro de los límites de control según la tabla de valoración.

Los límites de control que se ejecutan, están dentro de los rangos permisibles para esta operación.

Es óptimo utilizar la fuerza de 4 kgf para realizar esta operación, los detalles se encontrarán en el anexo 15.

3.8 Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4" y peso de 5 kgf

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 5 kgf, el acabado de la placa no es aceptable según la tabla de valoración. Se observan rebabas y mala conformación.

No es recomendable utilizar esta fuerza para el proceso, se observa que la velocidad en el recorrido se incrementa y no se obtiene una perforación aceptable, los detalles se encontrarán en el anexo 16.

3.9 Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de 2 kgf

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 2 kgf, el acabado de la placa no es aceptable según la tabla de valoración. Se observan rebabas y mala conformación.

Aplicando la fuerza de 2 kgf no se puede realizar este proceso, los detalles se encontrarán en el anexo 17.

3.10 Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de 3 kgf

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 3 kgf, el acabado de la placa no es aceptable según la tabla de valoración. Se observan rebabas y mala conformación.

Aplicando la fuerza de 3 kgf no se puede realizar este proceso, los detalles se encontrarán en el anexo 18.

3.11 Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de 4 kgf

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 4kgf, el acabado de la placa es aceptable y está dentro de los límites de control según la tabla de valoración.

Los límites de control que se ejecutan, están dentro de los rangos permisibles para esta operación.

Es óptimo utilizar la fuerza de 4 kgf para realizar esta operación, los detalles se encontrarán en el anexo 19.

3.12 Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de 5 kgf

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 5 kgf, el acabado de la placa no es aceptable por lo que no está dentro de los límites de control según la tabla de valoración, se observan rebabas y mala conformación.

Los límites de control que se ejecutan están con la fuerza aplicada, se encuentran fuera de los límites de control requeridos para esta operación.

No se puede utilizar esta fuerza para ejecutar esta operación, los detalles se encontrarán en el anexo 20.

3.13 Control estadístico de fuerza 4 kgf y broca de 18 mm de diámetro

Se observa que aplicando la fuerza de 4 kgf la especificación del diámetro está en control estadístico y el resultado de capacidad del proceso (cpk) está sobre 1,33.

Podemos asegurar que aplicando la fuerza indicada podemos obtener resultados correctos en cuanto a la especificación.

Los detalles se encontrarán en el anexo 21.

3.14 Análisis de tiempos y movimientos en una persona zurda

Se realizará un análisis para poder determinar el tipo de trabajo que está realizando el operario, en qué tiempos está efectuando el proceso y así saber si es o no conveniente trabajar con una persona zurda en el taladro para zurdos.

3.14.1 Persona zurda trabajando en taladro de pedestal para diestro

Se observa los tiempos y la producción de una persona zurda operando un taladro de pedestal para diestros, en una pequeña industria el operador perfora con una broca guía de $\frac{1}{4}$ de diámetro, haciendo 250 perforaciones en una placa A-36 de 20 mm de espesor en 8 horas, es decir un día laborable.

Al siguiente día el mismo operador perforará con una broca de 18 mm la misma placa A-36 de 20 mm de espesor, produciendo 229 perforaciones en 8 horas.

Los detalles se encontrarán en el anexo 22.

3.14.2 Persona zurda trabajando en taladro de pedestal para zurdos

Se observa los tiempos y la producción de una persona zurda operando un taladro de pedestal diseñado para zurdos, en una pequeña industria el operador perfora con una broca guía de $\frac{1}{4}$ de diámetro, haciendo 363 perforaciones en una placa A-36 de 20 mm de espesor en 8 horas, es decir un día laborable.

Al siguiente día el mismo operador perfora con una broca de 18mm la misma placa A-36 de 20 mm de espesor, produciendo 357 perforaciones en 8 horas.

Los detalles se encontrarán en el anexo 23.

Estadísticamente con el spc se comprobó una mejora del 36%, donde la persona zurda al operar el taladro de pedestal diseñado tiene mayor productividad, cuida su ergonomía y seguridad industrial.

Es factible el estudio realizado a dichas personas antes mencionadas, se puede comprobar dicho análisis en los anexos 22 -23.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1 Costos de fabricación del taladro de pedestal para personas zurdas

Se detallará los valores concernientes a los gastos que se originaron de la siguiente manera: análisis de costos directos, indirectos, materia prima, insumos, diseño, adicionales y mano de obra.

Estos valores implican la construcción del taladro de pedestal acoplado a personas zurdas.

4.2 Costos directos

Son los materiales con los cuales se fabricará la máquina, es decir la materia prima, los insumos del mismo y la mano de obra.

4.2.1 Materia prima

Son todos los materiales adquiridos por medio de los valores calculados, los cuales dieron resultados sobre dimensionados, tales como el acero inoxidable 304, ASTM A36 , ASSAB 705 y otros elementos fundamentales al momento del ensamble, estos serán maquinados para llegar a piezas deseadas.

Se puede apreciar la materia prima que se utilizó en la fabricación del taladro de pedestal para zurdos en la tabla 12.

Tabla 18. Costos de materiales del taladro de pedestal para personas zurdas

COSTO DE MATERIALES				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNIT.	COSTO
1	Base	1	\$ 30,00	\$ 30,00
2	Soporte principal	1	\$ 35,00	\$ 35,00
3	Base metálica o mesa	1	\$ 25,00	\$ 25,00
4	Brazo de sujeción	1	\$ 20,00	\$ 20,00
5	Base porta eje	1	\$ 20,00	\$ 20,00
6	Plancha de acero A-36 200 x 150 x 3	1	\$ 5,00	\$ 5,00
7	Plancha de Tol A-36 500 x 500 x 0,9	1	\$ 4,00	\$ 4,00
8	Eje ASTM A36 Ø 1/2" X 600 mm	1	\$ 5,00	\$ 5,00
9	Eje ASTM A36 Ø 3/4" X 600 mm	1	\$ 8,00	\$ 8,00
10	Eje ASTM A36 Ø 1" X 600 mm	1	\$ 12,00	\$ 12,00
			TOTAL	\$ 164,00

Nota: Materia prima y costos del taladro para zurdos. **Elaborado por:** Duque, Vela

(2017)

4.2.2 Insumos

Son los materiales, accesorios y elementos normalizados en el mercado como lo son poleas, bandas, mandril, resorte (cimbra), los mismos que sirvieron al momento de ensamblar el taladro de pedestal.

Se puede apreciar los insumos que se utilizó en la fabricación del taladro de pedestal para zurdos en la tabla 12.

Tabla 19. Detalle de los insumos en el taladro de pedestal para personas zurdas

INSUMOS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNIT.	COSTO
1	Resorte a compresión (cimbra)	1	\$ 10,00	\$ 10,00
2	Poleas	3	\$ 21,00	\$ 63,00
3	Bandas tipo v 22",27"	2	\$ 4,00	\$ 8,00
4	Motor 1 HP	1	\$ 60,00	\$ 60,00
5	Enchufe	1	\$ 2,00	\$ 2,00
6	Cable # 14 , 1 metros	1	\$ 0,80	\$ 0,80
7	Mandril	1	\$ 20,52	\$ 20,52
8	Perno M8 x 20 x 1,5	4	\$ 0,14	\$ 0,56
9	Arandela M8	4	\$ 0,05	\$ 0,20
10	Tuerca M8	4	\$ 0,10	\$ 0,40
11	Perno M10 x 30 x 1,5	4	\$ 0,20	\$ 0,80
12	Arandela plana M10	4	\$ 0,06	\$ 0,24
13	Arandela de presión M10	4	\$ 0,06	\$ 0,24
14	Prisioneros de 1/4 x	5	\$ 0,10	\$ 0,50
15	Pernos hex. 1/4 x 1"	2	\$ 0,15	\$ 0,30
16	Tuerca 1"	1	\$ 0,50	\$ 0,50
17	Tubo acero inox.304 Ø80mmx 1100 mm	1	\$ 25,00	\$ 25,00
18	Eje porta brocas y piñón	1	\$ 40,00	\$ 40,00
19	Botonera de accionamiento	1	\$ 5,00	\$ 5,00
20	Cable sucre 3 x 14, 0,5 metros	1	\$ 1,00	\$ 1,00
			TOTAL	\$ 239,06

Nota: Insumos del taladro de pedestal. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

4.2.3 Mano de obra

Es el gasto que se genera al momento de ensamblar los elemento que componen el taladro de pedestal.

Tabla 20. Detalle de los procesos del taladro de pedestal para personas zurdas

MANO DE OBRA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO	VALOR / H	TIEMPO/ H	COSTO
1	Base	Fresado	\$ 12,00	1	\$ 12,00
		Taladrado / Machueado	\$ 8,00	0,5	\$ 4,00
2	Soporte principal	Torneado	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
		Taladrado / Machueado	\$ 8,00	0,5	\$ 4,00
3	Base metálica o mesa	Torneado	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
		Fresado	\$ 12,00	1	\$ 12,00
		Taladrado / Machueado	\$ 8,00	0,5	\$ 4,00
4	Brazo de sujeción	Torneado	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
		Taladrado / Machueado	\$ 8,00	0,5	\$ 4,00
5	Base porta eje	Torneado	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
		Taladrado / Machueado	\$ 8,00	0,5	\$ 4,00
6	Tope de cremallera	Torneado	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
		Taladrado / Machueado	\$ 8,00	0,3	\$ 2,40
7	Caja de mando	Torneado	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
		Taladrado / Machueado	\$ 8,00	0,5	\$ 4,00
8	Seguro superior	Torneado	\$ 10,00	1	\$ 10,00
9	Eje de ajuste	Torneado	\$ 10,00	1,5	\$ 15,00
10	Placa soporte	Taladrado	\$ 8,00	0,2	\$ 1,60
11	Eje roscado palanca	Torneado	\$ 10,00	2	\$ 20,00
12	Manivelas	Torneado	\$ 10,00	2	\$ 20,00
13	Eje cónico	Torneado	\$ 10,00	1	\$ 10,00
14	Anillo de base / mesa	Torneado	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
15	Eje de transmisión	Torneado	\$ 10,00	0,5	\$ 5,00
16	Tapa superior, inferior	Corte	\$ 8,00	0,3	\$ 2,40
		Doblado	\$ 8,00	0,5	\$ 4,00
		Soldadura SMAW	\$ 12,00	0,3	\$ 3,60
17	Ensamble	Esmerilado	\$ 5,00	0,3	\$ 1,50
		pintura	\$ 10,00	2	\$ 20,00
TOTAL					\$ 198,50

Nota: Mano de obra del taladro para personas zurdas. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

4.3 Costos indirectos

Son los materiales erróneos escogidos al momento de fabricar varios de nuestros elementos mecánicos al momento de seleccionar el tipo de materiales y se dividen en dos tipos.

4.3.1 Diseño

Es aquel valor que se origina al momento de la investigación, cálculos desarrollados elaboración de planos es decir equivale un 30 % de los costos directos.

4.3.2 Adicionales

Son valores que se generan por transporte o cualquier otro aspecto eventual en el proceso de la fabricación de algún elemento o pieza es decir equivale a un 10 % de los costos directos.

Tabla 21. Costo total del taladro de pedestal para personas zurdas

COSTOS DIRECTOS	
ESPECIFICACIÓN	COSTO
Materiales	\$ 164,00
Accesorios	\$ 239,06
Costo operario	\$ 198,50
	TOTAL
	\$ 601,56
COSTOS INDIRECTOS	
Costos agregados	\$ 60,15
Costo de proyecto	\$ 180,46
Costo total de la máquina	\$ 842.17

Nota: Detalle total de costos del taladro de pedestal. **Elaborado por:** Duque, Vela (2017)

CONCLUSIONES

- Los posicionamientos y las angulaciones frente al taladro de pedestal para zurdos, han sido diseñados bajo criterios de ergonomía, por lo que se pudo observar que las posturas correctas del tronco varían de 0° a 20° , de la cabeza y cuello teniendo en cuenta el ángulo de visión son de 0° a -40° y la del brazo en flexión y aducción es de 20° a 60° .
- Se demostró que por medio de la simulación en inventor y cálculos, los materiales seleccionados en el inserto de polea, eje principal y pernos de sujeción son los adecuados, ya que sus factores de seguridad son 1.7 la mínima y 4.6 la máxima.
- En el análisis estadístico, tiempos y movimientos se demostró que un operador zurdo presenta mayor habilidad al operar el taladro diseñado, por lo que inicialmente en un día se conseguía fabricar alrededor de 229 piezas y ahora el proceso siendo más eficiente se pudo alcanzar una producción de 357 piezas utilizando una broca de 18 mm.
- Se evidencio que la persona zurda tiene más destreza al momento de operar el taladro diseñado, frente a una máquina convencional con un porcentaje del 36%.

RECOMENDACIONES

- Antes de iniciar la construcción de un taladro de pedestal para zurdos se debe conocer los posicionamientos ergonómicos tronco, brazo, hombro, cabeza, cuello, antebrazo, mano y muñeca para evitar lesiones tales como lumbalgia, lumbociatalgía, hernia distal, nervio carpiano y escoliosis en el operador.
- En diseño se debe tener claro qué tipo de materiales va a perforar, para definir la potencia del motor acorde a su trabajo.
- Se recomienda dictar charlas de seguridad industrial y ergonomía para conocer como relajar los músculos y disminuir la tensión del cuerpo humano.
- Se debe adaptar un protector para taladros de lateralidad zurda y así prevenir de viruta al operador con el proceso de taladrado.
- Tener un taladro de pedestal para zurdos en los talleres metal mecánicos para aumentar la producción de piezas en el caso que el operador sea zurdo.
- Realizar pausas activas y cinco minutos de seguridad dentro de los tiempos suplementarios de cada proceso y así estas actividades serán parte del trabajo a realizar en cada jornada.

LISTA DE REFERENCIAS

- [1] «Definición ABC,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.definicionabc.com/ciencia/macromolecula.php>. [Último acceso: 10 Marzo 2017].
- [2] S. F. Krar, A. R. Gill y P. Smid, Tecnología de las Máquinas Herramientas, Mexico: Algaomega Grupo Editor, 2009.
- [3] J. Estrada Muñoz, Ergonomía Básica, Bogotá: Adriana Gutiérrez M., 2015.
- [4] J. A. Cruz G. y A. Garnica G., Ergonomía aplicada, Bogotá: María del Pilar Osorio, 2010.
- [5] J. M. Córtes Díaz, Seguridad e Higiene del Trabajo, Madrid: Rebeca Irazábal, 2012.
- [6] S. M. Gámez, Fabricación por arranque de viruta, Primera ed., Madrid: PARANINFO, 2012.
- [7] B. -. MASTER, «CELESA,» [En línea]. Available: celesa@bluemaster.es. [Último acceso: 20 Enero 2017].
- [8] J. R. Vilorio, PRONTUARIO de MECÁNICA INDUSTRIAL APLICADA, Madrid: PARANINFO, 2002.
- [9] «SANDVIK,» [En línea]. Available: http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/materials/workpiece_materials/the_specific_cutting_force. [Último acceso: 12 07 2017].
- [10] W. BARTSCH, HERRAMIENTAS MÁQUINAS TRABAJO, Reverté, 1973.
- [11] WEG, «Motor eléctrico trifásico,» Abril 2014. [En línea]. Available: <http://ecatalog.weg.net>. [Último acceso: 19 Enero 2017].
- [12] R. L. Mott, DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS, Cuarta ed., PEARSON EDUCACIÓN, 2006.
- [13] R. Budynas y J. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Novena ed., México: McGraw-Hill, 2008.
- [14] R. C. HIBBELER, ESTÁTICA, DÉCIMO SEGUNDA ed., PEARSON EDUCACIÓN, 2010.

- [15] K. Gieck y R. Gieck, MANUAL de FÓRMULAS TÉCNICAS, 31 ed., Alfaomega, 2007.
- [16] Chrysler Corporation, Ford Motor Company y General Motors , MANUAL MSA, Cuarta ed., 2010.
- [17] Blue-Master, *Catálogo Blue-master by celesa*, España, 2012.
- [18] I. BOHMAN, CATÁLOGO DE PRODUCTOS, tercera ed.
- [19] INDIMA, «Certificado de inspección y control de calidad».
- [20] Chrysler Corporation, Ford Motor Company y Gneral Motors, Manual SPC, Segunda ed., 2005.
- [21] F. A. Durán, Ingeniería de métodos, Guayaquil, 2007.
- [22] L. A. Nicolas, Maquinas Prontuario Tecnicas Maquinas Herramientas, Madrid: PARANINFO, S.A., 1990.

ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones de las brocas

538

BLUE-MASTER

Información Técnica

BROCAS CON PUNTA DE METAL DURO PARA METALES GUÍA DE VELOCIDADES Y AVANCES

MATERIAL	DIÁMETRO en mm									LUBRIFICANTE	
	2	5	8	10	13	15	20	25	30		
ACERO <100 Kg/mm ²	30 4800 0,02	32 2030 0,03	34 1350 0,04	36 1150 0,04	36 880 0,04	38 805 0,05	41 655 0,05	43 550 0,05	45 480 0,08	A B C	SECO O EMULSIÓN
ACERO <140 Kg/mm ²	18 2900 0,02	20 1275 0,02	22 880 0,03	25 800 0,03	25 615 0,03	25 530 0,03	25 400 0,04	25 320 0,05	25 265 0,05	A B C	SECO O EMULSIÓN
ACERO HTAS 180 - 200 Kg/mm ²	8 1280 0,01	8 510 0,02	10 400 0,02	10 320 0,03	10 245 0,03	11 235 0,03	12 190 0,04	13 165 0,04	14 148 0,04	A B C	SECO O EMULSIÓN
ACERO FUNDIDO 50 - 70 Kg/mm ²	30 4800 0,03	35 2230 0,04	35 1400 0,04	40 1280 0,04	40 970 0,04	40 850 0,04	40 620 0,06	40 510 0,07	40 425 0,08	A B C	SECO O EMULSIÓN
ACERO AL MANGANESO 14% Mn	12 1900 0,01	12 765 0,02	13 520 0,02	15 480 0,02	15 370 0,02	16 340 0,02	18 290 0,03	22 280 0,03	25 265 0,03	A B C	SECO AIRE COMPRIMIDO O EMULSIÓN
FUNDICIÓN 200 Bn	40 6300 0,03	50 3200 0,04	60 2380 0,04	60 1910 0,05	60 1470 0,08	65 1380 0,08	75 1190 0,12	75 955 0,15	80 850 0,18	A B C	SECO
FUNDICIÓN 400 Bn	28 4500 0,02	30 1910 0,03	30 1180 0,03	33 1050 0,04	35 860 0,04	35 745 0,04	38 600 0,06	39 495 0,08	40 425 0,1	A B C	SECO
BRONCE LATÓN	64 10000 0,04	100 6400 0,05	100 4000 0,05	100 3200 0,07	100 2450 0,07	100 2120 0,07	110 1750 0,09	120 1530 0,12	120 1270 0,14	A B C	SECO
PHOSPHORUS BRONCE	40 6400 0,03	50 3200 0,04	70 2780 0,05	80 2550 0,06	80 1960 0,06	80 1700 0,06	85 1350 0,07	85 1080 0,09	85 900 0,12	A B C	SECO
ALUMINIO	64 10000 0,06	100 6400 0,016	100 4000 0,025	100 3200 0,25	125 3100 0,30	125 2650 0,30	125 2000 0,40	125 1800 0,50	130 1400 0,50	A B C	SECO
GOMA DURA	16 2550 0,04	18 1150 0,05	20 800 0,05	21 670 0,06	22 540 0,06	23 490 0,06	24 380 0,06	25 320 0,07	25 265 0,07	A B C	SECO
PAPEL DURO	40 6400 0,06	65 4100 0,08	95 3800 0,08	120 3800 0,12	125 3100 0,13	125 2650 0,13	130 2070 0,15	130 1650 0,18	140 1500 0,20	A B C	SECO
PORCELANA	5 800 0,006	6 380 0,01	7 280 0,01	7 225 0,01	8 195 0,01	8 170 0,01	9 145 0,01	10 125 0,01	11 117 0,01	A B C	SECO
VIDRIO	9 1400	9 575	10 400	10 320	10 245 MANUAL	10 210	11 175	11 140	12 130	A B C	AGUA O PETRÓLEO

A = VELOCIDAD CORTE
B = R.P.M.
C = AVANCE en mm/vuelta

Cuando se refrigera es importante que el fluido sea constante y abundante.

Fuente: [17, p. 538]

Anexo 2. Detalles del motor

W22 - IE2 High Efficiency - 60 Hz

Potencia kW	HP	Carcasa	Par nominal (kgm)	Corriente con rotor trabado ll/m	Par con rotor trabado N/m	Par máximo N/m	Momentos de inercia J (kgm ²)	Tiempo mínimo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	200V				Corriente nominal in (A)								
								Caliente	Frio			RPM		Rendimiento			% de la potencia nominal							
													50	75	100	50	75	100						
IV Poles													37	81	6,2	48	1715	35,0	60,0	64,0	0,44	0,55	0,64	0,769
0,12	0,16	63	0,068	4,6	2,5	3,1	0,0004	37	81	6,2	48	1715	35,0	60,0	64,0	0,44	0,55	0,64	0,769					
0,18	0,25	63	0,103	4,7	2,4	2,9	0,0006	30	66	6,6	48	1705	37,0	68,0	70,0	0,47	0,59	0,69	0,88					
0,25	0,33	63	0,143	5,0	2,6	3	0,0007	25	55	8,2	48	1705	37,0	68,0	70,0	0,47	0,59	0,69	1,36					
0,37	0,5	71	0,215	4,6	2,4	2,5	0,0007	35	77	8,0	47	1690	38,0	71,0	72,0	0,50	0,63	0,72	1,87					
0,55	0,75	71	0,319	5,1	2,9	2,9	0,0008	31	68	11,5	47	1690	38,0	71,0	72,0	0,50	0,63	0,72	2,66					
0,75	1	80	0,425	7,3	2,8	3	0,0029	16	35	13,5	48	1720	39,0	73,0	75,5	0,50	0,63	0,72	2,98					
1,1	1,5	90S	0,612	7,5	2,2	3	0,0049	16	35	18,5	51	1750	41,0	83,5	84,0	0,57	0,70	0,78	4,40					
1,5	2	90S	0,835	7,1	2,2	3	0,0049	11	24	18,5	51	1750	41,0	83,5	84,2	0,57	0,70	0,78	6,00					
2,2	3	100L	1,22	7,4	2,8	3,1	0,0077	11	24	25,0	51	1750	41,0	86,5	87,5	0,61	0,74	0,81	8,14					
3	4	100L	1,70	6,7	2,8	3	0,0086	15	35	33,0	54	1720	46,4	87,2	87,5	0,61	0,74	0,81	11,1					
3,7	5	100L	2,08	8,0	3	3,6	0,0104	11	24	34,0	54	1735	46,4	87,2	88,0	0,59	0,72	0,80	13,8					
4,5	6	112M	2,52	6,2	2,1	2,8	0,0155	19	42	42,0	58	1740	58,0	88,5	88,5	0,62	0,74	0,81	16,5					
5,5	7,5	112M	3,68	6,3	2,1	2,7	0,0180	15	33	44,0	58	1740	58,0	88,5	89,1	0,59	0,72	0,79	20,4					
7,5	10	132S	4,45	7,9	2	3,2	0,0469	12	26	68,0	58	1760	60,0	90,8	91,0	0,66	0,78	0,84	25,8					
9,2	12,5	132M	5,09	8,0	2	3,1	0,0601	9	20	75,0	59	1760	60,0	90,8	91,0	0,67	0,79	0,84	31,6					
11	15	132M4	6,09	8,2	2,1	3,2	0,0638	8	18	80,0	58	1760	60,0	91,2	91,7	0,67	0,79	0,85	37,0					
15	20	160M	8,23	7,1	2,7	3	0,1188	11	24	120	64	1775	61,0	92,4	92,4	0,64	0,75	0,81	52,6					
18,5	25	160M	10,2	7,6	2,7	3	0,1307	10	22	135	64	1775	61,0	92,8	92,8	0,64	0,75	0,81	64,6					
22	30	180M	12,1	6,8	2,6	2,9	0,1657	19	42	168	64	1765	61,0	92,8	92,8	0,64	0,75	0,81	84,6					
30	40	200M	18,3	6,2	2,5	2,3	0,2406	18	40	195	68	1770	62,0	93,2	93,2	0,62	0,81	0,85	99,2					
37	50	200L	20,4	6,2	2,5	2,6	0,3074	14	31	227	65	1770	62,0	93,2	93,2	0,62	0,81	0,85	122					
45	60	225SM	24,7	7,2	2,4	2,8	0,4391	12	26	367	67	1775	63,0	93,7	94,1	0,76	0,83	0,85	146					
55	75	225SM	30,2	7,2	2,4	2,8	0,5670	12	26	395	67	1775	63,0	93,7	94,1	0,76	0,83	0,85	176					
75	100	250SM	41,2	7,2	2,4	2,8	0,8740	12	26	470	68	1775	63,0	94,2	94,4	0,77	0,84	0,87	244					
90	125	250SM	49,1	7,2	2,1	2,6	1,56	20	44	696	73	1785	64,0	94,8	94,9	0,75	0,82	0,85	292					
110	150	280SM	60,2	7,3	2,1	2,6	1,87	18	40	694	73	1780	64,0	94,8	95,2	0,73	0,83	0,86	352					
132	180	315SM	71,8	7,1	2,1	2,4	2,57	18	40	963	75	1780	64,0	95,0	95,3	0,74	0,82	0,85	428					
150	200	315SM	81,6	7,0	2,2	2,3	2,89	20	44	947	75	1790	64,0	95,5	95,5	0,75	0,83	0,86	460					
185	250	315SR	101	7,0	2,2	2,3	3,44	18	40	1013	75	1790	65,0	95,0	95,7	0,77	0,84	0,87	594					
200	270	350M1	109	7,0	2,2	2,2	4,08	20	44	1291	78	1790	64,0	95,6	95,8	0,77	0,84	0,86	638					
220	300	350M1	120	7,2	2,2	2,3	5,42	23	51	1350	78	1790	64,0	95,8	95,9	0,77	0,84	0,86	700					
260	350	350M1	141	7,3	2	2,2	6,30	15	33	1491	78	1790	64,0	96,0	96,0	0,77	0,84	0,87	816					
300	400	350M2	163	7,0	2,4	2,3	7,20	14	31	1527	78	1790	64,0	96,0	96,0	0,77	0,84	0,87	942					
330	450	350M1	189	7,0	2,1	2,3	8,61	19	42	1622	78	1790	64,0	96,1	96,1	0,77	0,84	0,86	1050					
370	500	350M1	201	7,0	2,6	2,6	10,2	12	26	1853	78	1790	64,0	96,0	96,0	0,75	0,82	0,85	1190					
400	550	350M1	218	7,3	2,5	2,5	11,1	14	31	1916	78	1790	64,0	96,1	96,4	0,74	0,82	0,86	1270					
440	600	350M1	249	7,1	2,2	2,5	11,6	16	35	1988	78	1790	64,0	96,4	96,5	0,74	0,82	0,86	1430					
480	650	350M1	261	7,4	2,5	2,7	12,7	22	45	1993	81	1790	64,0	96,5	96,5	0,71	0,81	0,85	1530					
515	700	350M1	284	7,4	2,5	2,7	13,4	26	51	2019	81	1790	64,0	96,5	96,6	0,71	0,81	0,85	1650					
580	750	350M1	305	7,6	2,7	2,7	14,6	22	48	2246	81	1790	64,0	96,6	96,7	0,70	0,80	0,85	1790					
High-output design													37	81	6,2	48	1715	35,0	60,0	64,0	0,44	0,55	0,64	0,769
2,2	3	100L	1,23	7,6	3,7	3,5	0,0662	19	42	30,0	54	1740	46,4	87,0	87,5	0,57	0,70	0,78	9,46					
45	60	200L	24,8	6,9	2,1	2,5	0,3316	12	26	237	66	1770	60,0	93,6	93,6	0,67	0,76	0,83	152					
75	100	225SM	41,0	7,9	2,6	2,8	0,7101	8	18	424	67	1780	64,0	94,5	94,5	0,71	0,81	0,85	244					
132	180	280SM	72,0	7,2	2	2,4	2,10	15	33	729	73	1785	64,0	95,0	95,3	0,76	0,84	0,86	422					
150	200	280SM	81,8	7,7	2,3	2,8	2,49	15	33	776	73	1785	64,0	95,4	95,4	0,76	0,84	0,86	480					
200	270	315SM	109	7,0	2,3	2,4	3,76	20	44	1052	75	1790	64,0	95,4	95,7	0,74	0,82	0,85	646					

Fuente: [11, p. 55]

Anexo 3. Especificaciones del acero 1018



► Cód. IBCA: SAE 1018 - Tolerancias h10 - h11



Información general

Acero de bajo contenido de carbono.

Análisis típico %	C	Mn	P	S
SAE 1018	0.15 - 0.20	0.60	0.040	0.050
Código de color	Azul			

Aplicaciones

Donde se requiera aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importantes, como por ejemplo: pernos y tuercas, piezas de máquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, grapos, etc.

Facilite de cementación con buena profundidad de penetración debido a su alto contenido de manganeso.

Excelente soldabilidad.

Propiedades mecánicas

Suministrado laminado en frío (medidas pequeñas 2 1/2" o torneado (medidas hasta 6"). Las medidas 7", 8", 9" y 10" son suministradas laminadas en caliente o torneado de desbaste.

Diámetro, mm	
Esfuerzo de cedencia (kg/mm ²)	min 31
Resistencia a la tracción (kg/mm ²)	51 - 71
Elongación, A5	20 %
Reducción de área, Z	57 %
Dureza (HB)	163

Medidas en stock

Diámetro (mm)	Peso (kg/m)	Diámetro (mm)	Peso (kg/m)	Diámetro (mm)	Peso (kg/m)
1/4	0.2	1.3/8	7.5	4	63.6
5/16	0.4	1.1/2	8.9	4.1/2	80.5
3/8	0.6	1.3/4	12.2	5	99.4
1/2	1.0	2	15.9	5.1/2	120.3
5/8	1.6	2.1/4	20.1	6	143.2
3/4	2.2	2.1/2	24.9	7	194.9
7/8	3.0	2.3/4	30.1	8	264.6
1	4.0	3	35.8	9	322.2
1.1/8	5.0	3.1/4	42.0	10	397.8
1.1/4	6.2	3.1/2	48.7		

* Medidas y pesos son teóricos IVAN BOHMAN C.A. facturará al peso del material una vez efectuado el corte

Fuente: [18, p. 32]

Anexo 4. Datos sobre eje de pedestal



CONDUIT
SOLUCIONES
CLIENTE: **CONDUIT**
FECHA: **2023/01/11**

CERTIFICADO DE INSPECCION Y CONTROL DE CALIDAD

NUMERO: **11**
FECHA: **2023/01/11**
LUGAR: **CONDUIT**

SERVICIOS	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	MATERIA PRIMA		MATERIA PRIMA		MATERIA PRIMA		MATERIA PRIMA		TOTAL	MATERIA PRIMA	MATERIA PRIMA
				NO. DE MATERIA PRIMA	DESCRIPCION									
TUBERIA INOX 409 1-3/4 X 1.5 X 3.000MTS	8	MTS		44.42	1.45	6003	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA INOX 409 1-7/8 X 1.5 X 3.000MTS	12	MTS		48.20	1.47	6007	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA INOX 409 2" X 2.0 X 6.000MTS	6	MTS		50.81	1.46	6003	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA ALS 1-7/8 X 1.5 X 8.000MTS	3	MTS		48.20	1.47	6007	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA ALUMINADA 2" X 1.5 X 8.000MTS	18	MTS		50.83	1.48	6055	33	41	180	P	-	P	A	
TUBERIA INOX 409 2-1/8 X 1.5 X 6.000MTS	3	MTS		50.49	1.48	6006	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA MULTIS 1 X 1.5 X 8.000MTS (NEGRO)	25	MTS		25.42	1.51	6009	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA INOX 409 1-23 X 1.5 X 6.000MTS	34	MTS		42.23	1.48	6006	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA INOX 304 2-3/8 X 1.5 X 6.000MTS	43	MTS		54.47	1.48	6005	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA INOX 304 2-3/8 X 1.5 X 6.000MTS	20	MTS		55.32	1.48	6004	34	180	P	-	-	P	A	
TUBERIA INOX 409 1-3/4 X 1.5 X 6.000MTS	19	MTS		44.42	1.45	6003	34	180	P	-	-	P	A	

MATERIA PRIMA INOX 409L

NORMA ASTM A-316

API 5LX, P110H 32

COMPOSICION QUIMICA	CARBONO	MANGANESO	FOSFORO	AZUFRE	COBALTO	NIQUELO	CROMIO
	0.02	0.03	0.005	0.005	0.005	10.00	16.00

PROPIEDADES MECANICAS

PROPIEDAD MECANICA	VALOR	UNIDAD
TENSION DE FLUENCIA	205	MPa
TENSION DE RUPURA	515	MPa
ALONGACION	18	%

MATERIA PRIMA INOX 304

NORMA ASTM A-304

API 5LX, P110H 32

COMPOSICION QUIMICA	CARBONO	MANGANESO	FOSFORO	AZUFRE	COBALTO	NIQUELO	CROMIO
	0.02	0.03	0.005	0.005	0.005	10.00	16.00

PROPIEDADES MECANICAS

PROPIEDAD MECANICA	VALOR	UNIDAD
TENSION DE FLUENCIA	205	MPa
TENSION DE RUPURA	515	MPa
ALONGACION	18	%



Fuente: [19]

Anexo 5. Tensión de la polea

Informe de análisis de tensión



Archivo analizado:	Ensamblaje.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2015 (Build 190159000, 159)
Fecha de creación:	13/06/2017, 16:58
Autor de la simulación:	Galo Duque – Jaime Vela
Resumen:	

Material(es)

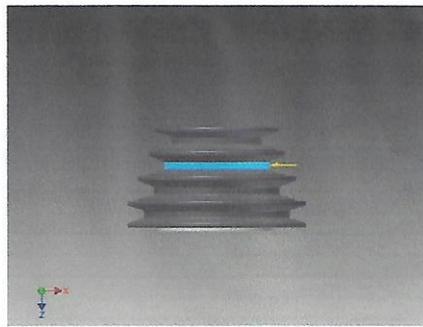
Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	200 MPa
	Resistencia máxima a tracción	400 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje de bandas grande Base	

Condiciones de funcionamiento

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	246,650 N
Vector X	-246,650 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	0,000 N

Cara(s) seleccionada(s)



Elaborado por: Duque, Vela (2017)

Anexo 6. Resultados de análisis de la polea

Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	246,65 N	246,65 N	7,83271 N m	0 N m
		0 N		-7,83271 N m
		0 N		0 N m

Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	328533 mm ³	
Masa	2,57899 kg	
Tensión de Von Mises	0,000023961 MPa	1,04637 MPa
Primera tensión principal	-0,193983 MPa	0,735897 MPa
Tercera tensión principal	-0,614223 MPa	0,184747 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0000446531 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,467765 MPa	0,472689 MPa
Tensión XY	-0,318666 MPa	0,300573 MPa
Tensión XZ	-0,299624 MPa	0,593146 MPa
Tensión YY	-0,199226 MPa	0,259724 MPa
Tensión YZ	-0,223874 MPa	0,241236 MPa
Tensión ZZ	-0,52212 MPa	0,628918 MPa
Desplazamiento X	-0,000044653 mm	0,00000758156 mm
Desplazamiento Y	-0,0000725439 mm	0,0000727588 mm
Desplazamiento Z	-0,0000312848 mm	0,0000312916 mm
Deformación equivalente	0,000000000995868 su	0,0000431836 su
Primera deformación principal	-0,000000337208 su	0,0000369614 su
Tercera deformación principal	-0,0000378249 su	0,0000000305244 su
Deformación XX	-0,0000188139 su	0,0000200671 su
Deformación XY	-0,0000197269 su	0,0000186069 su
Deformación XZ	-0,0000185482 su	0,0000367185 su
Deformación YY	-0,0000142712 su	0,0000148046 su
Deformación YZ	-0,0000138589 su	0,0000149336 su
Deformación ZZ	-0,0000199206 su	0,0000220209 su
Presión de contacto	0 MPa	0,569437 MPa
Presión de contacto X	-0,256421 MPa	0,110844 MPa
Presión de contacto Y	-0,0739209 MPa	0,0929263 MPa
Presión de contacto Z	-0,522387 MPa	0,542768 MPa

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

Anexo 7. Análisis de fuerza del eje soporte

Informe de análisis de fuerza



Archivo analizado:	Fuerza
Versión de Autodesk Inventor:	2015 (Build 190159000, 159)
Fecha de creación:	05/06/2017, 22:07
Autor de la simulación:	Galo Duque – Jaime Vela
Resumen:	

Material(es)

Nombre	Acero A36	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	200 MPa
	Resistencia máxima a tracción	400 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9231 GPa
Nombre(s) de pieza	Soporte negro	

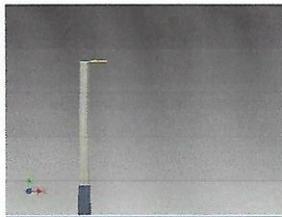
Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	241,1 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje principal	

Condiciones de funcionamiento

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	16.050 N
Vector X	-16.050 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	0.000 N

Cara(s) seleccionada(s)



Elaborado por: Duque, Vela (2017)

Anexo 9. Análisis de presión del eje soporte

Informe de análisis de presión



Archivo analizado:	Presión: sobre el eje principal
Versión de Autodesk Inventor:	2015 (Build 190159000, 159)
Fecha de creación:	04/06/2017, 22:27
Autor de la simulación:	Galo Duque - Jaime Vela
Resumen:	

Material(es)

Nombre	Acero A36	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	200 MPa
	Resistencia máxima a tracción	400 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9231 GPa
Nombre(s) de pieza	Soporte negro	

Nombre	Acero inoxidable 304	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	241,1 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	Eje principal	

Condiciones de funcionamiento

Presión:1

Tipo de carga	Presión
Magnitud	0,185 MPa

Cara(s) seleccionada(s)



Elaborado por: Duque, Vela (2017)

Anexo 10. Resultados de fuerza del eje soporte

Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:2	65,3947 N	0 N
		65,3947 N
		0 N

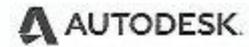
Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	1098790 mm ³	
Masa	8,68373 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	0,126503 MPa
Primera tensión principal	-0,000746235 MPa	0,0776626 MPa
Tercera tensión principal	-0,0683954 MPa	0,000807169 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,000000847637 mm
Cociente de seguridad	15 su	15 su

Elaborado por: Duque, Vela (2017)

Anexo 11. Análisis de resistencia de pernos de apoyo

Informe de análisis de resistencia pernos de apoyo



Archivo analizado:	Resistencia pernos
Versión de Autodesk Inventor:	2015 (Build 190159000, 159)
Fecha de creación:	13/06/2017, 17:19
Autor de la simulación:	Galo Duque - Jaime Vela
Resumen:	

Material(es)

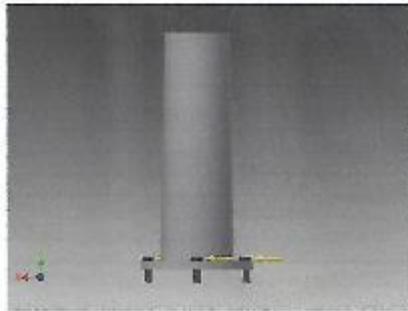
Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	200 MPa
	Resistencia máxima a tracción	400 MPa
	Módulo de Young	210 GPa
Tensión	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Nombre(s) de pieza	Soporte negro	
	Perno de base negra	
	Perno de base negra	
	Perno de base negra	

Condiciones de funcionamiento

Fuerza:1

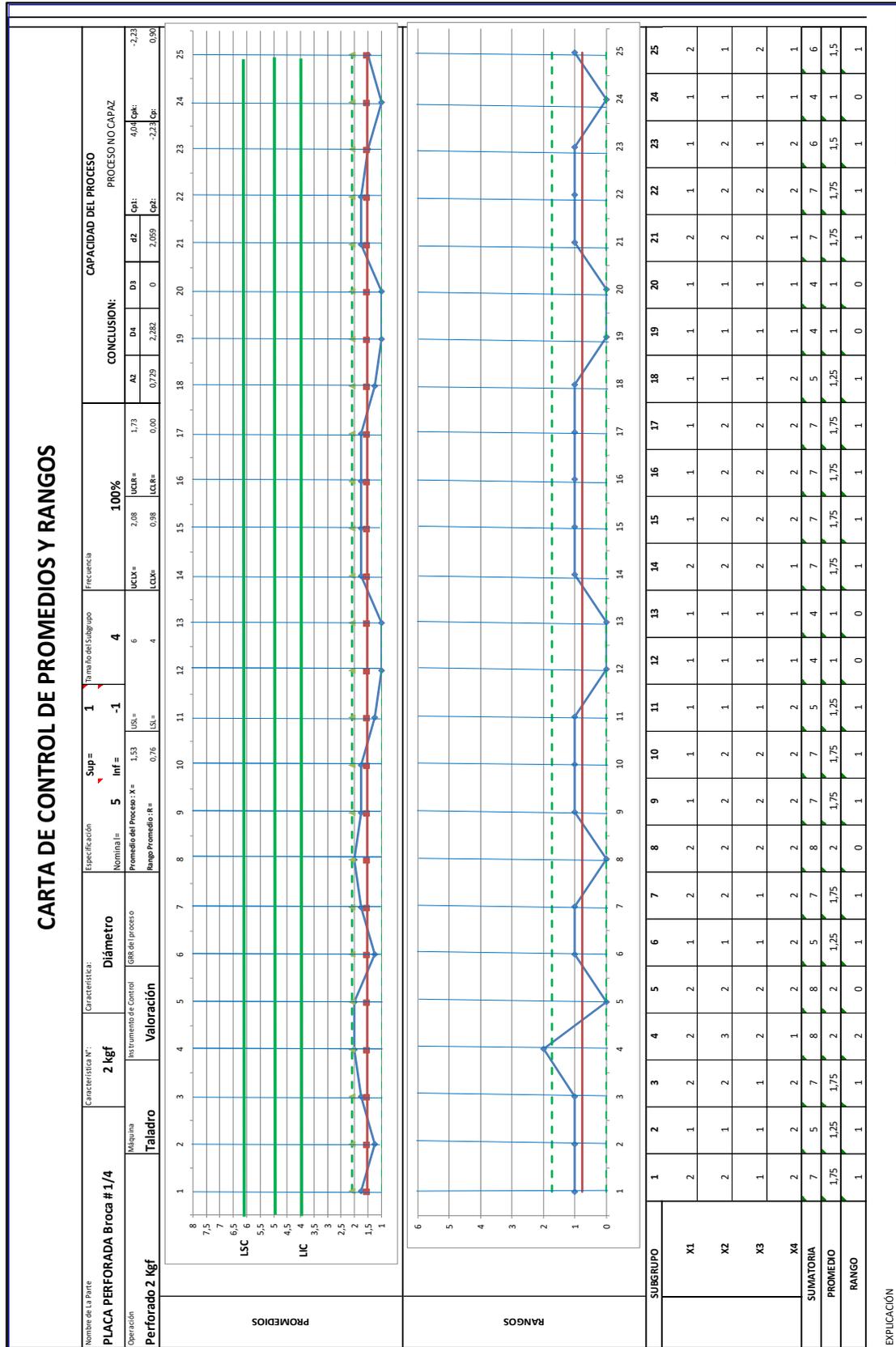
Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	147.125 N
Vector X	147.125 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	0.000 N

Cara(s) seleccionada(s)



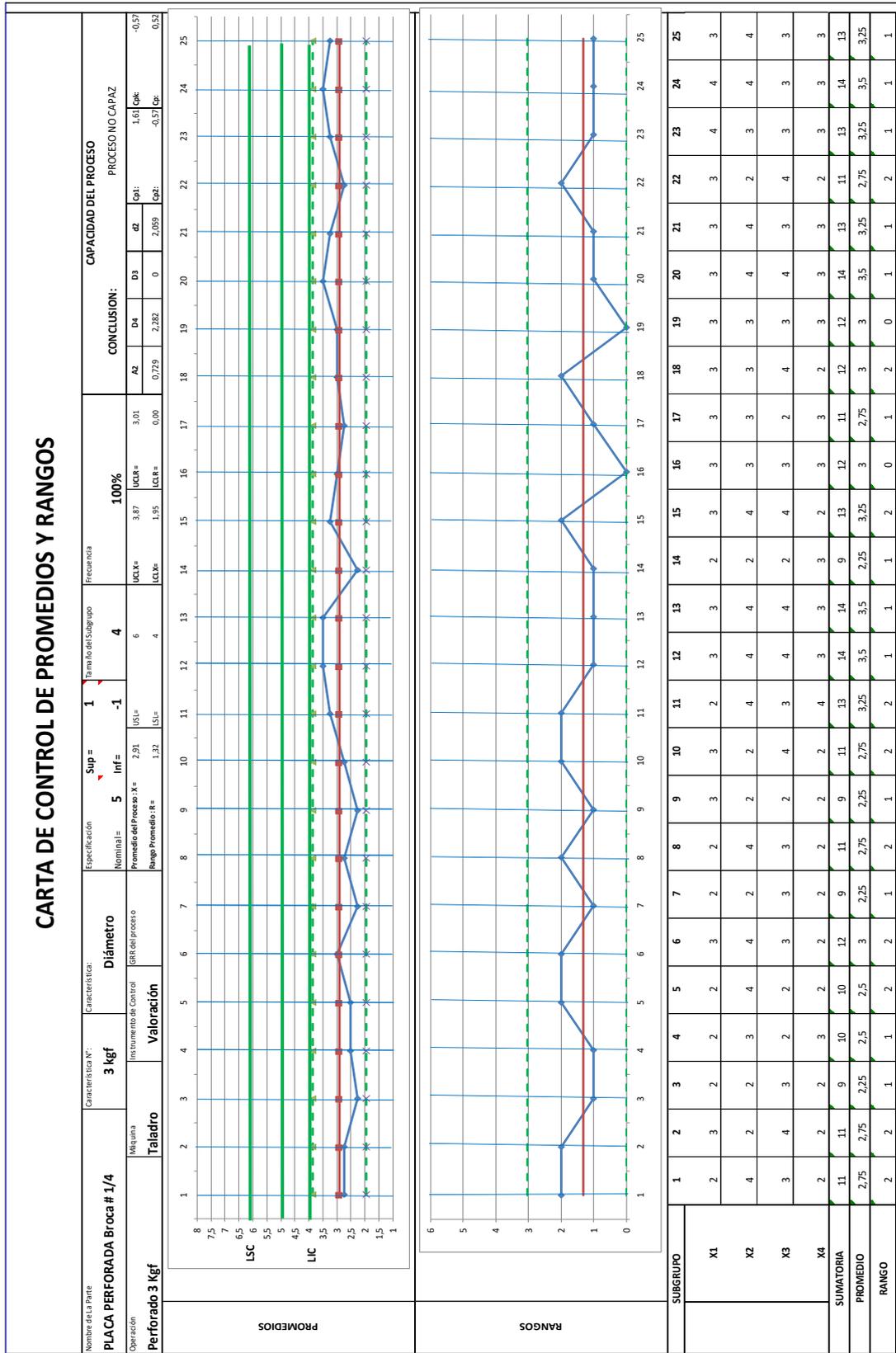
Elaborado por: Duque, Vela (2017)

Anexo 13. Control de promedios y rangos 2 Kgf



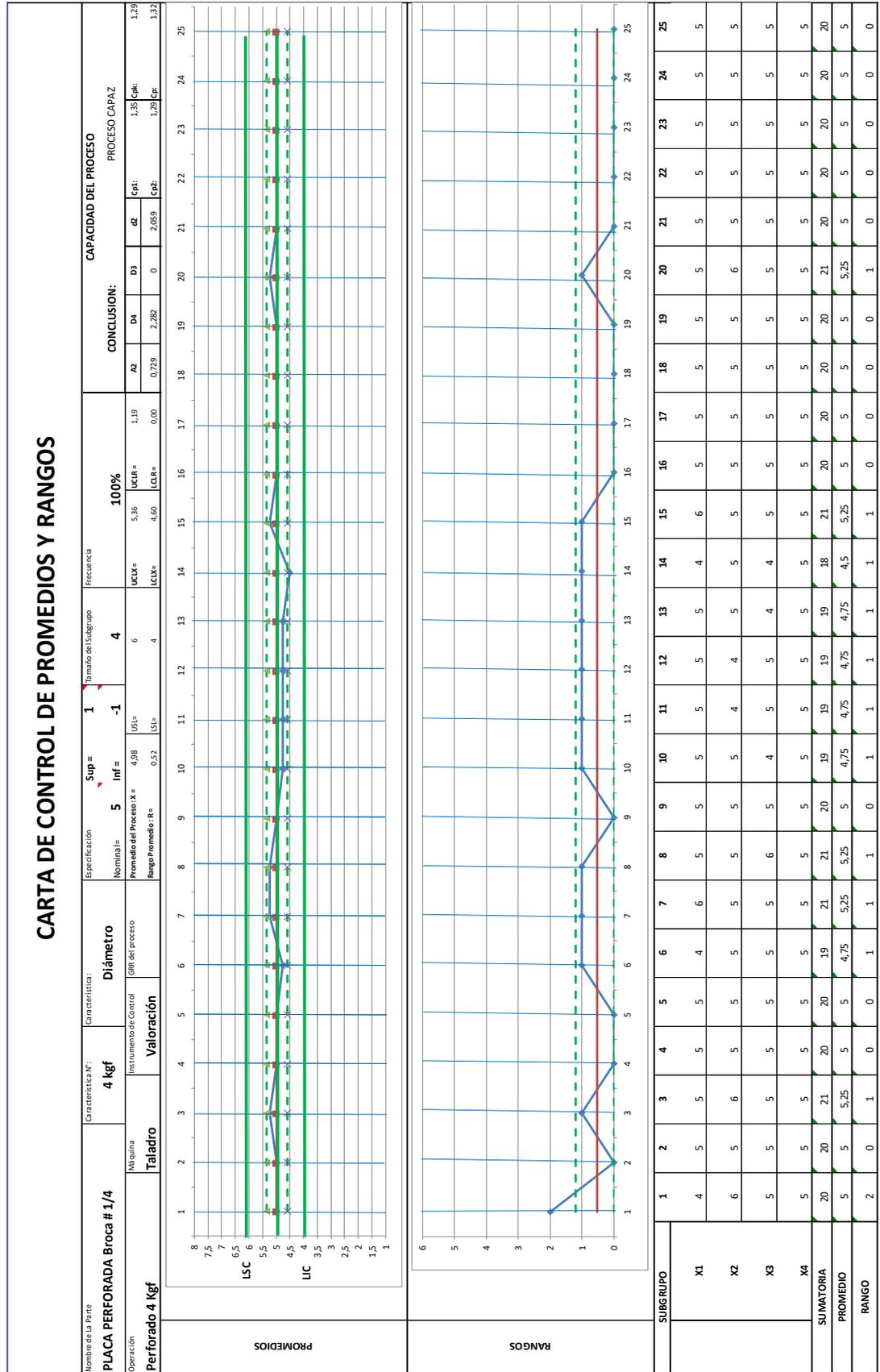
Fuente: [20, p. 51]

Anexo 14. Control de promedios y rangos 3 Kgf



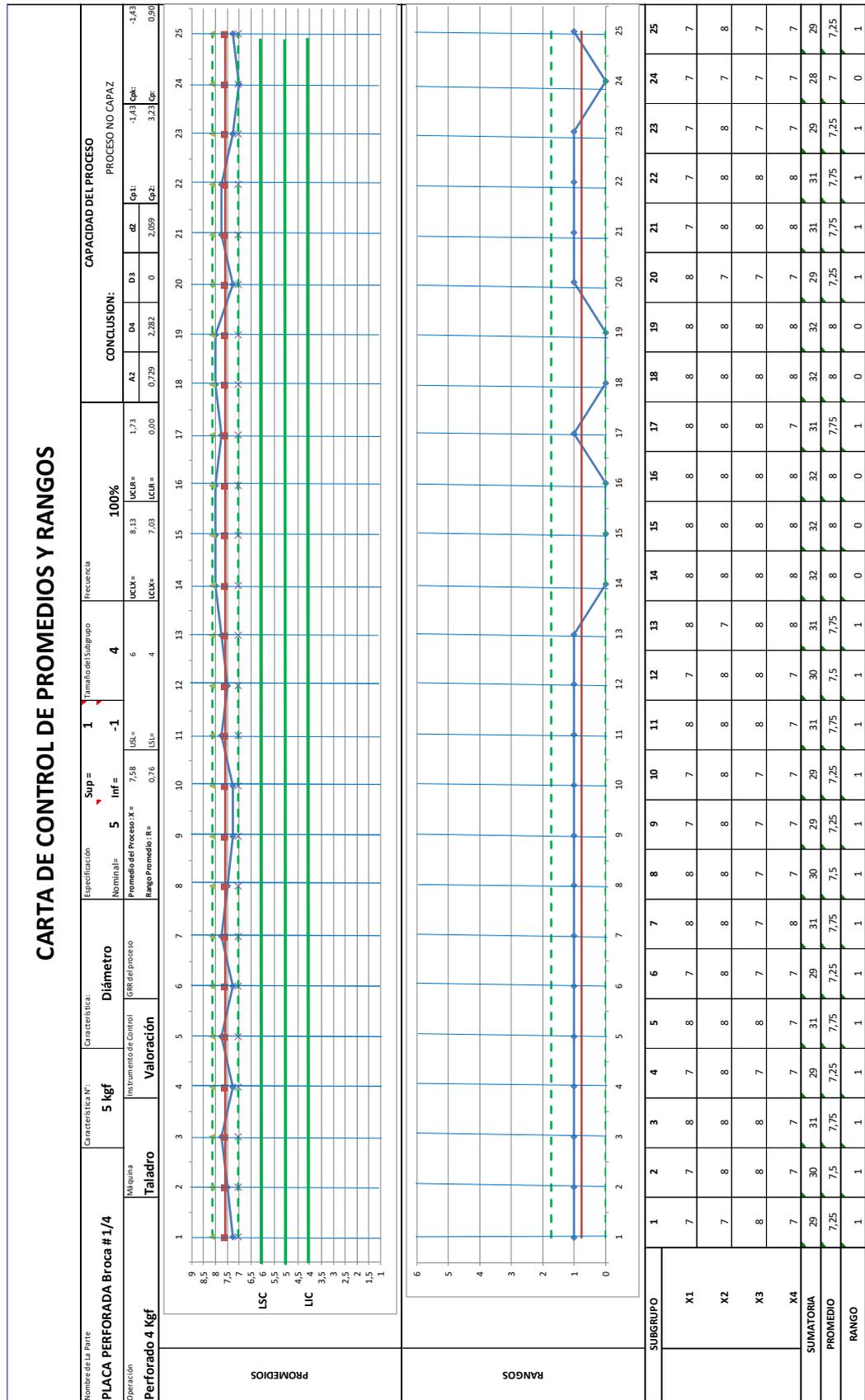
Fuente: [20, p. 51]

Anexo 15. Control de promedios y rangos 4 Kgf



Fuente: [20, p. 51]

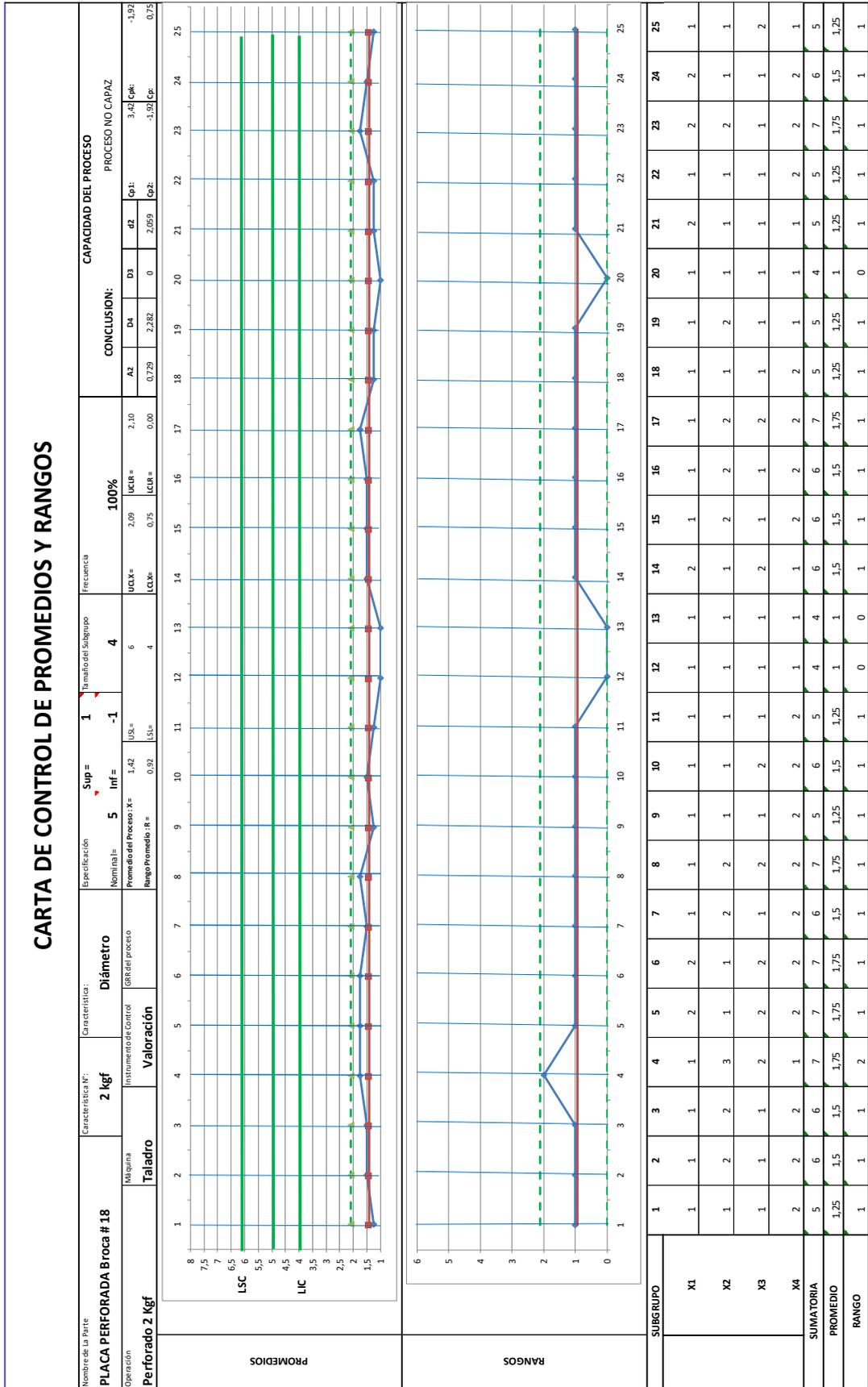
Anexo 16. Control de promedios y rangos 5 Kgf



EXPLICACIÓN

Fuente: [20, p. 51]

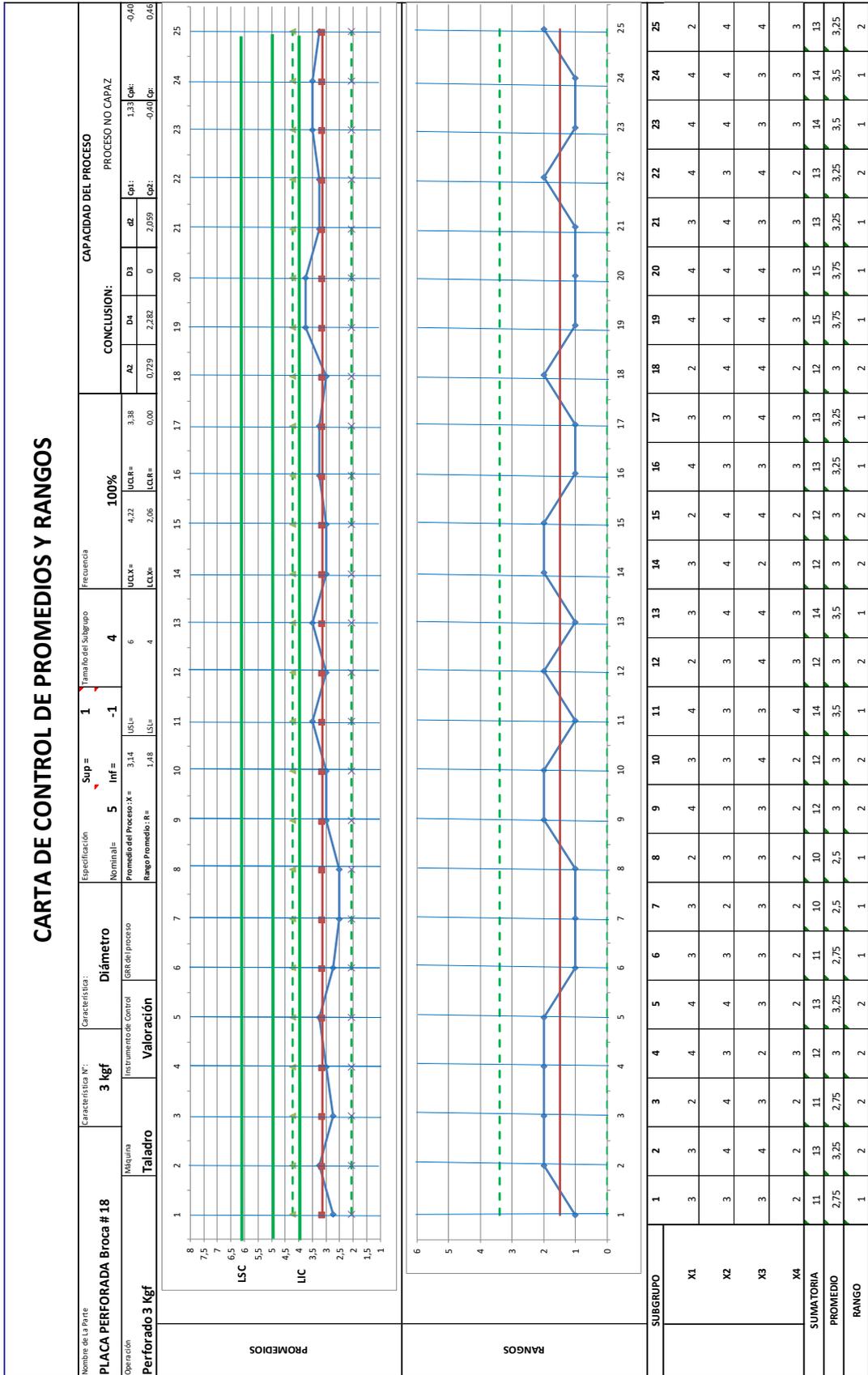
Anexo 17. Control de promedios y rangos 2 Kgf y broca 18mm



EXPLICACIÓN

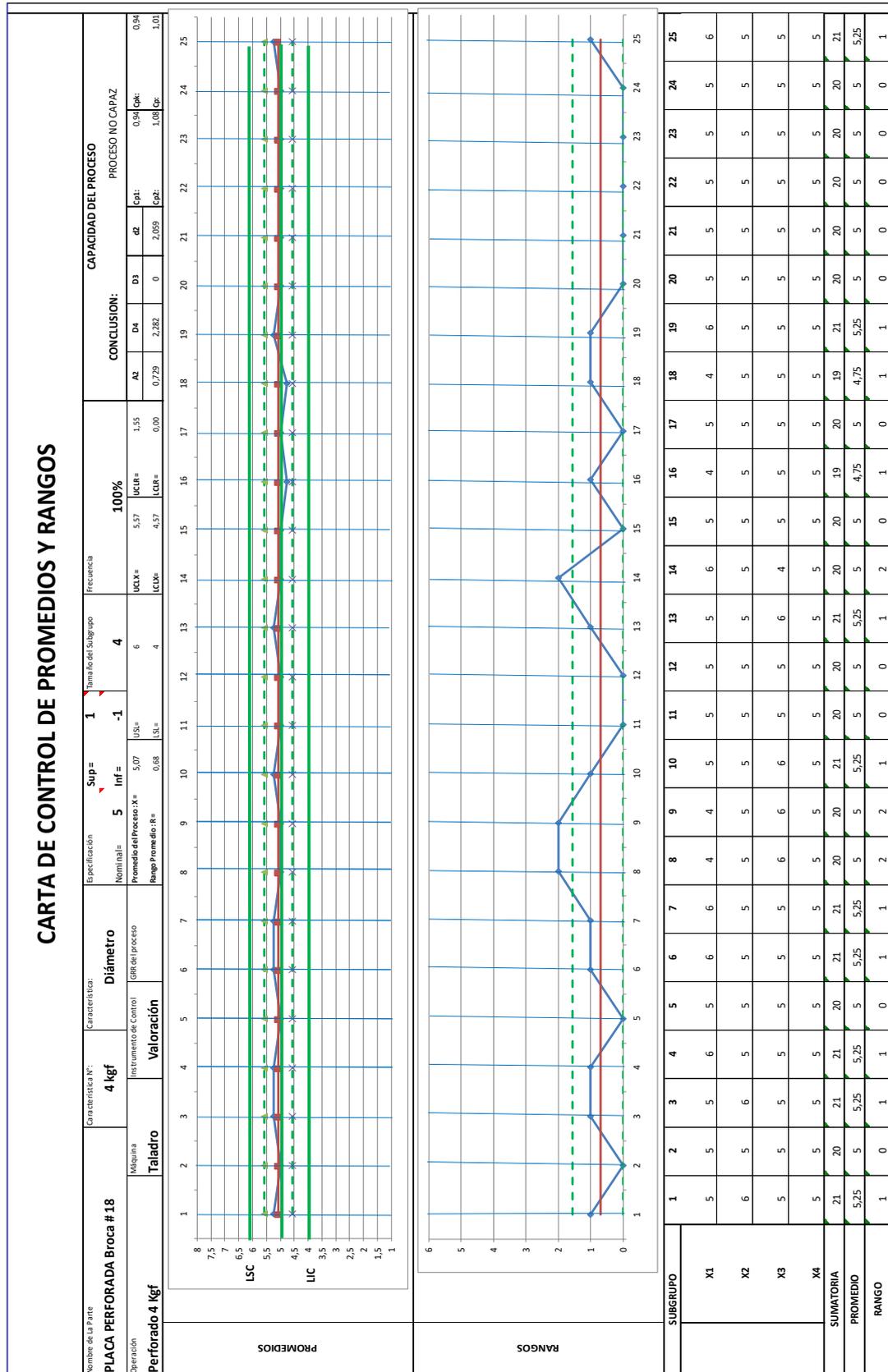
Fuente: [20, p. 51]

Anexo 18. Control de promedios y rangos 3 Kgf y broca 18mm



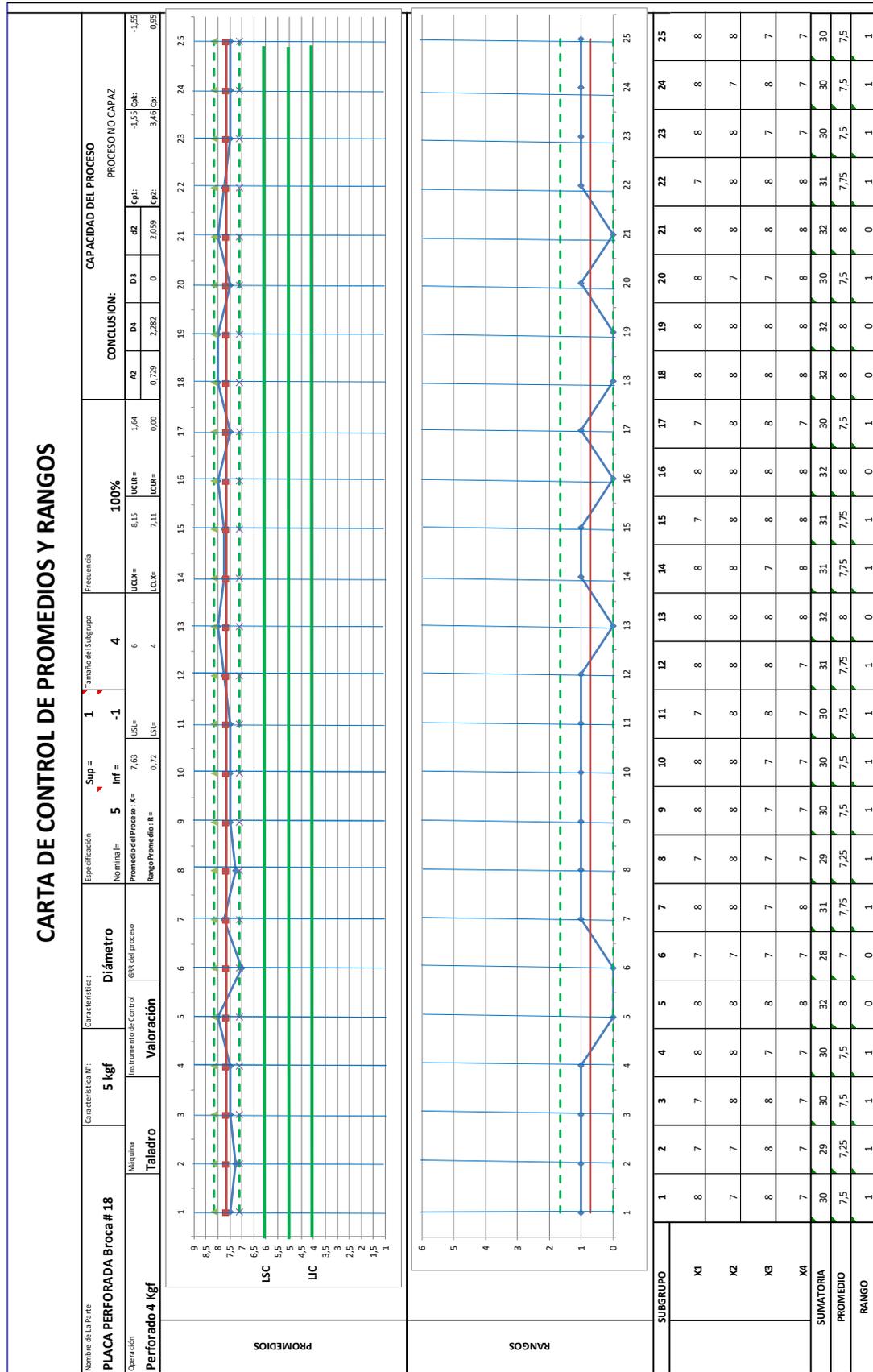
Fuente: [20, p. 51]

Anexo 19. Control de promedios y rangos 4 Kgf y broca 18mm



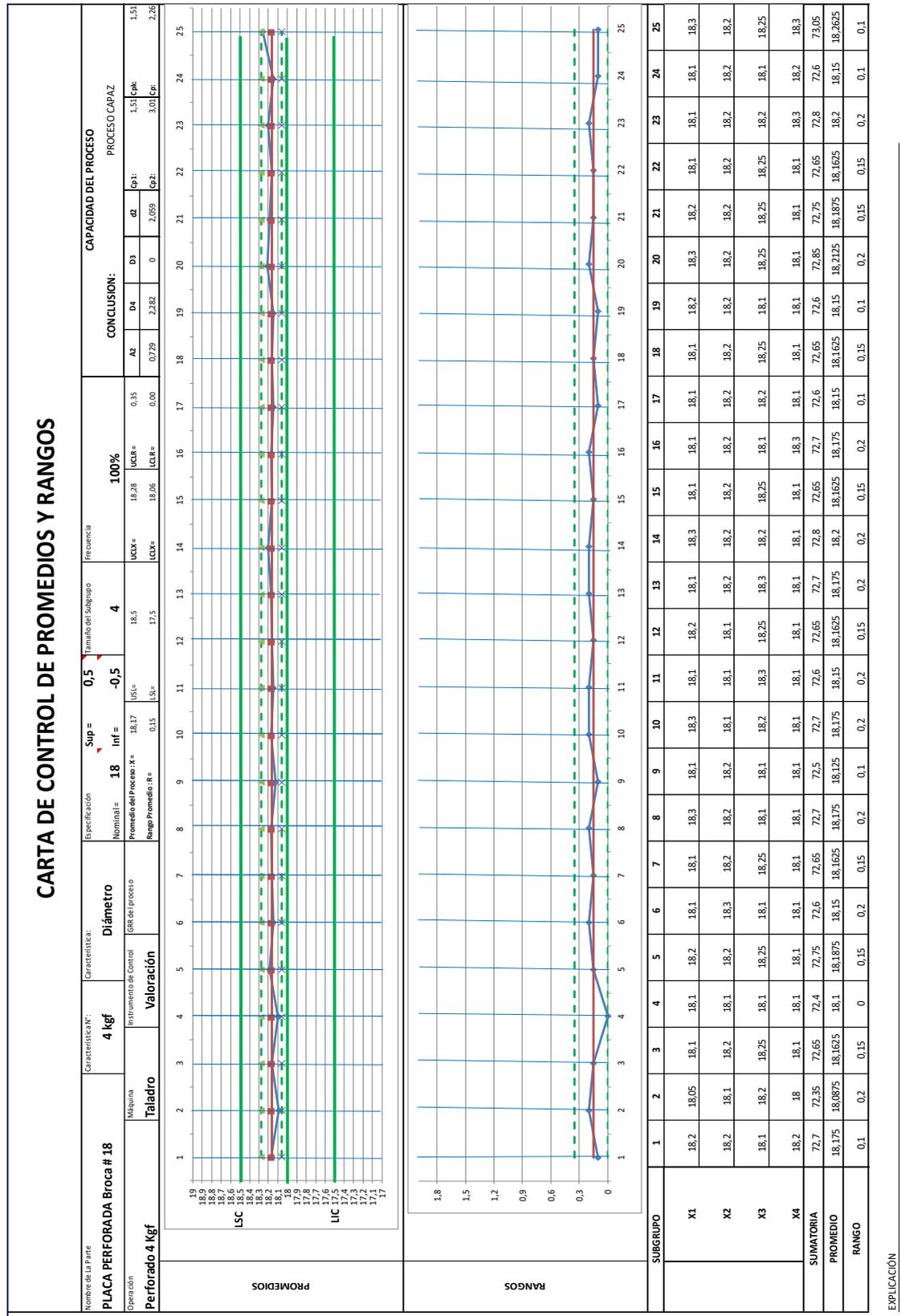
Fuente: [20, p. 51]

Anexo 20. Control de promedios y rangos 5 Kgf y broca 18mm



Fuente: [20, p. 51]

Anexo 21. Validación de control estadístico 4 Kgf y broca 18mm



Fuente: [20, p. 51]

Anexo 22. Persona zurda trabajando en taladro para diestros

PERSONA ZURDA TRABAJANDO EN TALADRO DE PEDESTAL PARA DIESTRO																						
TALADRADO		LOTE 1					DATOS				FACTORES DE VALORACIÓN		TIEMPO NORMAL (MIN)	TIEMPO SUPLENTE (MIN)	TIEMPO ESTÁNDAR (MIN)	U/DIA						
#	ACTIVIDAD	TIEMPO 1	TIEMPO 2	TIEMPO 3	TIEMPO 4	TIEMPO 5	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}/R	TIEMPO OBSERVADO EN (MIN)	HABILIDAD	ESFUERZO	CONDICIONES	REGULARIDAD	FACTORES DE VALORACIÓN	TIEMPO NORMAL (MIN)	TIEMPO SUPLENTE (MIN)	TIEMPO ESTÁNDAR (MIN)	U/DIA	
BROCA 1/4																						
1	Tomar la placa base y colocar en la mesa	0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:02	0:00:03	0:00:02	3	1	3:00	0:05	0:08	0:02	0:00	0:01	1:11	0:056	0:01	0:061		
2	Ajustar la placa en la mesa del taladro	0:01:00	0:00:57	0:00:57	0:00:59	0:00:57	0:00:58	0:00:03	12	3	4:00	0:20	0:03	0:02	0:00	0:01	1:06	0:212	0:02	0:234		
3	Ensamblar la broca en la máquina	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:30	6	30	0:20	0:10	0:00	0:00	0:00	0:01	1:01	0:101	0:01	0:111		
4	Calibrar la máquina a la especificación de velocidad	0:00:35	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:35	0:00:07	7	35	0:20	0:12	0:03	0:00	0:00	0:01	1:04	0:121	0:01	0:134		
5	Realizar la perforación	0:00:40	0:00:46	0:00:45	0:00:50	0:00:40	0:00:44	0:00:04	44	10	4:40	0:73	0:03	0:00	0:02	0:01	1:06	0:777	0:08	0:838		
6	Colocar refrigerante	0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:01	3	1	3:00	0:05	0:03	0:00	0:00	0:01	1:04	0:052	0:01	0:057		
7	Desmontar placa base y colocar en el espacio designado	0:00:14	0:00:15	0:00:16	0:00:14	0:00:15	0:00:15	0:00:02	15	2	7:50	0:25	0:03	0:00	0:00	0:01	1:04	0:060	0:03	0:287		
RESULTADO DE TIEMPOS		0:03:05	0:02:04	0:02:06	0:02:09	0:01:58	0:02:16	0:01:07	90	82	1:10	1:50						1:579	0:16	1:74		
BROCA 18																						
1	Tomar la placa base y colocar en la mesa	0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:02	0:00:03	0:00:02	3	2	1:50	0:05	0:08	0:02	0:00	0:01	1:11	0:056	0:01	0:061		
2	Ajustar la placa en la mesa del taladro	0:00:58	0:00:57	0:00:57	0:00:59	0:00:57	0:00:58	0:00:02	12	2	6:00	0:20	0:03	0:02	0:00	0:01	1:06	0:212	0:02	0:234		
3	Ensamblar la broca en la máquina	0:00:33	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:33	0:00:07	7	33	0:21	0:12	0:00	0:00	0:00	0:01	1:01	0:118	0:01	0:130		
4	Calibrar la máquina a la especificación de velocidad	0:00:32	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:30	0:00:32	0:00:06	6	32	0:19	0:10	0:03	0:00	0:00	0:01	1:04	0:104	0:01	0:115		
5	Realizar la perforación	0:00:50	0:00:55	0:00:54	0:00:53	0:00:51	0:00:53	0:00:05	53	5	10:60	0:88	0:03	0:00	0:02	0:01	1:06	0:936	0:10	1:033		
6	Colocar refrigerante	0:00:03	0:00:03	0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:01	3	1	3:00	0:05	0:03	0:00	0:00	0:01	1:04	0:052	0:01	0:057		
7	Desmontar placa base y colocar en el espacio designado	0:00:13	0:00:14	0:00:15	0:00:14	0:00:15	0:00:14	0:00:02	14	2	7:00	0:23	0:03	0:00	0:00	0:01	1:04	0:243	0:03	0:268		
RESULTADO DE TIEMPOS		0:03:12	0:02:12	0:02:13	0:02:12	0:02:09	0:02:24	0:01:03	98	77	1:27	1:63						1:720	0:18	1:90		

Fuente: [21, p. 145]

Anexo 23. Persona zurda trabajando en taladro para zurdos

PERSONA ZURDA TRABAJANDO EN TALADRO DE PEDESTAL DISEÑADO PARA PERSONAS ZURDAS																						
TALADRO		LOTE 1					DATOS					FACTORES DE VALORACIÓN		TIEMPO NORMAL (MIN)	TIEMPO NORMAL (SEG)	TIEMPO SUPLENENTARIO (MIN)	TIEMPO ESTÁNDAR (MIN)	U/DIA				
#	ACTIVIDAD	TIEMPO 1	TIEMPO 2	TIEMPO 3	TIEMPO 4	TIEMPO 5	\bar{X}	R	\bar{X}	R	\bar{X}/R	TIEMPO OBSERVADO EN (MIN)	HABILIDAD OBSERVADA	ESFUERZO	CONCORDANCIA	REGULARIDAD	FACTORES DE VALORACIÓN	TIEMPO NORMAL (MIN)	TIEMPO NORMAL (SEG)	TIEMPO SUPLENENTARIO (MIN)	TIEMPO ESTÁNDAR (MIN)	U/DIA
BROCA 1/4																						
1	Tomar la placa base y colocar en la mesa	0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:02	0:00:03	0:00:02	3	2	1.50	0:05	0:03	0:02	0:00	0:01	1.06	0:053	3:18	0:01	0:058	363
2	Ajustar la placa en la mesa del taladro	0:00:41	0:00:38	0:00:37	0:00:38	0:00:35	0:00:38	0:00:06	8	6	1.33	0:13	0:03	0:02	0:00	0:01	1.06	0:141	8:48	0:01	0:156	
3	Ensamblar la broca en la máquina	0:00:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:06	0:00:30	6	30	0.20	0:10	0:03	0:00	0:00	0:01	1.04	0:104	6:24	0:01	0:115	
4	Calibrar la máquina a la especificación de velocidad	0:00:35	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	0:00:35	7	35	0.20	0:12	0:03	0:00	0:00	0:01	1.04	0:121	7:28	0:01	0:134	
5	Realizar la perforación	0:00:25	0:00:24	0:00:20	0:00:21	0:00:23	0:00:23	0:00:05	23	5	4.60	0:38	0:03	0:00	0:02	0:01	1.06	0:406	24:38	0:04	0:448	
6	Colocar refrigerante	0:00:02	0:00:03	0:00:02	0:00:03	0:00:04	0:00:03	0:00:02	3	2	1.50	0:05	0:03	0:00	0:00	0:01	1.04	0:052	3:12	0:01	0:057	
7	Desmontar placa base y colocar en el espacio designado	0:00:11	0:00:12	0:00:13	0:00:10	0:00:12	0:00:12	0:00:03	12	3	4.00	0:20	0:03	0:00	0:00	0:01	1.04	0:208	12:48	0:02	0:230	
RESULTADO DE TIEMPOS		0:02:27	0:01:20	0:01:16	0:01:15	0:01:16	0:01:31	0:01:12	62	88	0.75	1:03						1:086	85:160	0:11	1:20	
BROCA 18																						
1	Tomar la placa base y colocar en la mesa	0:00:03	0:00:03	0:00:02	0:00:03	0:00:02	0:00:03	0:00:01	3	1	3.00	0:05	0:03	0:02	0:00	0:01	1.06	0:053	3:18	0:01	0:058	357
2	Ajustar la placa en la mesa del taladro	0:00:39	0:00:38	0:00:37	0:00:36	0:00:35	0:00:37	0:00:04	8	4	2.00	0:13	0:03	0:02	0:00	0:01	1.06	0:141	8:48	0:01	0:156	
3	Ensamblar la broca en la máquina	0:00:32	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:06	0:00:32	6	32	0.19	0:10	0:03	0:00	0:00	0:01	1.04	0:104	6:24	0:01	0:115	
4	Calibrar la máquina a la especificación de velocidad	0:00:29	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:06	0:00:29	6	29	0.21	0:10	0:03	0:00	0:00	0:01	1.04	0:104	6:24	0:01	0:115	
5	Realizar la perforación	0:00:28	0:00:26	0:00:28	0:00:24	0:00:26	0:00:26	0:00:04	26	4	6.50	0:43	0:03	0:00	0:02	0:01	1.06	0:459	27:56	0:05	0:307	
6	Colocar refrigerante	0:00:03	0:00:03	0:00:03	0:00:03	0:00:02	0:00:03	0:00:01	3	1	3.00	0:05	0:03	0:00	0:00	0:01	1.04	0:052	3:12	0:01	0:057	
7	Desmontar placa base y colocar en el espacio designado	0:00:10	0:00:11	0:00:12	0:00:10	0:00:12	0:00:11	0:00:02	11	2	5.50	0:18	0:03	0:00	0:00	0:01	1.04	0:191	11:44	0:02	0:210	
RESULTADO DE TIEMPOS		0:02:24	0:01:21	0:01:22	0:01:16	0:01:17	0:01:32	0:01:08	69	78	0.86	1:05						1:104	86:260	0:11	1:22	

Fuente: [21, p. 145]